



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

EDUARDA BEZERRA LIMA DE ALMEIDA

ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO À SECA: UM ESTUDO DE CASO EM TABULEIRO DE
RUSSAS - CE.

FORTALEZA

2022

EDUARDA BEZERRA LIMA DE ALMEIDA

ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO À SECA: UM ESTUDO DE CASO EM TABULEIRO DE
RUSSAS - CE.

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Ambiental do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador(a): Prof.^a Dr.^a. Samiria Maria Oliveira da Silva

FORTALEZA
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A446e Almeida, Eduarda Bezerra Lima de.
Estratégias de adaptação à seca: um estudo de caso em Tabuleiro de Russas-CE / Eduarda Bezerra Lima de Almeida. – 2022.
40 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental, Fortaleza, 2022.
Orientação: Profa. Dra. Samiria Maria Oliveira da Silva.

1. Seca. 2. Adaptação. 3. Agricultura. I. Título.

CDD 628

EDUARDA BEZERRA LIMA DE ALMEIDA

ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO À SECA: UM ESTUDO DE CASO EM TABULEIRO DE
RUSSAS - CE.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Samiria Maria Oliveira da Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Renata Rochelly de Mesquita Cavalcante
Mestranda em Recursos Hídricos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Tereza Margarida Xavier de Melo Lopes
RPG Engenharia

Aos meus pais e família.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por me darem o suporte necessário e o acolhimento nos momentos mais difíceis.

À professora orientadora Samiria, pela paciência e dedicação.

À Mirella, Gabryel e Luiz, por sempre me apoiarem e por serem fonte de inspiração.

Aos meus queridos amigos do Programa de Educação Tutorial, por toda troca de conhecimento e pela amizade estabelecida.

Ao José Bruno Rodrigues Frota, pela paciência e expertise em repassar seus conhecimentos.

À todos os professores do departamento, por nos propiciarem um ensino de qualidade.

*“Meu sertão vai se acabando
Nessa vida que o devora
Pelas trilhas só se vê
Gente boa indo embora*

*Mas a estrada não terá
O meu pé pra castigar
Meu agreste vai secando
E com ele vou secar*

*Pra que me largar no mundo?
Se nem sei se vou chegar
A virar em cruz de estrada
Prefiro ser cruz por cá*

*Ao menos o chão que é meu
Meu corpo vai adubar
Ao menos o chão que é meu
Meu corpo vai adubar”*

Gonzaguinha / Jorge Nery

RESUMO

O Nordeste do Brasil passou por uma de suas piores secas já registradas, de 2012 a 2018, levando a impactos generalizados devastadores no armazenamento de água, agricultura, pecuária e indústria. As características inerentes ao semiárido (forte sazonalidade aliada à alta variabilidade de chuvas e descargas), solos rasos e elevadas taxas de evapotranspiração ampliam os impactos relacionados à seca no Nordeste. Frente as adversidades que a seca propõe na rotina de agricultores e na economia como um todo, o propósito do presente estudo trata-se em analisar a percepção dos irrigantes do perímetro irrigado de Tabuleiro de Russas frente à seca de 2012 a 2018, perante a aplicação de um questionário semi-estruturado. Para além disso, pretende-se avaliar os impactos da seca e as medidas de adaptação diante das adversidades, além de aferir as ações e estratégias do Governo para mitigar os efeitos da estiagem. Perante as medidas de adaptação adotadas, a maioria dos 30 irrigantes questionados relataram que reduziram a área de plantio, enquanto 14 responderam que mudaram as culturas. Já 8 informaram que modificaram os métodos de irrigação e apenas 2 relataram que alteraram a fonte de abastecimento. Com relação à percepção dos irrigantes frente aos impactos da seca, 96,6% responderam que houve redução no lucro e quebra na safra, enquanto 23,3% relataram aumento dos preços. Ainda, 16,6% informam que houve migração da população, enquanto 3,3% relatam que houve perda do gado.

Palavras-chave: seca; adaptação; agricultura.

ABSTRACT

The region of Northeast in Brazil went through one of its worst droughts ever recorded, from 2012 to 2018, leading to devastating widespread impacts on water storage, agriculture, livestock and industry. The characteristics inherent in the semiarid region (strong seasonality combined with the high variability of rainfall and discharges), shallow soils and high rates of evapotranspiration increase the impacts related to drought in the Northeast. Faced with the adversities that drought proposes in the routine of farmers and in the economy as a whole, the purpose of this study is to analyze the perception of irrigators of the irrigated perimeter of “Tabuleiro de Russas” against drought from 2012 to 2018, before the application of a semi-structured questionnaire. In addition, it is intended to evaluate the impacts of drought and adaptation measures in the face of adversity, in addition to measuring the actions and strategies of the Government to mitigate the effects of drought. Faced with the adaptation measures adopted, most of the 30 irrigators questioned reported that they reduced the planting area, while 14 answered that they changed crops. Already 8 reported that they modified the irrigation methods and only 2 reported that they changed the source of supply. Regarding the perception of irrigators in the face of the impacts of drought, 96.6% answered that there was a reduction in profit and a drop in the harvest, while 23.3% reported an increase in prices. Also, 16.6% report that there was migration of the population, while 3.3% report that there was loss of cattle.

Keywords: drought; adaptation; agriculture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Características do Índice Normalizado de Precipitação (SPI).	16
Figura 2- Mapa de localização do perímetro irrigado de Tabuleiro de Russas.	23
Figura 3 - Mapa de uso e ocupação do solo do perímetro irrigado Tabuleiro de Russas.....	24
Figura 4 - Mapa de declividade do perímetro irrigado Tabuleiro de Russas.	25
Figura 5 - Índice de Vegetação de Diferença Normalizada do Perímetro Irrigado de Tabuleiro de Russas.....	26
Figura 6 - Distribuição de frequência das medidas de adaptação à seca.	30
Figura 7 - Distribuição de frequências da percepção dos irrigantes quanto às medidas governamentais.	33
Figura 8 - Grau de satisfação perante as ações governamentais de combate à seca.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Medidas de mitigação e resposta.....	21
Tabela 2 - Tabulação das perguntas feitas aos irrigantes quanto à percepção destes para com as ações governamentais.	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA Agência Nacional de Águas

CMI Índice de Umidade da Cultura

IPCC Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

NDVI Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

SPEI Índice Normalizado de Precipitação-Evaporação

SPI Índice Normalizado de Precipitação

SRI Índice Normalizado de Vazão

SUDENE Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos	12
1.1.1 Objetivos Gerais	12
1.1.2 Objetivos Específicos	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Conceito de Seca	13
2.2 Adaptação às secas	16
3 ÁREA DE ESTUDO	22
4 METODOLOGIA	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1 Caracterização dos irrigantes.....	27
5.2 Estratégias de Adaptação e Impactos à Seca de 2010 a 2018	27
5.3 Eficácia das ações governamentais na percepção dos irrigantes.....	30
6 CONCLUSÃO	34

1 INTRODUÇÃO

O problema da escassez pode surgir de diversos fatores, como o crescimento populacional, a expansão do consumo associada à melhoria dos padrões de vida, mudanças alimentares, aquecimento do planeta, degradação dos corpos hídricos e mau gerenciamento dos sistemas de abastecimento de água. O crescimento populacional é apontado como uma das variáveis preocupantes quando se trata de recursos hídricos. Uma vez que ele vem acompanhado do aumento do consumo de energia, de água e de alimentos, tendo impactos sobre a demanda por recursos hídricos de forma geral.

Nos últimos anos, algumas secas foram registradas no Brasil, tais como a seca de 2013-2015 no Estado de São Paulo. A capital é classificada como a 10ª cidade mais rica do mundo e responde por 27% do PIB do Brasil. Para colocar isto em perspectiva, a economia da cidade de São Paulo é (em termos nominais) superior ao tamanho de um pequeno país europeu, tal como, os Países Baixos. A maior parte da quadra chuvosa de 2014 transcorreu com valores de chuva inferiores à média histórica sobre a porção sudeste do país, incluindo o Sistema Cantareira, o qual abastece a Grande São Paulo.

Para além disso, houve a seca de 2014-2015 no Setor Hidrelétrico. O setor elétrico brasileiro possui uma capacidade instalada de empreendimentos em operação de 125.252.000 MW, sendo que 82.345.591 MW (65,7%) correspondem ao setor hidroelétrico (ANEEL, 2012). A hidroeletricidade devido ao seu custo e menor impacto ambiental global estabeleceu-se como hegemônica. No ano de 2015, o setor hidroelétrico apresenta-se com dos seus mais baixos níveis de estoque de água na série 2000-2015.

Ainda, houve a seca de 2012-2016 no Nordeste Semiárido Brasileiro. Esta região é impactada historicamente pelas secas, e tem uma população de 22 milhões de habitantes e seu desenvolvimento é dado através da agricultura irrigada, serviços e processo da industrialização. O Estado do Ceará sofreu, no período de 2012 a 2017, uma drástica redução no volume de água armazenado em seus reservatórios. Em maio de 2012, o percentual de armazenamento no reservatório equivalente era de 48,9%. Em maio de 2013, esse percentual caiu para 29,0% e também foi reduzido ano após ano, chegando a 24,1% em 2014, 20,5% em 2015, 13,0% em 2016 e 12,15% em 2017.

Embora tenham sido registradas, em 2011, chuvas em torno da média do Ceará, a distribuição da precipitação não foi favorável ao aporte de água nos reservatórios. Assim, entre 2010 e 2016, o Estado enfrentou o que pode ser considerado o período mais severo de seca dos últimos 100 anos. Além disso, o evento coincidiu com a crise econômica, política e social no Brasil, o que potencializou ainda mais os efeitos danosos desse fato climático, desafiando o Estado a lidar com o problema, que colocou em risco a capacidade de sua infraestrutura de recursos hídricos em garantir a segurança no

abastecimento de água à sua população. As reservas hídricas superficial e subterrânea foram comprometidas, afetando, inclusive, o abastecimento dos centros urbanos, além de trazer impactos diretos à agricultura (sequeiro e irrigada), à pecuária, à aquicultura e à piscicultura (CORTEZ, LIMA & SAKAMOTO, 2017).

O estado do Ceará no ano de 2016 registrou 30 reservatórios em estado crítico (colapsado/vazio) e, ainda, 42 açudes em volume morto. Somando, portanto, 72 dos 153 açudes monitorados e, ocasionando a interrupção no abastecimento de 96 dos 184 municípios cearenses (MARTINS *et al.* 2018 *apud* ARAÚJO JÚNIOR, 2018). A capacidade de armazenamento dos reservatórios do Ceará diminuiu 63% de 2011 para 2016, passando de $131 \times 10^6 \text{ hm}^3$ para $13 \times 10^6 \text{ hm}^3$ (PONTES FILHO *et al.* 2020).

Como as chuvas de 2017 só refletiram algum aporte nos açudes a partir de março, pode ser considerado que a menor reserva registrada após 5 anos de seca foi no início de fevereiro de 2017, quando o Estado acumulava 6,2% da sua capacidade e tinha bacias com reserva extremamente crítica, como a dos Sertões de Crateús, com apenas 1,17% de sua capacidade, a do Banabuiú, com 1,6%, a do Médio Jaguaribe, que mesmo com o açude Castanhão, acumulava apenas 4,5%, e a bacia do Curú, com 1,3% da capacidade (CORTEZ, LIMA & SAKAMOTO, 2017).

