



*Universidade Federal da
Paraíba
Centro de Tecnologia*

em cotutela com a



*Universidade do Porto
Faculdade de Letras da
U.Porto*

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL
(DOUTORADO) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
&
DOUTORAMENTO EM GEOGRAFIA DA FACULDADE DE LETRAS DA
UNIVERSIDADE DO PORTO**

ELIAMIN EL DAN QUEIROZ ROSENDO

**VULNERABILIDADE À SECA NAS REGIÕES
SEMIÁRIDA BRASILEIRA E PORTUGUESA: UMA
AVALIAÇÃO BASEADA EM LÓGICA FUZZY**

ELIAMIN ELDAN QUEIROZ ROSENDO

**VULNERABILIDADE À SECA NAS REGIÕES SEMIÁRIDA BRASILEIRA E
PORTUGUESA: UMA AVALIAÇÃO BASEADA EM LÓGICA FUZZY**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba e ao Doutorado em Geografia da Faculdade de Letras da Universidade do Porto, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor.

Orientador na UFPB: Prof. Dr. Hamilcar José Almeida Filgueira

Orientadora na FLUP: Profa. Dra. Ana Maria Rodrigues Monteiro Sousa

João Pessoa – Paraíba

Julho 2019

R813v Rosendo, Eliamin Eldan Queiroz.

VULNERABILIDADE À SECA NAS REGIÕES SEMIÁRIDA BRASILEIRA
E PORTUGUESA: UMA AVALIAÇÃO BASEADA EM LÓGICA FUZZY /
Eliamin Eldan Queiroz Rosendo. - João Pessoa, 2019.
288 f. : il.

Orientação: Hamilcar José Almeida Filgueira, Ana Maria
Rodrigues Monteiro Sousa.

Tese (Doutorado) - UFPB/Tecnologia.

1. Seca, semiárido, vulnerabilidades, indicadores. I.
Filgueira, Hamilcar José Almeida. II. Sousa, Ana Maria
Rodrigues Monteiro. III. Título.

UFPB/BC

ELIAMIN ELDAN QUEIROZ ROSENDO

**VULNERABILIDADE À SECA NAS REGIÕES SEMIÁRIDA
BRASILEIRA E PORTUGUESA: UMA AVALIAÇÃO BASEADA EM
LÓGICA FUZZY**

Tese aprovada em 31/07/2019 como requisito para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba e obtenção do título de Doutor em Geografia pelo Doutorado em Geografia da Faculdade de Letras da Universidade do Porto.

BANCA EXAMINADORA:

Professor Dr. Hamilcar José Almeida Filgueira
Orientador - PPGECAM - UFPB

Professora Dra. Ana Maria Rodrigues Monteiro Sousa
Orientadora - FLUP/U.Porto

Professor Dr. Tarciso Cabral da Silva
Examinador Interno - PPGECAM - UFPB

Professor Dr. Celso Augusto Guimarães Santos
Examinador Interno - PPGECAM - UFPB

Professor Dr. Rodrigo Jorge Fonseca de Oliveira Maia
Examinador Externo - FEUP/U.Porto

Professor Dr. Bartolomeu Israel de Sousa
Examinador Externo - UFPB

Declaração de honra

Declaro que a presente tese é de minha autoria e não foi utilizado previamente noutro curso ou unidade curricular, desta ou de outra instituição. As referências a outros autores (afirmações, ideias, pensamentos) respeitam escrupulosamente as regras da atribuição, e encontram-se devidamente indicadas no texto e nas referências bibliográficas, de acordo com as normas de referência. Tenho consciência de que a prática de plágio e autoplágio constitui um ilícito acadêmico.

João Pessoa, 31 de julho de 2019

Eliamin Eldan Queiroz Rosendo

Aos meus queridos pais, irmão e noiva, que sempre acreditaram no meu potencial e me incentivaram até os dias de hoje... Dedico!

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus onipotente e a minha Digníssima Mãe Rainha pela inspiração, intercessão, ensinamentos e livramentos, que fizeram com que eu pudesse chegar ao fim desta mais nova conquista e por sempre serem minha fortaleza e o meu refúgio nos momentos mais difíceis.

A todos os meus familiares em especial meus pais (Raminha e Eli) que sempre me incentivaram nos momentos mais difíceis, fazendo com que eu não desanimasse frente às tribulações e obstáculos. Aos meus avós paternos José Rosendo e Maria Helena, vencedores das dificuldades impostas pelo semiárido paraibano. A minha noiva Walésia Martins, por todo apoio e compreensão nos momentos difíceis e de distância física.

A todos os amigos que ajudaram de maneira indireta na realização deste trabalho, em especial aos meus irmãos de Ordem Demolay e da Maçonaria, pela compreensão das muitas ausências, devido ao tempo dedicado a realização deste trabalho, e aos ensinamentos de vida por todos eles passados, através destas tão grandiosas e honrosas Ordens.

Ao professor e antes de tudo amigo Dr. Hamilcar José de Almeida Filgueira, pela orientação em mais um trabalho, pelos conselhos acadêmicos e de cunho pessoal, por ele prestados e pela constatare confiança em mim depositada.

Aos professores Dr. Tarciso Cabral da Silva, Dr Bartolomeu Israel de Sousa e Prof. Dr. Celso Augusto Guimarães Santos por fazerem parte da minha banca, pela constante ajuda nos trabalhos por mim realizados até a presente data e pela confiança depositada em minha pessoa.

A todos os professores, funcionários e alunos em especial a Marie Eugeni, Taysa Thamara, Jobson Dias, Raissa Borges, Samara Gonçalves e Victor Hugo que fazem parte do Laboratório de Recursos Hídricos e Engenharia Ambiental - LARHENA pela troca de conhecimentos e disponibilização de equipamentos e materiais.

Aos companheiros de pesquisa, Marcelo Henriques, Leandro Vaz, Ian Germoglio, Manuela Abath e Shayelli Abrantes bolsistas de Iniciação Científica (PIBIC) amigos e companheiros de trabalho, com quem pude compartilhar medos, indecisões e confissões e que muito me ajudaram na escolha dos rumos desta pesquisa, na procura incessante por dados, métodos e formas para que pudéssemos atingir nosso objetivo.

Ao meu amigo Murilo Dória, pela edição de algumas imagens presentes nessa tese.

Ao professor Prof. Dr. Juan Moises Mauricio Villanueva,, do Departamento de Engenharia Elétrica da UFPB, por nos introduzir no meio da lógica *fuzzy* e suas implicações.

Ao professor Dr. Cristiano das Neves Almeida ex-coordenador do PPGECAM pelo apoio e conselhos acadêmicos.

À Defesa Civil Estadual da Paraíba, na pessoa de seu Gerente Operacional, Antônio Cavalcanti de Brito.

Ao professor Dr. Rodrigo Jorge Fonseca de Oliveira Maia, meu primeiro contato em Portugal, por ter aceitado me orientar no período do Doutorado Sanduíche, por toda a receptividade e apoio.

A professora Dra. Ana Maria Rodrigues Monteiro Sousa, do doutoramento em Geografia da FLUP, por ter aceitado ser minha orientadora e ter ajudado a guiar-me aos meus objetivos em terras lusitanas.

Ao professor Dr. José Alberto Rio Fernandes ex-diretor do Doutoramento em Geografia pelo seu apoio e persistência que fez com o que todo o processo de Cotutela fosse alcançado.

A todos os funcionários da Faculdade de Letras da Universidade do Porto em especial a Carla Augusto e a Carla Amaral, por toda ajuda, empenho e profissionalismo em todos os trâmites do processo de matrícula e consolidação do acordo de Cotutela.

Aos meus colegas da Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente que muito me ajudaram e incentivaram em minhas pesquisas, ao Técnico Miguel Guerra, ao Mahdi Alemi, ao Tiago Ferradosa, ao Daniel Ruben, a Vanessa Ramos, a Ana Margarida, ao Arlon André, ao Aris Armaoglou, ao Hélder Magalhães, a Ana Cristina, a Cristina Silva e a Juliana Mendes.

A “malta” brasileira que a FEUP me deu: Baturra Filho, Carolina Ferreira, Paulo Manzur, Luciana Prazeres, Belisa Marinho, Jonathan Espindola e Gustavo Cunha.

Aos meus amigos Inalmar Segundo e sua esposa Gabriela Lacet que me acolheram como alguém da família e sem o seu apoio companheirismo na cidade do Porto, minha estada não teria sido a mesma.

Ao meu amigo e irmão José do Carmo que muito me ajudou em minha adaptação na Cidade do Porto e pelas tantas conversas e reflexões que tivemos.

Aos meus colegas de turma no doutoramento em Geografia na FLUP, Adilson Almeida, Jacques Manz, Josenete Cardoso e Rahfael Borges.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos tanto no Brasil quanto no exterior.

O meu sincero agradecimento a todos!

Chuva de honestidade

Quando o ronco feroz do carro pipa, cobre a força do aboio do vaqueiro

Quando o gado berrando no terreiro, se despede da vida do peão

Quando verde eu procuro pelo chão, não encontro mais nem mandacaru

Dá tristeza ter que viver no sul, pra morrer de saudades do sertão

Eu sei que a chuva é pouca e que o chão é quente

Mas, tem mão boba enganando a gente, secando o verde da irrigação

Não! Eu não quero enchentes de caridade, só quero chuva de honestidade

Molhando as terras do meu sertão

Eu pensei que tivesse resolvida, essa forma de vida tão medonha

Mas, ainda me matam de vergonha, os currais, coronéis e suas cercas

Eu pensei nunca mais sofrer da seca, no nordeste do século vinte e um

Onde até o voo troncho de um anum, fez progressos e teve evolução

Israel é mais seco que o nordeste, no entanto se investe de fartura

Dando força total a agricultura, faz brotar folha verde no deserto

Dá pra ver que o desmando aqui é certo, sobra voto, mas, falta competência

Pra tirar das cacimbas da ciência, água doce que regue a plantação

(Flávio Leandro)