Em termos de abastecimento de água, em 2010, 2012 e 2013, as primeiras localidades afetadas foram as pequenas comunidades rurais, uma vez que a maioria não conta com fontes hídricas de capacidade plurianual, além de explorar atividades econômicas diretamente dependentes das chuvas, como a agricultura de sequeiro e a pecuária. A safra de grãos e mandioca, apresentou, em 2010, perdas significativas causadas tanto pela redução na área plantada como pela queda do rendimento das culturas. A produção de grãos e mandioca foi 50,1% inferior à safra colhida em 2009 e 69,6% inferior a safra prevista no início de 2010. Das culturas avaliadas, o milho apresentou a maior participação no total da safra de grãos e também a maior perda, com 81,3%. O feijão, segunda maior participação na produção de grãos do Estado, teve perdas de 73,3%. Por sua vez, a produção do arroz apresentou redução de 75,8%. A mandioca também sofreu perdas em torno de 51,2% na produção esperada. Esse resultado negativo da safra de sequeiro trouxe sérias implicações para a segurança alimentar dos agricultores familiares e o suporte alimentar dos rebanhos (EMATERCE, 2010).

Alguns dos meios para se evitar um colapso emergente devido as secas baseiam-se em uma gestão integrada entre os reservatórios de abastecimento, somando-se a medidas de gerenciamento da demanda e, também, a medidas de análise de vulnerabilidade à seca, conforme exposto por Reis *et al.* (2019).

Nesse aspecto, o presente trabalho propõe analisar a percepção dos irrigantes do perímetro

irrigado do Tabuleiro de Russas frente às adversidades causadas pela seca, através da aplicação de um questionário semiestruturado. Além disso, obteve-se também qual a impressão dos agricultores quanto aos principais impactos que atingiram suas atividades. Ainda, coletou-se as percepções dos irrigantes frente às medidas governamentais para lidar com os impactos da seca.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivos Gerais

O presente trabalho teve como objetivo geral a avaliação das estratégias de adaptação à seca de irrigantes do perímetro Tabuleiro de Russas, a partir da aferição de dados primários obtidos por meio de um questionário semiestruturado.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para além do que foi abordado no objetivo geral, tem-se como objetivos específicos:

- a) Caracterizar os irrigantes do perímetro irrigado Tabuleiro de Russas;
- b) Avaliar as estratégias de adaptação e os respectivos impactos à seca de 2010 a 2018;
- c) Analisar a eficácia das ações governamentais na percepção dos irrigantes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceito de Seca

A causa primária da seca reside na insuficiência ou irregularidade das precipitações pluviais, onde os efeitos mais graves decorrem de um descompasso momentâneo entre a oferta de água e as necessidades para uma determinada atividade, na qual existe uma sequência de causas e efeitos que resulta em diferentes tipos de secas, as quais são: seca meteorológica, hidrológica, agrícola e socioeconômica.

A seca meteorológica trata de uma redução da precipitação comparada com a média durante um período específico de tempo, ou seja, é definida quando o valor de chuva acumulada é inferior ao valor esperado de um mês ou mais. Já a seca hidrológica é o impacto da deficiência no volume de água disponível, incluindo os reservatórios, rios e lençol freático. A seca agrícola trata do fornecimento inadequado de umidade requerida por uma colheita durante os diversos estágios de crescimento, resultando em deficiência no seu desenvolvimento e diminuição do rendimento. Por fim, a seca socioeconômica é uma consequência dos demais fenômenos e, está relacionada com os impactos que a seca pode causar sobre as atividades humanas, incluindo tanto o impacto indireto quanto o direto na economia em geral (WILHITE, 1985).

A condição de seca ocorre quando a permanência de umidade no solo não é suficiente para que as culturas completem seus ciclos vegetativos. Essa deficiência de umidade no solo é definida como seca edáfica, a qual pode ter como causa primária a escassez ou uma má distribuição das chuvas ao longo do tempo. Como consequência dessa seca, são afetadas atividades econômicas da agricultura de sequeiro, as quais resultam no flagelo dos camponeses.

O conceito de vulnerabilidade tem sido utilizado para analisar sistemas de fornecimento de água de várias regiões. A vulnerabilidade à seca no semiárido brasileiro está diretamente relacionada à pobreza da maioria da população, à distribuição irregular das precipitações e a heterogeneidade econômica com alguns polos dinâmicos nas bacias hidrográficas e indústria cercados de regiões estagnadas e dependentes.

De acordo com Bruno Soares e Gagnon (2010), foram adotadas diferentes perspectivas na avaliação da vulnerabilidade que podem ser classificadas em biofísica, social e integrada. A perspectiva biofísica foca no risco natural e degradação da condição ambiental que gera impactos sobre os humanos. A perspectiva biofísica é limitada porque coloca os fatores naturais como determinantes e não considera os fatores sociais, econômicos, políticos e culturais. Diferente da perspectiva social a qual concebe a vulnerabilidade como uma condição preexistente do sistema social para o evento perigoso, ou seja, a população com menos recursos é mais afetada com as perturbações e riscos. Já a abordagem integrada leva em conta a mútua influência entre o sistema natural e o sistema social.

Onde o principal objeto de análise é o sistema humano-ambiente acoplado, também conhecido na ecologia política por sistema socioecológico. Isto significa que várias dimensões precisam ser integradas na análise da vulnerabilidade, e não raro, se delimita a um lugar geográfico específico.

Num estudo realizado no Quênia e Tanzânia, Eriksen *et al.* (2005) verificaram que a diferença na distribuição de terras e políticas agrícolas entre os dois locais pesquisados implicam em diferentes graus de vulnerabilidade. Tanzânia tem seguido uma orientação socialista tendo mais terras sob o controle do estado em relação ao Quênia, o que contribui para a geração de alternativas de enfrentamento pelo fato de ter mais acesso a recursos naturais. Liverman (1990) avalia se o diferencial da vulnerabilidade à seca no México tem relação com diferentes tipos de propriedades de terras e se a revolução verde e a reforma agrária têm mudado a relação entre clima e sociedade. Liverman verificou que as grandes propriedades tiveram três vezes menos perdas do que a agricultura de sequeiro das terras comunais. A modernização da agricultura com irrigação e utilização de outros insumos é extremamente significativa para o diferencial de vulnerabilidade à seca.

Nesse aspecto, as propriedades que empregam tecnologia são menos vulneráveis à seca e isto pode ser observado nos municípios onde há agricultura irrigada. A implantação de perímetros irrigados atrai empresas nacionais e multinacionais e acaba provocando uma nova concentração de terras nas regiões localizadas em bacias hidrográficas (PEREIRA *et al.* 2015).

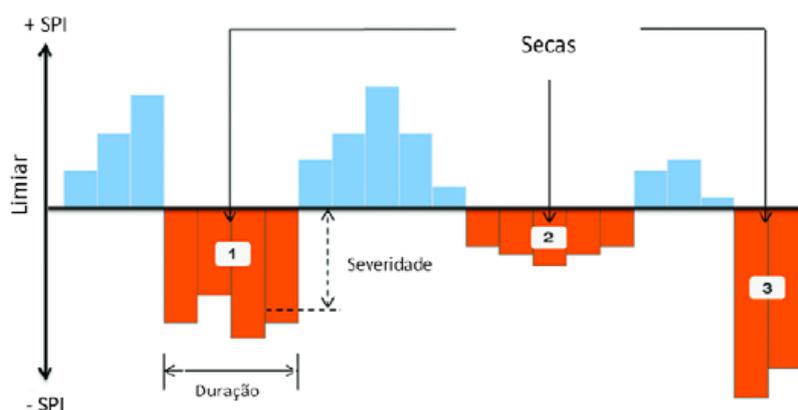
Recentemente foram realizados estudos sobre vulnerabilidade à seca em alguns municípios do Piauí e norte da Bahia (PEDROSO, 2013; LINDOSO *et al.* 2011; ANDRADE *et al.* 2013). De acordo com os autores, pesquisas mostram que a vulnerabilidade não é identificada somente por causa da exposição aos riscos e perturbações, mas também reside na sensibilidade e capacidade de adaptação do sistema que convive com tais riscos.

A seca pode ser quantificada por meio de índices. A escolha deles deve considerar fatores como as características hidroclimáticas da região analisada, o tipo de seca, a proposta do trabalho, os dados disponíveis e a vulnerabilidade da sociedade. Dentre os índices mais difundidos pela sua utilização estão: o Índice de Umidade da Cultura (CMI) desenvolvido por Palmer para análise de seca agrícola, o índice normalizado de precipitação (SPI); o índice normalizado de precipitação-evaporação (SPEI) adequado para análise de seca meteorológica; o índice normalizado de vazão (SRI) e o índice sintético apropriado para análise de seca hidrológica.

Rosa (2011) aponta que os índices de seca surgem da necessidade de existência de uma medida normalizada que proporcione comparar as secas entre regiões com diferentes características climáticas, bem como para a comparação de eventos de seca que numa dada região ou localidade ocorreram em momentos históricos diferentes. Permitindo, portanto, identificar o começo de uma seca e o seu término, avaliando ainda a sua evolução em termos de severidade.

Os índices permitem a avaliação da severidade e duração das secas. A severidade das secas é obtida através da soma dos valores de SPI abaixo do limiar durante este evento. A duração é determinada pelo período em que o valor do índice fica abaixo do limiar até o momento em que ele retorna acima do mesmo. Pontes Filho (2020) demonstra essas duas características utilizando o SPI.

Figura 1 - Características do Índice Normalizado de Precipitação (SPI).



Fonte: Pontes Filho *et al.* 2020.

Segundo o IPCC (2014), as secas estão se tornando mais severas, mais periódicas, mais espacialmente extensas e de longa duração. A região Sudeste do Brasil foi afetada por uma seca de longa duração durante o período de janeiro de 2014 a dezembro de 2015, onde teve-se um grande impacto no abastecimento urbano, além da produção agrícola e do setor hidroelétrico. De 2012 a 2016 a seca é considerada a maior seca dos últimos 60 anos em termos quantitativos de pessoas afetadas, onde foram registrados mais de 30 reservatórios colapsados e 42 em volume morto, o que ocasionou a interrupção no abastecimento de água de 96 municípios (MARTINS *et al.* 2018).

Uma consequência indireta da seca se trata do retardo no crescimento econômico, enquanto uma consequência direta é a perda de produção agrícola (Islam *et al.* 2019), onde as medidas a serem tomadas devem ser adequadas de acordo com a severidade do fenômeno, podendo ser classificadas, de acordo com González e Morcillo (2007), em cinco categorias:

Normal: onde as demandas são supridas;

Alerta: preparação operacional e administrativa para o início efetivo da seca;

Conservação: reduzir o consumo por meio de incentivos econômicos e campanhas de conservação da água, assim como, incremento de recursos financeiros para ampliação da oferta hídrica e redução de perdas;

Restrições: redução do consumo para o reforço das medidas de execução de impacto socioeconômico mais elevado;

Emergência: grande gravidade com impactos severos, onde medidas de alto custo social e

econômico-financeiro para evitar o colapso total do sistema.