RESUMO

As regiões semiáridas são caracterizadas por suas variações climáticas de alternância entre períodos com baixa pluviosidade e períodos com elevada precipitação. Esses locais, quando habitados, tornam-se palcos propícios à ocorrência de desastres. A presente investigação tem como objetivo analisar a vulnerabilidade socioambiental à seca das regiões semiárida brasileira e portuguesa, por meio de indicadores de vulnerabilidade. A aplicação dos indicadores de vulnerabilidade teve como foco aos anos de 2000 e 2010 no território brasileiro (municípios do semiárido paraibano) e 2000, 2004 e 2010 no território lusitano (municípios inseridos na Região da Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana). A metodologia utilizada consistiu na agregação de dados socioambientais das regiões alvos do estudo, utilizando-se dos pressupostos da teoria de conjuntos *fuzzy* e do seu tratamento matemático dado às incertezas envolvidas na análise de termos subjetivos, como é o caso da vulnerabilidade. O índice de vulnerabilidade foi obtido pela análise integrada de três indicadores: Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa. Os resultados para a região semiárida brasileira mostrou uma diminuição das vulnerabilidades da maioria dos municípios, tendo em vista as mudanças sociais e econômicas ocorridas entre os anos de 2000 e 2010, alguns municípios se destacaram, como por exemplo, o município de Princesa Isabel que reduziu sua vulnerabilidade de 0,646 para 0,322 em um espaço temporal de dez anos. Já O município de Cabaceiras, mesmo havendo melhorado seus resultados, apresentou os piores resultados em ambos os anos, (0,679 em 2000 e 0,646 em 2010). A evolução dos resultados da região semiárida portuguesa foi parecida com a da região semiárida brasileira, porém, mais discreta, tendo uma redução da vulnerabilidade na maioria dos municípios, no comparativo entre os anos de 2000 e 2010. Ao se computar os dados do ano de 2004, os resultados foram os mais vulneráveis dos três anos, tendo em vista a grande seca que a região esteve exposta, nos anos de 2004-2005. Após a obtenção dos resultados, em ambos os países, com o intuito de referendar os resultados, foi feito um estudo comparativo com diversas fontes históricas (como jornais, sites de pesquisa, bancos de dados sobre desastres e registros em pesquisas científicas) que relatavam a ocorrência e magnitude de eventos de seca. Para o Brasil, a análise quantitativa/qualitativa da recorrência de palavras-chave relacionadas à seca, em jornais, refletiu a diminuição da veiculação de notícias que versassem sobre a seca e suas intempéries com o passar dos anos. Além desse fator, para os dois países, foi analisado o interesse das pessoas que utilizaram o Google® como ferramenta de pesquisa para termos relacionados com a seca, em diferentes períodos. Acredita-se que o método empregado permitiu uma análise integrada dos fatores naturais e sociais, de ambas as regiões, e possibilitou uma análise pormenorizada dos aspectos da vulnerabilidade à seca em diferentes anos.

PALAVRAS-CHAVE: seca, semiárido, vulnerabilidades, indicadores.

ABSTRACT

The semi-arid regions are characterized by their alternating climatic variations between periods with low rainfall and periods with high precipitation. These places, when inhabited, become stages conducive to the occurrence of disasters. The present study aim to analyze the socioenvironmental vulnerability to drought in the Brazilian and Portuguese semiarid regions, using vulnerability indicators. The application of vulnerability indicators focuses on 2000 and 2010 in the Brazilian territory (municipalities of the semi-arid region of Paraíba) and 2000, 2004 and 2010 in the Lusitanian territory (municipalities in the Guadiana River Basin Region). The methodology used consisted of the aggregation of socio-environmental data from the target regions of the study, using the assumptions of fuzzy set theory and its mathematical treatment given the uncertainties involved in the analysis of subjective terms, such as vulnerability. The vulnerability index was obtained through the integrated analysis of three indicators: Exposure, Sensitivity and Adaptive Capability. The results in the Brazilian semi-arid region showed a decrease in the vulnerabilities of most municipalities, due to the social and economic changes that occurred between the years 2000 and 2010, some municipalities stood out, such as the municipality of Princesa Isabel, which reduced its vulnerability from 0.646 to 0.322 over a span of ten years. The municipality of Cabaceiras, although improving its results, presented the worst results in both years (0.679 in 2000 and 0.646 in 2010). The evolution of the results of the Portuguese semi-arid region was similar to that of the Brazilian semi-arid region, but discrete, with a reduction in vulnerability in most municipalities, comparing between 2000 and 2010. When computing the data for 2004, the results were the most vulnerable in the three years, due to the great drought that the region was exposed in the years 2004-2005. After the results were obtained, a comparative study was made with several historical sources (such as newspapers, research sites, databases of disasters and registries in scientific research) in both countries to report the results occurrence and magnitude of drought events. In Brazil, the quantitative/qualitative analysis of the recurrence of keywords related to drought in newspapers reflected the decrease in the number of news stories related to drought and its inclement weather over the years. In addition to this factor, the interest of people using Google® as a research tool for terms related to drought in different periods was analyzed for both countries. It is believed that the method employed allowed an integrated analysis of the natural and social factors of both regions and enabled a detailed analysis of the aspects of vulnerability to drought in different years.