Frente a tais ações, faz-se necessário um planejamento integrado podendo ser adaptado de acordo com as possibilidades para diferentes escalas de problemas, em razão da dinâmica e dos impactos causados em divergentes grandezas espaciais e temporais. Portanto, torna-se de fundamental importância desenvolver ferramentas que possam caracterizar e monitorar as secas, a exemplo dos índices que buscam quantificar a severidade, duração e distribuição espacial a partir da evolução temporal dos dados de precipitação.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas revela que os impactos da seca nas regiões árida e semiáridas aumentará a aridificação da terra e continuará nas próximas três a cinco décadas, e levar a novos efeitos negativos sobre a sociedade (IPCC, 2013).

A vulnerabilidade das populações às secas está relacionada com três fatores: sensibilidade, exposição e capacidade adaptativa. A sensibilidade representa o grau de preparo em que o sistema se encontra, representando a capacidade do sistema de absorver impactos sem sofrer danos a longo prazo. A exposição é a magnitude, espacial e temporal, de eventos climáticos extremos. Já a capacidade adaptativa representa o grau em que os ajustes podem mitigar e minimizar os impactos potenciais (MACCARTHY *et al.* 2001).

2.2 Adaptação às secas

Dentre as diferentes respostas que se pode tomar frente aos impactos da seca, tem-se dois conceitos que se fazem importantes de se distinguir, o de adaptação e o de mitigação. A adaptação à seca pode ser entendida como uma série de medidas a fim de minimizar a vulnerabilidade dos sistemas naturais. Já a mitigação refere-se à redução das emissões de gases de efeito estufa para evitar a incidência da mudança do clima.

Pode-se resumir que a adaptação à seca se refere ao ajuste ou modificação dos sistemas naturais, econômicos e sociais, a fim de reduzir os impactos adversos da estiagem e aumentar a capacidade de enfrentamento, reduzindo o nível de vulnerabilidade (ISLAM, HOSSAIN & SIKDER, 2019).

Alguns autores destacam o potencial das estratégias de adaptação (LEMPERT, SCHLESINGER, 2000), as quais são insensíveis as incertezas futuras e classificadas como: de baixo arrependimento, uma vez que funcionam em uma ampla gama de climas futuros; reversíveis, pois mantêm um custo mínimo quando se está errado quanto à decisão; com margens de segurança, permitindo modificações nos projetos de infraestrutura atual ou de fácil adaptação; estratégias *soft*, uma vez que evitam intervenções de engenharia de alto custo e institucionaliza o planejamento de longo prazo; redução dos horizontes de tempo da decisão de investimentos com estratégias flexíveis; conscientes das ações a serem tomadas pelas partes envolvidas (FERNANDES, STUDART & SOUZA FILHO, 2019).

Considera-se os sistemas de recursos hídricos como sistemas socioecológicos que apresentam

certa imprevisibilidade e são dinâmicos. Embora existam certas incertezas com o que pode acontecer com os recursos hídricos, uma vez que os impactos podem ser desastrosos, a atitude recomendada inclui: avaliar o estado atual do sistema, através de monitoramento e modelagem por exemplo; criar cenários para os estados futuros e gerenciar sua resiliência com mecanismos para levar para um regime desejado ou se adaptar às novas condições.

Quanto ao momento no qual ocorre em relação ao estímulo climático, a adaptação pode ser classificada como antecipatória, simultânea ou responsiva. As adaptações podem também ser classificadas em respeito a duração ou escopo temporal. Nesse contexto, são classificadas como de curto prazo ou de longo prazo. A primeira consiste em acomodar os impactos de um determinado estímulo climático, enquanto a segunda refere-se a ajustes estruturais nos sistemas buscando torná-los menos vulneráveis a distúrbios futuros (SMIT *et al.* 2000). A adaptação também pode ser classificada segundo sua intencionalidade, se planejada ou se espontânea. Adaptações planejadas são ações empreendidas com o intuito explícito de tornar os sistemas menos vulneráveis ao clima, são geralmente associadas à ação governamental por meio de políticas públicas específicas (SMIT *et al.* 1996). Já adaptações espontâneas ou autônomas são aquelas nas quais a adaptação é um subproduto colateral de uma ação visando outro objetivo.

Outra distinção refere-se a natureza ou forma da adaptação, que pode ser: estrutural, legal, institucional, regulatória, financeira, tecnológica, informacional, comportamental, educacional, entre outras (BRYANT *et al.* 2000; SMIT *et al.* 1999; SMIT *et al.* 2000). Por fim, a adaptação pode ser classificada segundo seu resultado ou função, também referida como objetivo primário da adaptação, com recuar, reduzir riscos, proteger, acomodar e assegurar renda e recursos. Tais objetivos são genéricos, de modo que cada setor apresenta formas próprias de atingir os objetivos primários (FORD *et al.* 2010; SMIT *et al.* 1999).

A gestão adaptativa aplicada aos recursos hídricos é um processo de melhoria da política e das práticas de gestão através do aprendizado contínuo e sistemático por parte dos gestores e usuários de água.

A nível governamental trata-se de um processo pelo qual as políticas de recursos hídricos mudam em resposta aos novos conhecimentos obtidos do sistema gerenciado. Nesse processo, busca-se apreender sobre a complexidade e a dinâmica do sistema, assim como alcançar objetivos sociais. Além disso, a gestão adaptativa está moldada dentro do contexto da tomada de decisão estruturada, onde as principais características são: identificar o problema a ser resolvido; envolvimento das partes interessadas na tomada de decisão; especificar os objetivos e compromissos que capturam os valores das partes interessadas; identificar as várias alternativas de decisão; especificar suposições sobre estruturas de recursos e funções; projetar as consequências das ações; identificar as principais incertezas;

ajustar uma tolerância a riscos; e contabilizar as diretrizes legais e restrições, além dos impactos futuros das decisões do presente (WILLIAMS *et al.* 2009 *apud* FERNANDES, 2016).

Para tanto, políticas adaptativas se fazem importantes no âmbito do alcance da segurança hídrica, com base numa gestão tanto a nível de bacia quanto a nível local, que lide com a implementação de medidas definidas antecipadamente às secas que se relacionam com os objetivos e metas das políticas locais (GONDIM *et al.* 2019).

Uma das ferramentas utilizadas para a definição dessas medidas é o plano de seca. Segundo Souza Filho (2019), este plano divide-se em três fases: diagnóstico, planejamento e execução. O diagnóstico compõe-se da descrição do hidrossistema; da construção do sistema de informação e alerta precoce; da avaliação de impactos e vulnerabilidades do sistema hídrico. Na etapa de planejamento faz-se efetivamente o design das estratégias de preparação, mitigação e resposta às secas. Já na etapa de execução faz-se a implementação e acompanhamento bem como a revisão e a atualização do plano.

O planejamento, conceitualmente, é um mecanismo capaz de conduzir a reflexões antecipadas e sistemáticas, fazendo-se necessário como um processo contínuo e integrado dentro de uma visão de gerenciamento de riscos de seca.

A gestão de riscos de seca tem como principal característica uma abordagem proativa das ações de curto e longo prazo, que devem ser tomadas associadas à seca. Essa abordagem, em geral, considera de maneira integrada diferentes aspectos de riscos de modo a propiciar alguns benefícios, tais como geração de uma base robusta e confiável para o planejamento e tomada de decisão, melhoria na identificação das ameaças e oportunidades, alocação e uso mais efetivo dos recursos e melhoria na conformidade com a legislação vigente (WILHITE *et al.* 2000; MARCELINO, 2008).

No Nepal Ocidental as comunidades rurais, movidas pela necessidade e baseada nos seus próprios conhecimentos, iniciaram a promoção de práticas climáticas agrícolas inteligentes, diversificação de culturas e práticas agroflorestais (ADHIKARI, 2018). Acerca dessas práticas, Adhikari (2018) cita a adesão de culturas menos sensíveis às chuvas incertas, tais como gengibre, açafreão, e de amendoim, como também a integração agroflorestal, a promoção de culturas mistas, a mudança de variedades de culturas, mudança de época, aumento do uso de esterco de quintal, agricultura orgânica, substituição de colheitas fracassadas, uso de biopesticidas, criação de campos de pousio e promoção da agricultura de conservação e integração lavoura-pecuária. Somadas ainda a medidas de adaptação estrutural, tais como a instalação de um sistema de alerta precoce para eventos de seca, aproveitamento de águas pluviais, canais de irrigação, tanques de conservação, e tecnologias de conservação do solo de baixo custo.

Algumas medidas adaptativas são trazidas por Hou *et al.* (2017) para os respectivos fazendeiros da China, as quais incluem a adoção de tecnologias de economia de água, investimento em sistemas de irrigação, a mudança de variedades de safras, o ajuste das datas de plantio e colheita, e o uso

de lonas de plástico para cobrir o solo e reter a umidade. Dentre as tecnologias de economia de água, tem-se os tubos de superfície, os tubos subterrâneos e os sistemas de aspersão, onde o tubo de superfície é uma bobina de mangueira usada para transportar água de irrigação para o campo, enquanto os sistemas subterrâneos compreendem tubos de cimento, metal ou plástico usados para transportar água subterrânea para irrigação. Experimentos de campos mostraram que tubos superficiais e subterrâneos podem reduzir o uso de água em até 30% em comparação com sistemas de canais sem revestimento (ZUO, 1997).

O estudo de Jin *et al.* (2016) perfaz algumas estratégias de adaptação à seca por parte de fazendeiros de uma região rural da China, dentre as quais: aumento dos investimentos em infraestrutura de irrigação; adoção de novas tecnologias de conservação de água; plantação de novas variedades de culturas tolerantes à seca; diversificação de safras; aquisição de seguro de índice climático de seca.

A partir da pesquisa de Udmale *et al.* (2014) realizada nas intermediações do estado de Maharashtra, na Índia, foram identificadas medidas de adaptações agrícolas, as quais incluem a mudança do calendário da safra, o uso de baixo consumo de água, uso de melhores práticas de irrigação, utilização da coleta de água, redução do desperdício de água durante a seca, armazenamento da colheita e seleção de safras que consumam menos água.

Diante das alternativas trazidas por Van Duinen *et al.* (2015) destaca-se a aplicação de matéria orgânica para otimizar a capacidade de retenção de umidade do solo, a qual foi implementada por todos os agricultores entrevistados quanto às medidas de adaptação à seca. Para além desta, tem-se o aumento da profundidade e propagação dos drenos, diminuição de água nas valas, dreno extra profundo para coletar e transportar água salina subterrânea para as fossas, diminuindo a pressão de percolação, implementação de irrigação por aspersão e gotejamento, mudança na variedade ou tipos de culturas resistentes à seca e o armazenamento de água doce em um aquífero profundo por meio da injeção de água durante os períodos úmidos e extração durante os períodos secos.

O trabalho realizado por Pereira *et al.* (2015) reúne algumas estratégias de adaptação que vão desde seleção e armazenamento de sementes nativas resistentes à seca, implantação de sistema agroflorestal que combina lavoura com manutenção de espécies da Caatinga, criação de abelhas nativas, caprinos e ovinos, plantio de forrageiras típicas da Caatinga como a palma, armazenamento de plantas forrageiras em silos para o período de estiagem, construção de cisternas e barreiros para o armazenamento de água da chuva, produção de hortaliças com irrigação, cultivo de plantas frutíferas e comercialização de polpas.

Souza Filho *et al.* (2019) traz dez classes para categorizar as medidas de mitigação e resposta às secas, as quais estão apresentadas na Tabela 1.0.

Tabela 1 - Medidas de mitigação e resposta.