KEYWORDS: drought, semi-arid, vulnerabilities, indicators.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE QUADROS.....	19
LISTA DE SIGLAS	20
1 INTRODUÇÃO.....	25
1.1. Importância e aplicabilidade do estudo	28
1.2. Hipótese.....	29
1.3. Objetivos	29
Objetivo geral	29
Objetivos específicos:.....	29
1.4. Estruturação da Tese	30
2 DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	32
2.1 Semiárido brasileiro	32
2.1.1 Municípios do estudo	33
2.2 Semiárido português.....	46
2.2.1 Concelhos do estudo	50
2.3 Caracterização histórica das principais secas em ambos os países	58
3 DISCUSSÃO TEÓRICO-CONCEITUAL.....	62
3.1 Seca	62
3.2 Conceitos em Gestão de Riscos e Desastres	66
3.2.1 Risco.....	66
3.2.2 Desastre.....	68
3.2.3 Ameaça.....	69
3.2.4 Vulnerabilidade	71
3.3 Indicadores e índices socioambientais	75
3.4 Lógica <i>Fuzzy</i> aplicada a indicadores de vulnerabilidade à seca.....	80
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	85
4.1 Procedimentos metodológicos.....	85
4.2 Adaptação dos indicadores de vulnerabilidade à seca.....	86
4.3 Anos alvo do estudo	88
4.4 Normalização de dados	88
4.5 Variáveis analisadas	89
4.5.1 Indicadores de Exposição:	89
4.5.2 Indicadores de Sensibilidade:.....	96
4.5.3 Indicadores de Capacidade Adaptativa:.....	102

4.6	Classificação dos resultados.....	107
4.7	Lógica <i>Fuzzy</i> aplicada a indicadores de vulnerabilidade à seca.....	108
4.7.1	Fuzzificação	109
4.7.2	Inferência <i>fuzzy</i>	116
4.7.3	Defuzzificação	117
4.7.4	Sistemática da agregação das variáveis	118
4.7.5	Cálculo computacional.....	118
4.8	Validação dos resultados	122
5	RESULTADOS	124
5.1	Resultados no Brasil.....	124
5.2	Resultados para o ano de 2000.....	124
5.2.1	Exposição dos Municípios	124
5.2.2	Sensibilidade dos Municípios	128
5.2.3	Capacidade Adaptativa dos Municípios.....	131
5.2.4	Vulnerabilidade dos Municípios	135
5.3	Resultados para o ano de 2010.....	139
5.3.1	Exposição dos municípios.....	139
5.3.2	Sensibilidade dos municípios.....	143
5.3.3	Capacidade Adaptativa dos Municípios.....	148
5.3.4	Vulnerabilidade dos Municípios	152
5.4	Resultados em Portugal	156
5.5	Resultados para o ano de 2000.....	156
5.5.1	Exposição dos Municípios	156
5.5.2	Sensibilidade dos Municípios	160
5.5.3	Capacidade Adaptativa dos Municípios.....	164
5.5.4	Vulnerabilidade dos Municípios	168
5.6	Resultados para o ano de 2004.....	172
5.6.1	Exposição dos Municípios	172
5.6.2	Sensibilidade dos Municípios	176
5.6.3	Capacidade Adaptativa dos Municípios.....	180
5.6.4	Vulnerabilidade dos Municípios	183
5.7	Resultados para o ano de 2010.....	187
5.7.1	Exposição dos Municípios	187
5.7.2	Sensibilidade dos Municípios	191
5.7.3	Capacidade Adaptativa dos Municípios.....	195

5.7.4	Vulnerabilidade dos Municípios	198
5.8	Validação dos resultados obtidos	202
5.8.1	Dados em artigos e livros científicos	202
5.8.2	EM-DAT	204
5.8.3	Google Trends	206
5.8.4	Acervo do jornal “Folha de São Paulo”	208
5.9	Comparativo entre os anos estudados, uma breve reflexão sobre avanços e regressos de uma década	214
5.9.1	Brasil	214
5.9.2	Portugal	218
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	220
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	223
	APÊNDICE I	240
	APÊNDICE II	245
	APÊNDICE III	252
	APÊNDICE IV	259
	ANEXO I	284
	ANEXO II	287