MEDIDA	DEFINIÇÃO
Medidas preventivas	Ações que se destinam a evitar a ocorrência de uma seca e são implementadas em caráter de avaliação sistemática;
Medidas de gestão e operação do sistema	São ações das instituições responsáveis pela gestão e operação, tratando-se de ações de natureza interna;
Medidas de caráter institucional	São ações que visam a integração das instituições e entidades com competência para lidar com a seca;
Medidas de caráter legal e normativo	São ações que devem ser tomadas em compatibilidade com o quadro legal e normativo de gestão dos recursos hídricos;
Medidas de impacto social	São ações que podem reduzir a demanda hídrica e que asseguram informações adequadas e úteis aos consumidores;
Medidas de impacto ambiental	São ações que tem o intuito de reduzir os impactos ambientais significativos decorrentes do uso dos recursos hídricos;
Medidas de cumprimento dos objetivos de gestão de seca	São ações que visam a devida realização dos objetivos estabelecidos para cada fase de seca;
Medidas de expansão e melhoria da infraestrutura e da disponibilidade hídrica	São ações que visam aumentar a disponibilidade hídrica de qualquer sistema, como a implementação de reservatórios localizados de forma estratégica;
Medidas para o acompanhamento da situação e do risco	São ações que buscam desenvolver indicadores para avaliar a situação de seca;
Medidas de gestão do plano	Úteis para a efetiva implementação das ações e objetiva-se preparar planos, projetos ou campanhas para gerenciamento das secas.

Fonte: Souza Filho *et al.* (2019).

O acionamento de cada uma das medidas de preparação, mitigação e resposta são condicionados pelo estado da seca, o qual é caracterizado através de um indicador de classificação da severidade, dividindo-se em: Normal, Pré-alerta, Alerta, Emergência I e Emergência II. O estado normal se trata de quando não há déficit hídrico. O estado pré-alerta é decretado quando há sinais proeminentes de seca. Com a persistência e o agravamento do episódio de seca, faz-se necessária a imposição de medidas restritivas de uso de água, sendo este o estado de alerta. Quando o agravamento da seca acarreta em interrupção do abastecimento hídrico, tem-se o estado de emergência I. Já o nível II ocorre

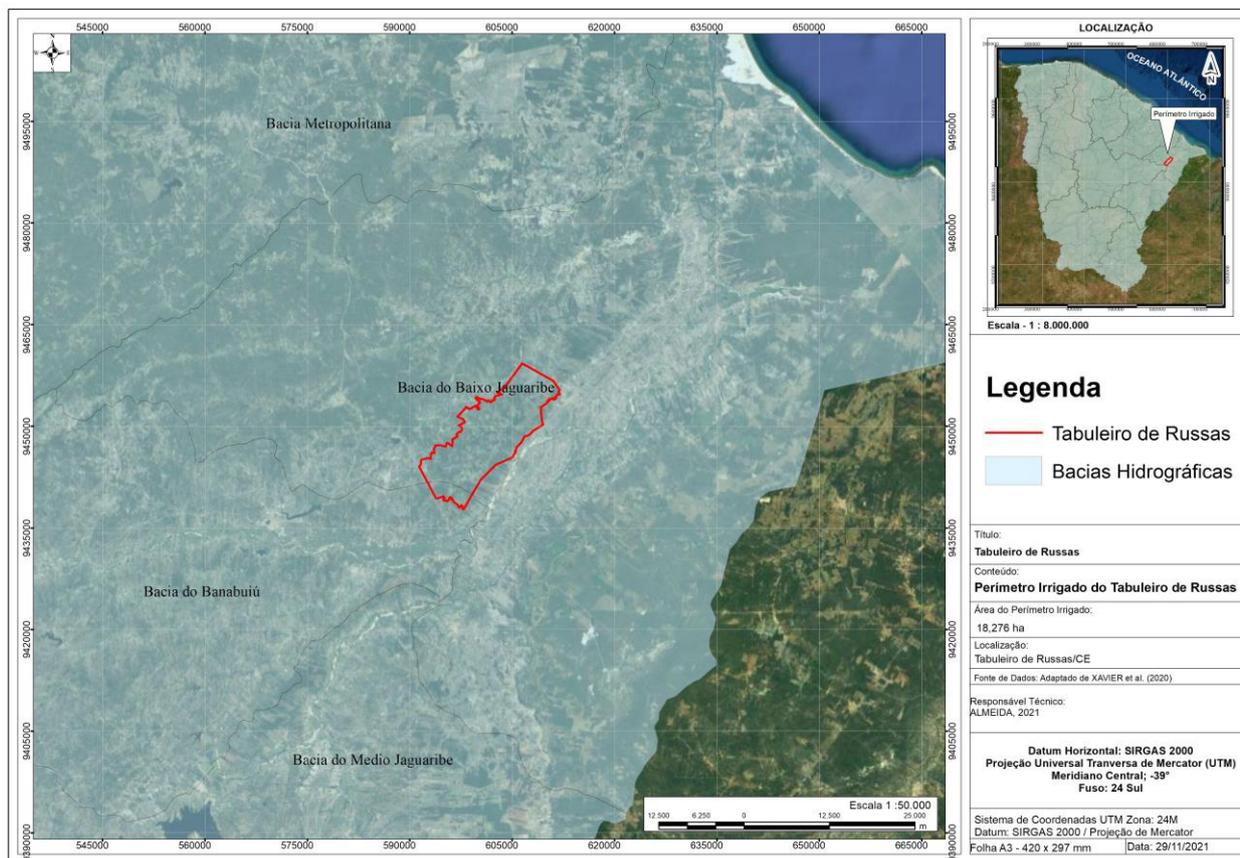
quando o sistema hídrico corre risco de colapso de abastecimento, trazendo uma restrição severa (SOUZA FILHO *et al.* 2019).

Um passo importante no planejamento de preparação à seca é a identificação dos impactos e avaliação de vulnerabilidades existentes, pois isso possibilita a identificação de elementos que suscitem a elaboração de medidas dentro de uma lógica proativa, contribuindo para a orientação dos tomadores de decisões, permitindo a avaliação das regiões mais vulneráveis e gerando auxílios teóricos ou conceituais para uma gestão mais eficaz dos riscos (ARAÚJO JÚNIOR, 2018).

3 ÁREA DE ESTUDO

O perímetro irrigado de Tabuleiro de Russas está localizado na região hidrográfica do Baixo Jaguaribe, possuindo uma área igual a 17.975,31 hectares e está dentro das divisas dos municípios de Russas, Limoeiro do Norte e Morada Nova (Figura 2).

Figura 2- Mapa de localização do perímetro irrigado de Tabuleiro de Russas.



Fonte: Autor (2021).

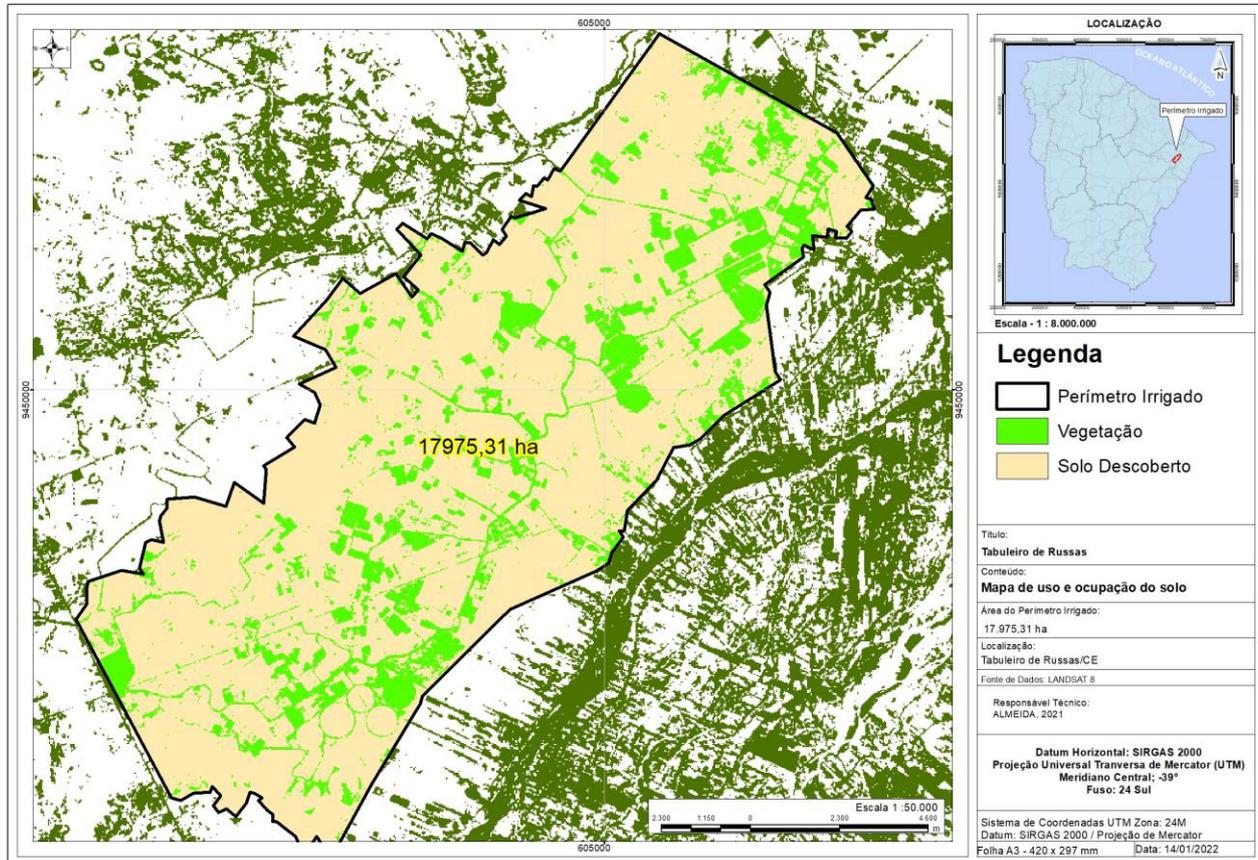
O clima da região é quente e semiárido, com precipitação média anual de 720 mm e uma evaporação de 2900 mm por ano. Já a umidade relativa do ar e a temperatura média mensal são 60% e 27°C, respectivamente (XAVIER *et al.* 2020).

O perímetro é abastecido pelo açude Castanhão, o qual possui capacidade total igual a 6,7 bilhões m³ e, está localizado na bacia do Médio Jaguaribe. Segundo dados da Secretaria de Recursos Hídricos, o açude Castanhão possui uma vazão regularizada de 29 m³/s e a altura de sua barragem possui 60 m, constituindo-se um dos maiores reservatórios do estado. Ainda, o açude Castanhão abastece as seguintes sedes municipais: Aracati, Fortim, Jaguaruana, Limoeiro do Norte, Quixeré, Russas, Tabuleiro do Norte e Região Metropolitana de Fortaleza.

A Figura 3 expõe um mapa de uso e ocupação do solo do perímetro, esse tipo de mapa é comumente utilizado para fomentar o desenvolvimento de políticas públicas para uma gestão sustentável dos recursos naturais, e o mesmo é obtido através de sensoriamento remoto. O satélite utilizado

para obtenção das bandas espectrais foi o LANDSAT 8. Obteve-se que 81,29% da área possui solo descoberto no momento da obtenção da imagem, enquanto 18,71% da área é preenchida com vegetação. Também se nota a ausência de corpo hídrico nos limites da área de estudo.

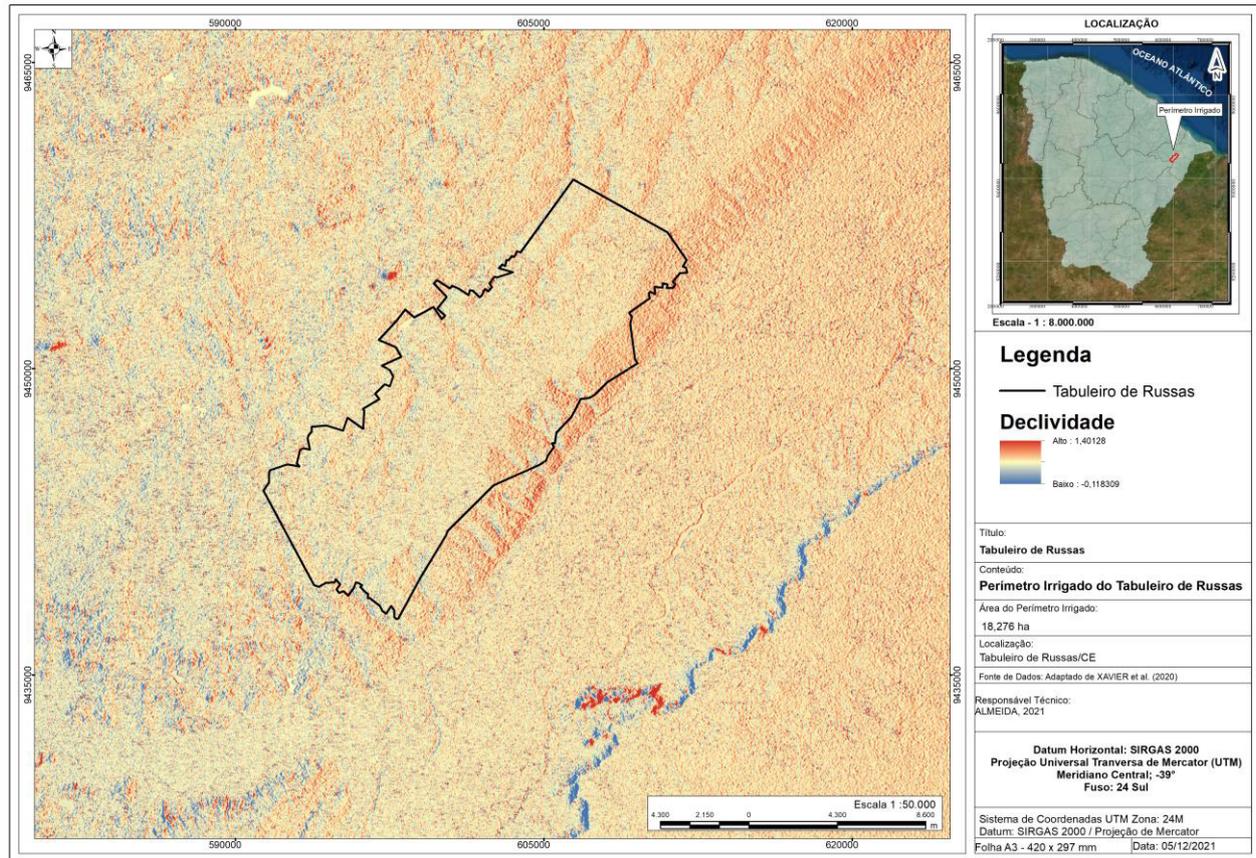
Figura 3 - Mapa de uso e ocupação do solo do perímetro irrigado Tabuleiro de Russas.



Fonte: Autor (2021).

Ademais, realizou-se o mapa de declividade, o qual pode ser visualizado na Figura 4 abaixo. A declividade é a inclinação do relevo em relação ao plano horizontal, e é considerada como uma restrição natural à produtividade do solo. Além disso, a declividade pode influenciar diretamente na quantidade de radiação solar que chega às diferentes encostas e, ainda, condiciona o acúmulo de matéria orgânica do solo. Portanto, a declividade está relacionada com a erodibilidade dos solos, tendo em vista que a perda de sedimentos aumenta com a declividade (HOFIG; ARAÚJO-JÚNIOR, 2014).

Figura 4 - Mapa de declividade do perímetro irrigado Tabuleiro de Russas.

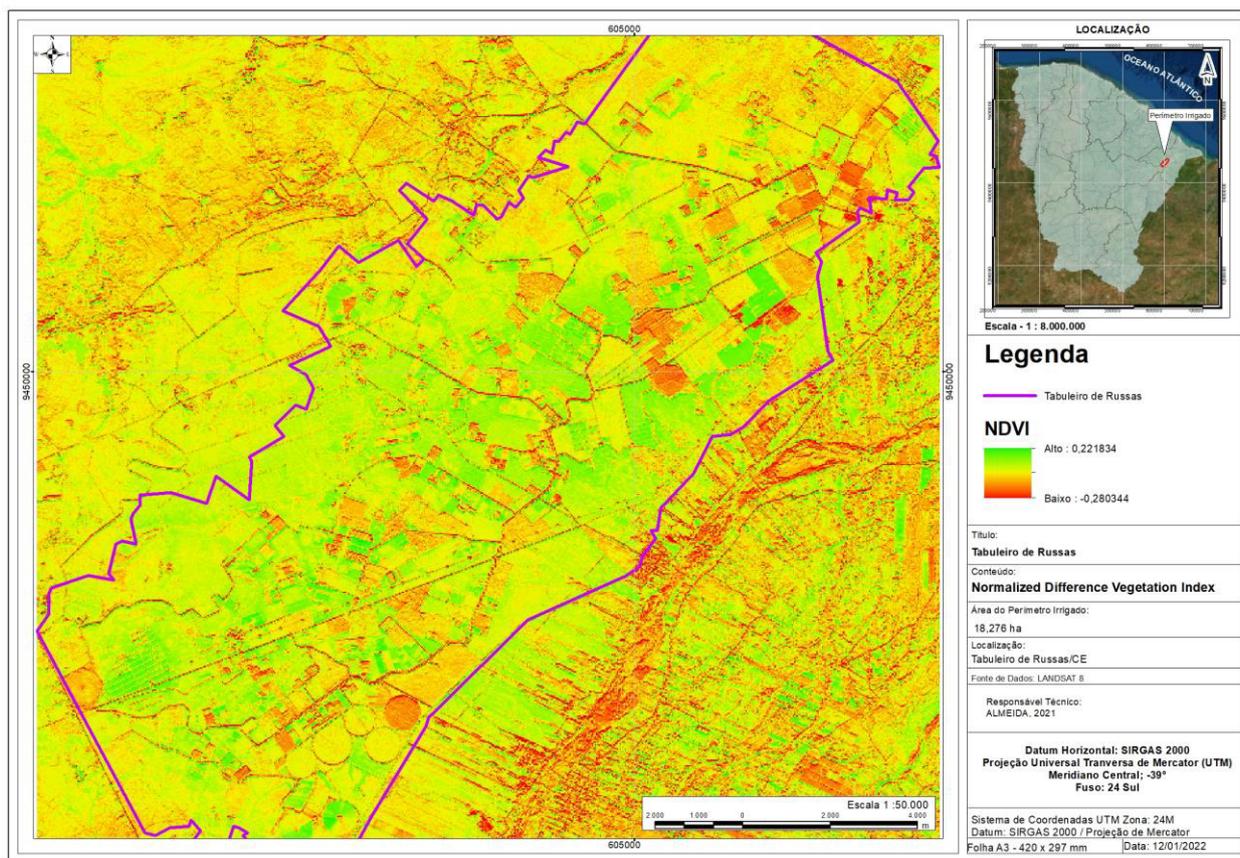


Fonte: Autor (2021).

Ainda, obteve-se o mapa do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI), o qual pode ser observado na Figura 5. O NDVI trata-se de um índice para aplicação dos processos de realce por operações matemáticas entre bandas de sensores de satélites (MELO, SALES & OLIVEIRA, 2011). O referido mapa é utilizado para analisar a condição da vegetação natural, e foi obtido através de imagens do satélite LANDSAT 8.

O uso do NDVI é utilizado para monitorar o estágio de degradação da vegetação, e para o acompanhamento dos processos de desertificação. Os resultados do cálculo do índice apresentam valores variando de -1 a 1, onde valores próximos de 1 representam uma vegetação saudável, densa e bem desenvolvida, já valores negativos correspondem a áreas como superfície de água, rochas, nuvens, dentre outros. Para solo descoberto, o índice geralmente está em torno de 0,1 e 0,2, já para a vegetação o índice sempre terá valor positivo entre 0,2 e 1. Enquanto que a vegetação descoberta cairá muito provavelmente no intervalo entre 0,2 e 0,5 (MELO, SALES & OLIVEIRA, 2011).

Figura 5 - Índice de Vegetação de Diferença Normalizada do Perímetro Irrigado de Tabuleiro de Russas.



Fonte: Autor (2021).

A partir do mapa acima pode-se observar que a região em questão possui em sua maior parte solo descoberto, tendo em vista que o valor máximo do índice foi de 0,22.

4 METODOLOGIA

O levantamento de informações junto ao perímetro irrigado ocorreu no primeiro semestre do ano de 2019 por meio de aplicação de questionário. Este continha questões abertas e fechadas sobre o perfil do irrigantes, estratégias de adaptação, impactos e ações governamentais.

Foram aplicados 30 questionários utilizando a técnica de amostragem Bola de Neve. Esse tipo de amostragem é uma forma de amostra não probabilística, que utiliza cadeias de referência, ou seja, a partir desse tipo específico de amostragem não é possível determinar a probabilidade de seleção de cada participante na pesquisa, mas torna-se útil para estudar determinados grupos difíceis de serem acessados (VINUTO, 2014).

A execução da amostragem em bola de neve se constrói a partir de um pontapé inicial, os informantes-chaves, a fim de localizar algumas pessoas com o perfil necessário para a pesquisa, dentro da população geral. Em seguida, solicita-se que as pessoas indiquem novos contatos com as características desejadas, a partir de sua própria rede pessoal, e assim sucessivamente e, dessa forma, o quadro de amostragem pode crescer a cada entrevista. Eventualmente o quadro de amostragem torna-se saturado, ou seja, não há novos nomes oferecidos ou os nomes encontrados não trazem informações novas no quadro de análise.

Em suma, a amostragem em bola de neve mostra-se como um processo de permanente coleta de informações, fornecendo ao pesquisador um conjunto cada vez maior de contatos potenciais, sendo que o processo pode ser finalizado a partir do critério do ponto de saturação. Porém, é importante lembrar que para definir o ponto de saturação deve-se estar atento às sutilezas da pesquisa de campo, já que muitas vezes o pesquisador tem dificuldades para compreender as informações novas narradas por seus informantes e, por isso, acaba por finalizar a pesquisa mais cedo do que poderia (VINUTO, 2014).

A amostragem de bola de neve é utilizada principalmente para fins exploratórios, conforme explicitado por Vinuto (2014), e tem usualmente três objetivos: desejo de melhor compreensão sobre um tema; testar a viabilidade de realização de um estudo mais amplo; e desenvolver os métodos a serem empregados em todos os estudos ou fases subsequentes.