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo no Brasil	33
Figura 2 - Localização dos municípios de Cabaceiras, Picuí e Sumé, estado da Paraíba.....	34
Figura 3 - Açude Sumé com apenas 25,5% da sua capacidade total	38
Figura 4 - Perímetro irrigado de Sumé, abandonado	39
Figura 5 - Localização dos municípios de Patos e Princesa Isabel, estado da Paraíba.....	40
Figura 6 - Localização dos municípios de Cajazeiras e Sousa, estado da Paraíba	42
Figura 7 - Perímetro Irrigado de São Gonçalo	45
Figura 8 - Localização da Bacia hidrográfica do Rio Guadiana	46
Figura 9 - Rio Guadiana e seus principais afluentes e principais albufeiras.....	48
Figura 10 - Alguns usos do Reservatório do Alqueva, região do Alentejo português.....	49
Figura 11 - Localização dos concelhos inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana, segundo o NUTSIII.....	50
Figura 12 - Municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana em Portugal e os 10 municípios totalmente inseridos na bacia	51
Figura 13 - Concelhos do Alto Alentejo que fazem parte da BHRG, com destaque para o concelho de Campo Maior.....	52
Figura 14 - Concelhos do Alentejo Central que fazem parte da BHRG, com destaque para os concelhos totalmente incluídos	54
Figura 15 - Concelhos do Baixo Alentejo que fazem parte da BHRG, com destaque para os concelhos totalmente incluídos	56
Figura 16 - Concelhos do Algarve que fazem parte da BHRG, com destaque para o concelho de Alcoutim, totalmente incluído dentro dos limites da bacia hidrográfica	57
Figura 17 - Sistema Lógico <i>Fuzzy</i>	109
Figura 18 - Exemplo de sensação térmica sob a ótica da lógica binária clássica	110
Figura 19 - Exemplo de sensação térmica sob a ótica da lógica de raciocínio humano	110
Figura 20 - Exemplo dos conjuntos de sensações térmicas sob a ótica da lógica de conjuntos <i>fuzzy</i>	111
Figura 21 - Exemplo da intersecção dos conjuntos de sensações térmicas sob a ótica da lógica <i>fuzzy</i>	111
Figura 22 - Exemplos das principais funções de pertinência da lógica <i>fuzzy</i>	113
Figura 23 - Hierarquização e limites dos conjuntos <i>fuzzy</i> utilizados	114
Figura 24 - Variação dos limites dos conjuntos das variáveis de entrada do Indicador de Exposição	115
Figura 25 - Exemplo de defuzzificação pelo método do centróide	117
Figura 26 - Resultado da defuzzificação pelo método do centróide	118
Figura 27 - Diagrama da aplicação da lógica <i>fuzzy</i> no Brasil	120
Figura 28 - Diagrama da aplicação da lógica <i>fuzzy</i> em Portugal	121
Figura 29 - Exposição dos municípios paraibanos para o ano de 2000	125
Figura 30 - Gráficos de Exposição à seca para o ano 2000 dos municípios: Cabaceiras, Cajazeiras, Patos e Picuí.....	126
Figura 32 - Gráficos de Sensibilidade à seca para o ano 2000 dos municípios: Cabaceiras, Cajazeiras, Patos e Picuí	129

Figura 33 - Gráficos de Sensibilidade à seca para o ano 2000 dos municípios: Princesa Isabel, Sousa e Sumé.....	130
Figura 34- Sensibilidade dos municípios paraibanos para o ano de 2000	131
Figura 35- Capacidade Adaptativa dos municípios paraibanos para o ano de 2000.....	132
Figura 36 - Gráficos de Capacidade Adaptativa à seca para o ano 2000 dos municípios: Cabaceiras, Cajazeiras, Patos e Picuí	133
Figura 38- Vulnerabilidade dos municípios paraibanos para o ano de 2000	136
Figura 39 - Gráficos de Vulnerabilidade à seca para o ano 2000 dos municípios: Cabaceiras, Cajazeiras, Patos e Picuí	137
Figura 40 - Gráficos de Vulnerabilidade à seca para o ano 2000 dos municípios: Princesa Isabel, Sousa e Sumé	138
Figura 41- Exposição dos municípios paraibanos para o ano de 2010	140
Figura 42 - Gráficos de Exposição à seca para o ano 2010 dos municípios: Cabaceiras, Cajazeiras, Patos e Picuí.....	141
Figura 43- Gráficos de Exposição à seca para o ano 2010 dos municípios: Princesa Isabel, Sousa e Sumé.....	142
Figura 44- Sensibilidade à seca dos municípios paraibanos para o ano de 2010.....	145
Figura 45 - Gráficos de Sensibilidade à seca para o ano 2010 dos municípios: Cabaceiras, Cajazeiras, Patos e Picuí	146
Figura 47 - Capacidade Adaptativa à seca dos municípios paraibanos para o ano de 2010.....	149
Figura 48 - Gráficos de Capacidade Adaptativa à seca para o ano 2010 dos municípios: Cabaceiras, Cajazeiras, Patos e Picuí	150
Figura 49 - Gráficos de Capacidade Adaptativa à seca para o ano 2010 dos municípios: Princesa Isabel, Sousa, e Sumé.....	151
Figura 50 - Vulnerabilidade à seca dos municípios paraibanos para o ano de 2010	153
Figura 51 - Gráficos de Vulnerabilidade à seca para o ano 2010 dos municípios: Cabaceiras, Cajazeiras, Patos e Picuí	154
Figura 53 - Exposição dos municípios da BHRG para o ano de 2000.....	157
Figura 54 - Gráficos de Exposição à seca para o ano 2000 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola.....	158
Figura 55 - Gráficos de Exposição à seca para o ano 2000 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa	159
Figura 56- Sensibilidade dos municípios da BHRG para o ano de 2000.....	161
Figura 57 - Gráficos de sensibilidade à seca para o ano 2000 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola.....	162
Figura 58 - Gráficos de sensibilidade à seca para o ano 2000 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa	163
Figura 59 - Capacidade Adaptativa dos municípios da BHRG para o ano de 2000	165
Figura 60 - Gráficos de Capacidade Adaptativa à seca para o ano 2000 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola.....	166
Figura 62- Vulnerabilidade dos municípios da BHRG para o ano de 2000	169
Figura 63 - Gráficos de Vulnerabilidade à seca para o ano 2000 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola.....	170
Figura 64 - Gráficos de Vulnerabilidade à seca para o ano 2000 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa	171
Figura 65 - Exposição dos municípios da BHRG para o ano de 2004.....	173

Figura 66 - Gráficos de Exposição à seca para o ano 2004 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola.....	174
Figura 67 - Gráficos de Exposição à seca para o ano 2004 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa	175
Figura 68- Sensibilidade dos municípios da BHRG para o ano de 2004.....	177
Figura 69 - Gráficos de Sensibilidade à seca para o ano 2004 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola.....	178
Figura 71 - Capacidade Adaptativa dos municípios da BHRG para o ano de 2004.....	180
Figura 72 - Gráficos de Capacidade Adaptativa à seca para o ano 2004 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola.....	181
Figura 73 - Gráficos de Capacidade Adaptativa à seca para o ano 2004 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa.....	182
Figura 74- Vulnerabilidade dos municípios da BHRG para o ano de 2004	184
Figura 75 - Gráficos de Vulnerabilidade à seca para o ano 2004 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola.....	185
Figura 76 - Gráficos de Vulnerabilidade à seca para o ano 2004 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa	186
Figura 78 - Gráficos de Exposição à seca para o ano 2010 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola.....	189
Figura 79 - Gráficos de Exposição à seca para o ano 2004 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa	190
Figura 80 - Sensibilidade dos municípios da BHRG para o ano de 2010.....	192
Figura 81 - Gráficos de Sensibilidade à seca para o ano 2010 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola.....	193
Figura 82 - Gráficos de Sensibilidade à seca para o ano 2004 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa	194
Figura 83 - Capacidade Adaptativa dos municípios da BHRG para o ano de 2010.....	195
Figura 84 - Gráficos de Capacidade Adaptativa à seca para o ano 2010 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola.....	196
Figura 85 - Gráficos de Capacidade Adaptativa à seca para o ano 2004 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa.....	197
Figura 86- Vulnerabilidade dos municípios da BHRG para o ano de 2010	199
Figura 87 - Gráficos de Vulnerabilidade à seca para o ano 2010 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola.....	200
Figura 88 - Gráficos de Vulnerabilidade à seca para o ano 2004 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa	201
Figura 90 - Anos de secas na região semiárida portuguesa, segundo registros em pesquisas científicas	203
Figura 91 - Anos de secas na região semiárida brasileira, segundo o EM-DAT	205
Figura 92 - Anos de secas na região semiárida Portuguesa, segundo o EM-DAT	205
Figura 93 - Média anual de pesquisas, no Brasil. que continham os termos “Seca + Nordeste”, em “web” e “notícias”	207
Figura 94 - Média anual de pesquisas, no Brasil. que continham os termos “Seca + Nordeste”, em “web” e “notícias”	208
Figura 95 - Número de páginas que continham os termos “seca + nordeste” e “estiagem + nordeste” no jornal “Folha de São Paulo”	209

Figura 96 - Sobreposição dos dados referentes a ocorrências de secas registradas em pesquisas científicas, no EM-DAT e dos termos pesquisados no Google Trends e no jornal Folha de São Paulo	211
Figura 97 - Sobreposição dos dados referentes das ocorrências de secas registradas em pesquisas científicas e no EM-DAT e dos termos pesquisados no Google Trends	213
Figura 98 - Incidência das palavras “frente de emergência” em jornais de abrangência nacional ..	215

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Registro históricas das secas na Região Semiárida Brasileira.....	59
Quadro 2 - Registro históricos das secas na Região Semiárida de Portugal.....	60
Quadro 3 - Parâmetros de vulnerabilidade à seca de Rosendo (2014).....	86
Quadro 4 - Variáveis aplicadas na região semiárida brasileira.....	87
Quadro 5 - Variáveis aplicadas na região semiárida portuguesa.....	87
Quadro 6 - Classificação do Índice de Aridez.....	91
Quadro 7 - Classificação dos Indicadores de Exposição e Sensibilidade.....	107
Quadro 8 – Classificação do Indicador de Capacidade Adaptativa.....	108
Quadro 9 – Classificação do Índice de Vulnerabilidade.....	108
Quadro 10 - Indicadores de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa dos municípios brasileiros para o ano de 2000.....	135
Quadro 11 - Indicadores de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa dos municípios brasileiros o ano de 2010.....	152
Quadro 12 - Indicadores de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa dos municípios portugueses para o ano de 2000.....	168
Quadro 13 - Indicadores de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa dos municípios portugueses para o ano de 2004.....	183
Quadro 14 - Indicadores de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa dos municípios portugueses para o ano de 2010.....	198