As respostas foram tabuladas em planilha eletrônica e analisadas por meio de estatística descritiva. A estatística descritiva dos dados tem como objetivo básico resumir uma série de valores de mesma natureza através de um conjunto de ferramentas e técnicas: tabelas, gráficos, medidas de variabilidade de tendência central que ajudam na produção de uma visão global dos dados. Hout (2002) define estatística descritiva como o conjunto das técnicas e das regras que resumem a informação recolhida sobre uma amostra ou uma população, e isso sem distorção ou perda de informação.

As medidas de estatística descritiva, designadas por parâmetros quando se referem à população e por estatísticas quando se referem às amostras, permitem sintetizar os dados da população ou

amostra através de um só valor. Tais medidas são: medidas de localização; medidas de dispersão; medidas de assimetria; medidas de curtose e medidas de concentração (MORAIS, 2005).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para além da percepção social da seca, surge a necessidade de melhor entender como os eventos de escassez impactam na vida e na economia local. Para tanto, foi possível avaliar dados primários obtidos por meio da aplicação de 30 questionários feito à comunidade no perímetro irrigado do Tabuleiro de Russas.

5.1 Caracterização dos irrigantes

Localizados na bacia hidrográfica do Baixo Jaguaribe, os agricultores da região de estudo cultivam diferentes culturas, incluindo banana, goiaba, coco, sorgo, macaxeira, caju, feijão, milho, melão, manga e acerola, dentre outras. Além disso, as tecnologias de irrigação incluem sistemas de micro aspersão, gotejamento e pivô central.

Perante os 30 irrigantes que foram questionados, tem-se que 82,8% destes são homens e 17,2% são mulheres com uma idade média de 45 anos. Ainda, 53,3% dos agricultores possuem ensino fundamental incompleto e 20% possui ensino médio completo. Questionados a respeito de quanto tempo trabalham com agricultura, tem-se em média um período de 22 anos, com uma máxima de 44 anos e uma mínima de 2 anos. Já com relação ao tamanho do lote, mais de 75% dos irrigantes relataram que possuem apenas 2 lotes, enquanto 16% informaram que possuem 3 lotes.

Perante o questionamento de quais atividades são realizadas, se agricultura, pecuária ou piscicultura, 100% dos irrigantes relataram que praticam apenas a agricultura. Indagados quanto a fonte de água utilizada para irrigação do seu respectivo lote, 100% dos agricultores informaram que fazem uso do canal de irrigação advindo do Castanhão, enquanto apenas 2 irrigantes relataram que fazem uso de poço artesanal e do canal de irrigação.

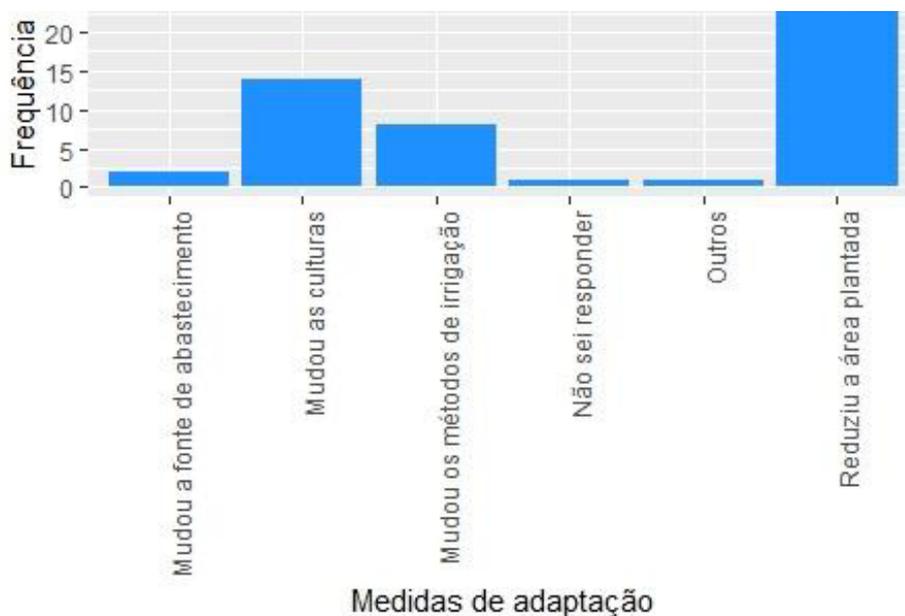
5.2 Estratégias de Adaptação e Impactos à Seca de 2010 a 2018

O conceito de adaptação refere-se ao processo de capacidade de mudança frente a diferentes condições. Na perspectiva do perigo climático, se trata do processo pelo qual as pessoas reduzem os efeitos adversos e aproveitam as oportunidades que o ambiente climático proporciona, diminuindo-se o nível de vulnerabilidade. Nessa mesma perspectiva, Smith *et al.* (1996) argumenta que a adaptação ao clima inclui todos os ajustes de comportamento ou estrutura econômica que reduzem a vulnerabilidade da sociedade às mudanças climáticas. Em uma perspectiva mais ampla, Stakhiv (1993) retrata a adaptação como qualquer ajuste, seja passivo, reativo ou antecipatório, que é proposto como um meio de amenização das consequências adversas antecipadas às mudanças climáticas.

Frente às ações adotadas pelos irrigantes para com as estratégias de adaptação à seca, 24 relataram que reduziram a área plantada, enquanto 14 responderam que mudaram as culturas. Já 8 infor-

maram que modificaram os métodos de irrigação e apenas 2 relataram que alteraram a fonte de abastecimento, a Figura 6 abaixo contém a distribuição de frequências das medidas de adaptação.

Figura 6 - Distribuição de frequência das medidas de adaptação à seca.



Fonte: Autor (2021).

A partir de um levantamento feito por Islam *et al.* (2019), a experiência dos irrigantes quanto às medidas de adaptação que implementaram para reduzir as adversidades da seca incluem: utilização de fertilizante orgânico, canteiro de sementes precoce, escavação de lagoa, retirada de água utilizando bomba, diversificação de culturas, cultivo misto e cultivo alternativo de culturas.

Khetwani *et al.* (2020) traz estratégias de adaptação realizadas por irrigantes da região de Marathwada, na Índia, as quais incluem o armazenamento de safra, redução nos gastos diários, culturas tolerantes à seca, dentre outros.

O estudo de Belay *et al.* (2017) retorna algumas estratégias de agricultores da região de Central Rift Valley, na Etiópia, para responder à variabilidade climática, dentre elas: mudança nas datas de plantio das culturas; modificação na variedade das culturas; manutenção das reservas de grãos; uso intensivo de insumos agrícolas; integração de culturas; irrigação suplementar. Outras estratégias de adaptação incluem a intensificação da produção agrícola utilizando mais insumos especialmente fertilizantes, plantio de árvores frutíferas e forragens, práticas de conservação de solo e água, e utilização de resíduos de cultura como ração animal. As técnicas de conservação de solo e água foram utilizadas para evitar o risco de inundações, bem como melhorar a umidade do solo e a retenção de matéria orgânica.

O trabalho de Habiba *et al.* (2012) documenta algumas estratégias de adaptação realizadas por

fazendeiros da região noroeste de Bangladesh, dentre elas: gestão agronômica; coleta de água; exploração de recursos hídricos; diversificação de safras; adubação e compostagem; intensificação da colheita.

Em relação aos impactos, 96,6% responderam que houve redução no lucro e quebra na safra, enquanto 23,3% relatam aumento dos preços e 23,3% relataram casos de ansiedade. Ainda, 16,6% informam que houve migração da população, enquanto 3,3% relatam que houve perda do gado. Questionados quanto ao nível de sensibilidade às secas das respectivas atividades, 96,6% relataram que sua atividade é muito sensível à seca, enquanto 3,3% responderam que é apenas sensível.

Desde 2010, diferentes áreas do semiárido nordestino vêm sendo afetadas por uma estiagem que acabou por se caracterizar como uma das piores já registradas. Tal estiagem permanece em 2018 e não há indicativo de alteração da situação no curto prazo, provocando, portanto, a redução da disponibilidade hídrica e afetando a manutenção dos usos da água, em especial, para o abastecimento público, a irrigação e a geração hidrelétrica.

Uma avaliação realizada pela Agência Nacional de Águas (ANA) no final de 2016 constatou que sistemas de abastecimento de 79 cidades haviam entrado em colapso, afetando cerca de 512 mil habitantes. O colapso é definido quando ocorre o esgotamento dos mananciais superficiais normalmente utilizados ou, ainda, quando o sistema de abastecimento se encontra em regime de racionamento ou rodízio, com frequência superior a 4 dias por semana. Em 2017, outras 220 cidades encontravam-se em situação crítica, somando 3,25 milhões de pessoas afetadas.

Os impactos da seca de 2010 a 2018 compreendem desde instabilidades na produção e na produtividade até impactos na renda gerada pelas atividades agrícolas. Observa-se, ainda, que alguns produtos apresentaram grande queda na produção, sobretudo em 2012, onde os pequenos produtores são os mais afetados, elevando as desigualdades socioeconômicas (SANTANA; SANTOS, 2020).

Dados obtidos da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) mostram que, entre cinquenta produtos de lavouras temporárias e permanentes com produção no Nordeste, 39 apresentaram variação negativa na quantidade produzida em 2012, em relação a 2011. Os produtos que apresentaram as maiores quedas na produção foi o milho, com um percentual de 50,62% entre 2011 e 2012, tendo se recuperado apenas em 2017, e a mandioca, cultivo tradicional e de importante papel na segurança alimentar da região. Além do feijão, com uma queda de 44,25% e da cana-de-açúcar, com uma queda de 48,56% entre 2011 e 2017.

Dos 1.794 municípios que compõem a região Nordeste, 79% apresentaram perdas no valor da produção de 2011 para 2012, onde desse total, 178 municípios tiveram perdas superiores a 90%, de acordo com dados do valor bruto da produção agrícola (SANTANA; SANTOS, 2020).

Questionados se fizeram uso de algum programa do governo para lidar com a seca entre 2010 e 2018, 83,3% dos irrigantes relataram que não fizeram uso de nenhum programa, enquanto 16,6%

informaram que fizeram uso de empréstimos e da construção de cisternas.

5.3 Eficácia das ações governamentais na percepção dos irrigantes

A intervenção do Governo no semiárido do Nordeste, na primeira metade do século passado, consistia na centralização e fragmentação das ações e se efetivava através da criação de órgãos nacionais para o combate à seca, os quais se tornavam em objetivo de disputa política entre os diversos segmentos da elite rural. As ações estabelecidas por esses órgãos basicamente limitavam-se a construção de reservatórios públicos perenizando extensões de rios, além da construção de pequenos e médios açudes dentro de propriedades privadas de forma a assegurar água para a produção agropecuária e o funcionamento de agroindústrias (SOUZA FILHO, 2006). Em 1959 criou-se a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), onde as ações governamentais, em suma, baseavam-se em: o caráter emergencial, fragmentado e descontínuo dos programas em momentos de calamidade; as ações emergenciais que alimentam a indústria da seca; e a solução hidráulica, com a construção de obras hídricas.

No âmbito das ações adotadas pelo governo para combater os efeitos da seca em 2012, tem-se que o montante dos recursos destinados compreenderam cerca de 841 milhões, os quais foram submetidos na recuperação hídrica, em operações de crédito, na Bolsa-Estiagem, na Garantia-Safra, na contratação de carros-pipa e na construção de cisternas e recuperação de poços artesianos. Tais ações abrangeram um total de 175 municípios, impactando mais de 2 milhões de pessoas (SRH, 2012).