LISTA DE SIGLAS

AESA: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

ARH: Área da Região Hidrográfica

ASSIBGE: Sindicato Nacional dos Trabalhadores em Fundações Públicas Federais de Geografia e Estatística

BHRG: Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana

BPC: Benefício de Prestação Continuada

CAGEPA: Companhia de Água e Esgoto da Paraíba

CCDR-ALGARVE: Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve

CEPED UFSC: Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade Federal de Santa Catarina

CPRM: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CRED: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters

DAESA: Departamento de Água, Esgoto e Saneamento Ambiental de Sousa

DNOCS: Departamento Nacional de Obras Conta a Seca

EAA: European Environment Agency

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EM-DAT: Emergency Events Database

ENOS: El Niño - Oscilação do Sul: FEUP: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

FLUP: Faculdade de Letras da Universidade do Porto

IA: Índice de Aridez

IAC: Índice de Anomalia de Chuva

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH: Índice de Desenvolvimento Humano

INAG: Instituto Nacional da Água

INE: Instituto Nacional de Estatística

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia

INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

IPCE: Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

IPEA: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IPEADATA: Sistema de armazenamento e disponibilização de dados do IPEA

IPMA: Instituto Português do Mar e da Atmosfera

ISDR: International Strategy for Disaster Reduction

LOAS: Lei Orgânica da Assistência Social

LMRS-PB: Laboratório de Meteorologia e Sensoriamento Remoto da Paraíba

MDS: Ministério do Desenvolvimento Social

Mfs: Membership functions (Funções de pertinência *fuzzy*)

MI: Ministro da Integração Nacional

MMA: Ministério do Meio Ambiente

MPS: Ministério da Previdência Social

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index

NUTS (I, II, III e IV): Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

ONU: Organização das Nações Unidas

OPAS: Organização Pan-americana de Saúde

P1+2: Programa Uma Terra e Duas Águas

P1MC: Programa Um Milhão de Cisternas **PAE-PB:** Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca do Estado da Paraíba

PAN-BRASIL: Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca no Brasil

PANCD: Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação

PB: Paraíba

PBF: Programa Bolsa Família

PDM: Planos Diretores Municipais

PDTNA: Plano de Desenvolvimento Territorial do Norte Alentejano

PIB: Produto Interno Bruto

PISG: Perímetro Irrigado de São Gonçalo

PIVAS: Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa

PMOT: Planos Municipais de Ordenamento do Território

PNUD: Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento

PORDATA: Base de Dados de Portugal Contemporâneo

PROT-ALGARVE: Plano Regional de Ordenamento do Território do Algarve

R\$: Real (moeda brasileira)

RMG: Rendimento Mínimo Garantido

RMV: Renda Mensal Vitalícia

RSB: Região Semiárida Brasileira

RSBHRG: Região Semiárida da Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana

RSISS: Rendimento Social de Inserção da Segurança Social

SAD69: South American Datum-1969

SCIENTEC: Associação para o Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia

SEMAR-PB: Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos recursos Hídricos e Minerais da Paraíba

SENAR: Serviço Nacional de Aprendizagem Rural

SIDRA: Sistema IBGE de Recuperação automática

SINAPRED: Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres – Nicaragua

SNIRH: Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

SPGS: Projecto Sistema de Previsão e Gestão de Seca

SubDef: Subsídio de bonificação por deficiência da Segurança Social

SubMV: Subsídio mensal vitalício da Segurança Social

SUDENE: Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

TM-Landsat-5: Thematic Mapper Landsat Remote Sensing-

UCLouvain: Université Catholique de Louvain

UFMG: Universidade Federal de Campina Grande

UFPB: Universidade Federal da Paraíba

UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina

UN: United Nations

UNDP: United Nations Development Programme

UNESCO: Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

UNISDR: United Nations International Strategy for Disaster Reduction

UP: Universidade do Porto

UTM: Universal Transversa de Mercator

WRI: *World Resources Institute*

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO



Aqui onde canto e ardo

*Aqui onde canto e ardo
entre papoulas e cardo.
Sete palmos de charneca
são o tamanho de um home
medido em anos de fome,
pesado em anos de seca,
esquecido que teve nome
e que, sendo a morte certa,
vida desta não é d'home,
vida desta não é d'home,
passarinho da charneca.*



*Passarinho da charneca
entrou na gaiola aberta.
Já tem os olhos cegados
para que cante melhor
que o dono não é cantor.
Traz os colmilhos cerrados
vontades de mandador
e porque é dos mal mandados
julga assim mandar melhor
nos que lhe estão sujeitados,
passarinho da charneca.*



*Criei o corpo comendo
desta terra da charneca
ao entrar na cova aberta.
Só estou pagando o que devo,
eu sou devedor à terra.
A terra me está devendo,
a terra me está devendo.
A terra paga-me em vida,
Eu pago à terra em morrendo,
eu pago à terra em morrendo,
passarinho da charneca.*

Fonte: Internet¹

Letra tradicional – Alentejana / **João Pedro Grabato Dias**

¹ Todas as referências das imagens apresentadas nas capas dos capítulos, encontram-se nas referências bibliográficas das imagens, na página 205.