Ainda, implementou-se o Programa Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, construindo-se uma agenda prioritária de 2010 a 2013 e estabelecendo um arranjo institucional, além da formação e capacitação de pessoal e, do estabelecimento de mecanismos de controle e participação social.

Na perspectiva dos irrigantes de Tabuleiro de Russas, as principais medidas governamentais para contrapor os impactos da seca são a implementação de cisternas, de poços profundos, a transposição de rios e, a facilidade de empréstimos em bancos.

Questionados a respeito da percepção dos irrigantes quanto às ações governamentais, 86,6% responderam que nos últimos 6 anos o governo não implantou ações para mitigar os efeitos da seca. Ademais, 76,6% dos irrigantes relataram que nos últimos 6 anos o governo não forneceu informação sobre como se preparar para a seca.

Indagados se o governo forneceu informações a respeito de como reduzir o uso de água na agricultura, 46,6% concordaram, enquanto 53,3% discordaram. Já com relação à se o governo forneceu recursos financeiros para os agricultores lidarem com a seca, tem-se que 86,6% dos 30 irrigantes discordaram. Ainda, 90% dos irrigantes, totalizando 27 respostas, relataram que nos últimos 6 anos o governo não forneceu recursos técnicos para os agricultores lidarem com a seca.

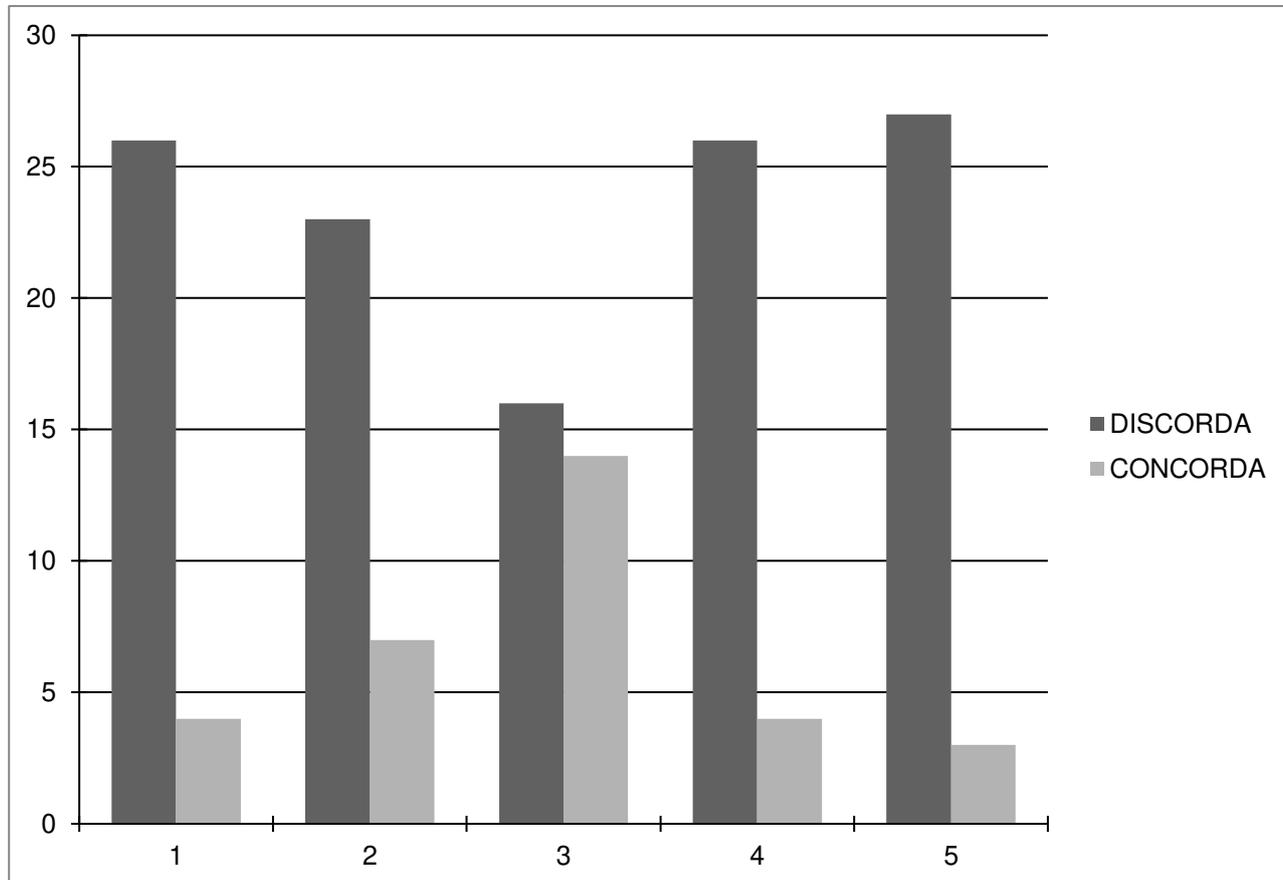
Em uma visão mais ampla, pode-se visualizar a distribuição de frequências das respostas quanto aos questionamentos no Figura 7. Já na Tabela 2, encontra-se a lista das perguntas tabuladas de 1 a 5.

Tabela 2 - Tabulação das perguntas feitas aos irrigantes quanto à percepção destes para com as ações governamentais.

IDENTIFICAÇÃO	PERGUNTA
1	Nos últimos 6 anos, o governo implantou ações importante para mitigar os efeitos da seca.
2	Nos últimos 6 anos, o governo forneceu alguma informação sobre como se preparar para a seca.
3	Nos últimos 6 anos, o governo forneceu alguma informação sobre como utilizar menos água na agricultura.
4	Nos últimos 6 anos, o governo forneceu recursos financeiros para os agricultores lidar com a seca.
5	Nos últimos 6 anos, o governo forneceu recursos técnicos para os agricultores lidar com a seca.

Fonte: Autor (2021).

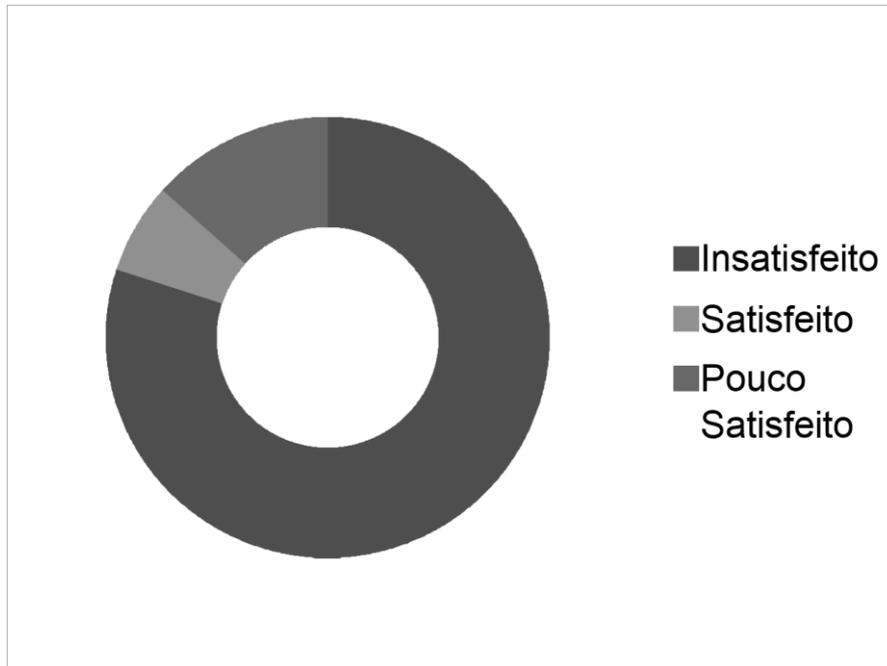
Figura 7 - Distribuição de frequências da percepção dos irrigantes quanto às medidas governamentais.



Fonte: Autor (2021).

Perante o questionamento quanto ao grau de satisfação frente às ações governamentais, 80% dos irrigantes informaram estarem insatisfeitos com as medidas, enquanto apenas 6,6% demonstraram estarem satisfeitos, totalizando em 13,3% o quantitativo dos irrigantes de estarem pouco satisfeitos. Em suma, o Figura 8 abaixo representa a distribuição do grau de satisfação.

Figura 8 - Grau de satisfação perante as ações governamentais de combate à seca.



Fonte: Autor (2021).

6 CONCLUSÃO

A gestão da demanda envolve todas as ações relacionadas aos usos econômicos e sociais da água e à sustentabilidade ambiental. Aspectos como a conservação da água (uso racional) e a flexibilidade dos usos são dimensões relevantes dessa gestão. Tal gestão é realizada através de instrumentos como a outorga e a cobrança. Já a gestão de conflito pelos usos da água tem sua necessidade em decorrência da escassez relativa dos recursos hídricos que geram disputas de interesses que necessitam ser administrados.

Foi realizada uma pesquisa de campo com pequenos irrigantes, os quais possuem de 1 a 3 lotes, onde foi possível obter as percepções dos irrigantes frente à seca e suas respectivas ações de adaptação. Para gerenciar adequadamente os recursos hídricos, faz-se necessário enfrentar apropriadamente os eventos de seca, onde a gestão adaptativa deve considerar a percepção dos agricultores como parte do processo de tomada de decisão. Frente a percepção dos agricultores quanto qual foi a seca mais severa, a maioria respondeu que ocorreu entre 2016 e 2018. Perante a persistência da seca, os níveis de água reduziram drasticamente ao longo dos anos, não havendo capacidade de recarga dos reservatórios.

Perante as medidas adaptativas adotadas com o intuito de mitigar os efeitos da seca, 43,3% dos irrigantes relataram que além de reduzir a área plantada, implementaram-se outras técnicas. Já 36,6% apenas reduziram a área cultivada. Ainda, 43,3% relataram que mudou as culturas, juntamente com outras técnicas implementadas. Enquanto 3,3% informaram que apenas mudou as culturas cultivadas. Ademais, 23,3% além de mudar os métodos de irrigação implementaram juntamente com outras técnicas. Entretanto, 3,3% usou apenas a técnica de mudança dos métodos de irrigação.

Já em relação à percepção dos irrigantes quanto aos impactos que a seca causou, a grande maioria (93,3%) relataram que houve quebra na safra, juntamente com outros impactos, como redução do lucro. Destes, 23,3% além dos impactos citados, informaram também que houve aumento dos preços, dificultando, portanto, a aquisição de material. Alguns agricultores, relataram que para além de outros impactos, ocorreu migração da população.

REFERÊNCIAS

- ADHIKARI, Lipy et al. Are Traditional Food Crops Really ‘Future Smart Foods?’ A Sustainability Perspective. *Sustainability*, Nepal, v. 11, n. 5236, p. 1-16, 24 set. 2019.
- ANDRADE et ali. A Vulnerabilidade e a Resiliência da Agricultura Familiar em Regiões Semiáridas: o Caso do Seridó Potiguar. *Campo-Território: revista de geografia agrária*, v.8, n.15, p.1-30, 2013.
- ARAÚJO JÚNIOR, Luiz Martins de. Desenvolvimento de um Sistema de Informação e Alerta Precoce da Seca e Elaboração de Estratégias de Planejamento Proativo de Adaptação às Secas Urbanas. 2018. 201 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.
- BELAY, Abrham et al. Smallholder farmers’ adaptation to climate change and determinants of their adaptation decisions in the Central Rift Valley of Ethiopia. *Agriculture & Food Security*, Etiópia, v. 6, ed. 24, p. 1-13, 2017.
- BRUNO SOARES, M. and GAGNON, A. Conceptual elements of climate change vulnerability assessments: a review. *International Journal of Climate Change Strategies and Management* Vol. 4 No. 1, 2012, pp. 6-35.
- BRYANT, C.; SMIT, BARRY; BRKLACICH, M. et al. Adaptation in Canadian Agriculture to Climatic Variability and Change. *Climatic Change*, v. 45, n. 1, p. 181–201, 2000.
- CORTEZ, Helder dos Santos; DE LIMA, Gianni Peixoto; SAKAMOTO, Meiry Sayuri. A seca 2010-2016 e as medidas do Estado do Ceará para mitigar seus efeitos. *Parc. Estrat., Distrito Federal*, v. 22, n. 44, p. 83-118, 2017.
- EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO CEARÁ – EMATERCE. Relatório sobre a situação da safra agrícola de sequeiro. 31 jul. 2010. 37 p. Disponível em: <<http://www.ematerce.ce.gov.br/index.php/publicacoes/category/38-situacao-da-producao-2010>>. .
- ERIKSEN, S., BROWN, K., KELLY, P.M., 2005. The dynamics of vulnerability: locating coping strategies in Kenya and Tanzania. *Geographical Journal* 171, 287–305.
- FERNANDES, Renato de Oliveira. Estratégia de Gestão Adaptativa dos Recursos Hídricos para o Rio Jaguaribe em cenários de mudanças climáticas. 2016. 189 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, [S. l.], 2016.
- FERNANDES, Renato de Oliveira; STUDART, Ticiania M. de Carvalho; SOUZA FILHO, Francisco de Assis de. Gestão adaptativa para um mundo em mudança. In: SOUZA FILHO, Francisco de Assis de et al. *Gestão Adaptativa do Risco Climático de Seca*. Brasil: Expressão Gráfica e Editora, 2019. cap. Seção 3 - Governança de água e aspectos institucionais, p. 421-445. ISBN 978-85-420-1386-3.
- FORD, J. D; PEARCE, T.; DUERDEN, F.; FURGAL, C.; SMIT, B. Climate change policy responses for Canada’s Inuit population: The importance of and opportunities for adaptation. *Global Environmental Change*, v. 20, n. 1, p. 177–191, 2010.
- GONDIM, Rubens Sonsol. SILVEIRA, Cleiton da Silva. DE SOUZA FILHO, Francisco de Assis. VASCONCELOS JÚNIOR, Francisco. Agricultura irrigada e medidas adaptativas para o enfrenta-

mento das mudanças climáticas. In: DE SOUZA FILHO, Francisco de Assis et al. Gestão Adaptativa do Risco Climático de Seca. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2019. cap. Seção 5 - Plano de Segurança Hídrica, p. 737-750. ISBN 978-85-420-1386-3.

GONZÁLEZ, F. C.; MORCILLO, J. C. Guía para la elaboración de planes de emergencia por sequía em sistemas de abastecimento urbano. Ministerio de Medio Ambiente: Asociación Española de abastecimientos de agua y saneamiento. 83p. 2007.

HABIBA, Umma; SHAW, Rajib; TAKEUCHI, Yokiko. Farmer's perception and adaptation practices to cope with drought: Perspectives from Northwestern Bangladesh. International Journal of Disaster Risk Reduction, Japão, p. 72-84, 31 maio 2012.

HOFIG, Pedro; ARAÚJO-JÚNIOR, Cezar Francisco. Classes de declividade do terreno e potencial para mecanização no estado do paraná. Coffee Science, Lavras, v. 10, n. 2, p. 195-203, 15 out. 2014.

HOU, Lingling; HUANG, Jikun; WANG, Jinxia. Early warning information, farmers' perceptions of, and adaptations to drought in China. Climatic Change, China, p. 197-212, 26 jan. 2017.

HUOT, Réjean (2002). Métodos quantitativos para as ci ncias humanas (tradu o de Maria Lu sa Figueiredo). Lisboa: Instituto Piaget.

IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers, Contribution of WGI to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK; New York, NY, USA.

IPCC (2014) Glossary. In: 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 [Field CB, VR, Barros DJ, Dokken KJ, Mach MD].

ISLAM, Md. Saiful. Drought adaptation measures and their effectiveness at Barind Tract in north-west Bangladesh: a perception study. Natural Hazards, Bangladesh, ano 2019, p. 1253-1276, 8 ago. 2019.

JIN, Jianjun; WANG, Wenyu; WANG, Xiaomin. Adapting agriculture to the drought hazard in rural China: household strategies and determinants. Natural Hazards, China, p. 1609-1619, 24 fev. 2016.

KHETWANI, Sagar; SINGH, Ram Babu; MOIN, Khusro. Impact of drought, farmers' adaptation strategies and administrative mitigation measure in the Marathwada region, India. Environmental & Socio-economic Studies, India, v. 8, ed. 2, p. 1-11, 2020.

LEMPERT, R. J.; SCHLESINGER, M. E. Robust strategies for abating climate change. Climatic Change, v. 45, n. 3, p. 387-401, 2000.

LINDOSO *et ali*. Agricultura Familiar e Mudanças Climáticas: Avaliando a Vulnerabilidade   Seca no Semiárido Nordeste em Mudança do clima no Brasil: aspectos econ micos, sociais e regulat rios. Brasília : Ipea 2011.

LIVERMAN, D.M., 1990. Drought impacts in Mexico: climate, agriculture, technology, and land tenure in Sonora and Puebla. Annals of the Association of American Geographers 80, 49-72.

MACCARTHY, J. J.; CANZIANI, O. F.; LEARY, N. A.; DOKKEN, D. J.; WHITE, K. S. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the

Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001, Cambridge University Press, Cambridge e New York.

MARTINS, E. S. P. R. et al. A multimethod attribution analysis of the prolonged northeast Brazil hydrometeorological drought (2012–16). *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 99, n. 1, p. S65–S69, 2018.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos**. INPE/CRS, Santa Maria, 38 p., 2008.

MELO, Ewerton Torres; SALES, Marta Celina Linhares; OLIVEIRA, José Gerardo Bezerra de. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (ndvi) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do riacho dos cavalos, CRATEÚS-CE. O espaço geográfico em análise, Curitiba, p. 520-533, 2011.

MORAIS, Carlos Mesquita. Escalas de Medida, Estatística Descritiva e Inferência Estatística. Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, p. 1-30, 2005.

PEDROSO, C. P. Novas Ameaças a uma Adversidade Histórica: clima e agricultura familiar no sertão nordestino. Dissertação de mestrado, UNB, Brasília, DF, 2013.

PEREIRA, Guilherme Reis *et al.* Vulnerabilidade e Adaptação à Seca nos Sertões Brasileiros. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, Brasil, p. 1-19, 2015.

PONTES FILHO, J. D.; SOUZA FILHO, F. D. A.; MARTINS, E. S. P. R.; STUDART, T. M. D. C. Copula-Based Multivariate Frequency Analysis of the 2012–2018 Drought in Northeast Brazil. **Water** 2020, 12, 834. <https://doi.org/10.3390/w12030834>

REIS, Gabriela de Azevedo; FILHO, Francisco de Assis de Souza; OLIVEIRA, Thaís Antero de. Análise da Vulnerabilidade à Seca no Estado do Ceará. *In: FILHO, Francisco de Assis de Souza et al. Gestão Adaptativa do Risco Climático de Seca*. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2019. p. 779-794. ISBN 978-85-420-1386-3.

ROSA, R. G. T. D. Índices de seca. Aplicação ao continente português. 2011. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica). Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa. ISA/UTL. Lisboa, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.5/4488>. Acesso em: 10 de Jun. 2019.

SANTANA, Adrielli Santos de; SANTOS, Gesmar. Impactos da Seca de 2012-2017 na Região Semiárida do Nordeste: notas sobre a abordagem de dados quantitativos e conclusões qualitativas. *Boletim regional, urbano e ambiental*, [s. l.], 2020.

SMITH, J.B.; RAGLAND, S.E.; PITTS, G.J. A process for evaluating anticipatory adaptation measures for climate change. *Water Air Soil Pollut* 92:229–238, 1996.

SMIT, B.; MCNABB, D.; SMITHERS, J. Agricultural adaptation to climatic variation. *Climatic Change*, v. 33, n. 1, p. 7–29, 1996.

SMIT, B.; BURTON, I.; KLEIN, R. J.; STREET, R. The Science of Adaptation: A Framework for Assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, v. 4, n. 3/4, p. 199–213, 1999.

SMIT, B.; BURTON, I.; KLEIN, R. J.; WANDEL, J. An Anatomy of Adaptation to Climate Change and Variability. *Climatic Change*, v. 45, n. 1, p. 223–251, 2000.

SOUZA FILHO, Francisco de Assis; DE ARAÚJO JÚNIOR, Luiz Martins; DA SILVA, Samiria Maria Oliveira; DE AQUINO, Sandra Helena Silva. Estratégia geral do planejamento proativo de seca. In: DE SOUZA FILHO, Francisco de Assis et al. Gestão Adaptativa do Risco Climático de Seca. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2019. Seção 6 - Planejamento de seca, p. 855-884, ISBN 978-85-420-1386-3.

STAKHIV, E. Evaluation of IPCC adaptation strategies. Institute for Water Resources, U.S. Army Corps of Engineers, draft report, Fort Belvoir, 1993.

UDMALE, Parmeshwar et al. Farmers' perception of drought impacts, local adaptation and administrative mitigation measures in Maharashtra State, India. International Journal of Disaster Risk Reduction, [s. l.], p. 1-20, 10 set. 2014.

VAN DUINEN, Rianne. Coping with drought risk: empirical analysis of farmers' drought adaptation in the south-west Netherlands. Reg Environmental Change, Netherlands, p. 1081-1093, 19 set. 2014.

VINUTO, Juliana. A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto. Temáticas, Campinas, v. 22, n. 44, p. 203-220, 2014.

XAVIER, Louise Caroline Peixoto; DA SILVA, Samiria Maria de Oliveira; DE SOUZA FILHO, Francisco de Assis. Os instrumentos de gestão das águas no Estado do Ceará. In: DE SOUZA FILHO, Francisco de Assis et al. Gestão Adaptativa do Risco Climático de Seca. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2019. cap. Seção 4 - Alocação de água e instrumentos de gestão, p. 495-508. ISBN 978-85-420-1386-3.

WILLIAMS, B. K.; SZARO, R. C.; SHAPIRO, C. D. Adaptive management: The U.S. Department of the interior technical guide. Adaptive Management Working Group, U.S. Department of the Interior, Washington, D. C. 2009.

WILHITE, D. A.; SVOBODA, M. D. Drought Early Warning Systems in the Context of Drought Preparedness and Mitigation. In: Donald A. Wilhite, M.V.K. Sivakumar and Deborah A. Wood (1st ed.). Early Warning Systems for Drought Preparedness and Drought Management. Proceedings of an Expert Group Meeting held in Lisbon, Portugal, 5-7 September 2000. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization, 2000.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M. H. Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. Water International, 10 (3), p. 111-120, 1985.

ZUO, M (1997) Development of water-saving dry-land farming. In: China Agriculture Yearbook 1996, English Edition. China, Agricultural Press, Beijing, China.