1 INTRODUÇÃO

As terras áridas (*drylands*) são caracterizadas pela escassez de água, que afeta tanto os ecossistemas naturais quanto os antrópicos restringindo a produção agropecuária e agrícola (FAO, 2018). No mundo essas regiões cobrem 41,3% da área terrestre mundial (UN, 2011), onde vivem mais de dois bilhões de pessoas o que corresponde a, aproximadamente, um terço da população mundial. A definição de terras áridas é dada pelo *aridity index* ou em português Índice de Aridez (abaixo de 0,65).

Em 1979, a UNESCO utilizando o índice de aridez desenvolveu o Mapa Mundial das Zonas Áridas (UNESCO, 1979). Foram consideradas quatro classes ou graus de aridez: regiões hiperáridas - com índice de aridez menor que 0,05; regiões áridas - com índice de aridez entre 0,05 e 0,20; regiões semiáridas - com índice de aridez entre 0,20 e 0,50; e regiões subúmidas - com índice de aridez entre 0,50 e 0,65.

Dos quatro subtipos apresentados anteriormente, as regiões semiáridas são as que têm maior abrangência espacial, com 15,2% do território mundial, que por sua vez abriga 14,4% de toda a população mundial (UN, 2011). UNESCO (1979) afirma que as áreas semiáridas encontram-se distribuídas por seis dos sete continentes.

Segundo a Agência Europeia do Ambiente (*European Environment Agency*), no continente Europeu, as regiões semiáridas encontram-se inseridas, principalmente, em quatro países: Grécia, Itália, Espanha e Portugal (EEA, 2008).

Em Portugal, existem cinco regiões semiáridas: a primeira região encontra-se localizada ao Norte, inserida na bacia hidrográfica do rio Douro (Alto Douro); a segunda encontra-se inserida na região ao sul do rio Tejo; a terceira área pertence às regiões Sado e Mira; a quarta encontra-se inserida na região do Algarve; e a quinta e maior área compreende praticamente toda a parte portuguesa da bacia hidrográfica do Rio Guadiana (INAG, 1995).

Os índices de aridez são pouco maiores ou iguais a 0,50 no Alto Douro (01), Alentejo (02) e Sado e Mira (03), mas são menos de 0,50 na Região Semiárida da Bacia Hidrográfica do Rio do Guadiana (RSBHRG) (04) e na região semiárida do Algarve (05) (adaptado de INAG, 1995).

As RSBHRG e Algarve são as zonas mais problemáticas em termos de escassez hídrica, tanto nas águas de superfície como nas águas subterrâneas, ocasionando constantemente problemas de abastecimento doméstico de água (VIVAS; MAIA, 2006). Muito embora na bacia hidrográfica do Rio Guadiana a evapotranspiração potencial seja igual a 1.304 mm/ano, a precipitação é relativamente baixa, com menos de 600 mm/ano de precipitação média anual. Já na região do

Algarve, a precipitação média anual é igual a 653 mm, porém a evapotranspiração potencial é maior, chegando a 1.689 mm/ano (INAG, 1995).

Segundo Vivas e Maia (2006), a bacia Hidrográfica do rio Guadiana constitui uma das cinco bacias hidrográficas transfronteiriças, partilhadas entre Portugal e Espanha, representando 11,5% da área total da Península Ibérica e 5% dos recursos hídricos superficiais correspondentes.

Ainda segundo Vivas e Maia (2006), a parte portuguesa da bacia constitui-se em uma região regularmente atingida por situações de seca (responsáveis por grandes prejuízos, em particular no setor agrícola). Apresenta uma grande dependência, especialmente em situações extremas, dos volumes provenientes da parte espanhola, atendendo a sua natureza transfronteiriça e à grande capacidade de regulação do escoamento por parte de Espanha.

Segundo UNESCO (2010), dos 35 países que fazem parte da América Latina e Caribe somente quatro não possuem zonas áridas, são eles: Guiana Francesa, Suriname, Uruguai e Belize.

No Brasil, as zonas semiáridas e subúmidas abrangem, aproximadamente, 25% de todo o território nacional, o que corresponde a cerca de 30% de toda a superfície das “*Dry lands*” da América Latina e Caribe (UNESCO, 2010).

Segundo Ab’Sáber (2003), ao considerar outras regiões semiáridas do mundo, a Região Semiárida Brasileira (RSB) conta com uma “vantagem”: o seu índice de chuva anual varia entre 268 e 800 mm, enquanto que algumas regiões fora do território brasileiro apresentam uma média anual na ordem de 80 a 250 mm.

Rosendo (2014) ressaltou que muitas dessas outras regiões semiáridas do mundo, beneficiam-se por ter as quatro estações climáticas bem definidas (primavera, verão, outono e inverno), o que diminui consideravelmente o déficit hídrico através da evapotranspiração em alguns momentos do ano, diferente do que ocorre na RSB, onde as temperaturas são elevadas e constantes ao longo de todo o ano hidrológico, fazendo com que a evapotranspiração seja sempre alta, ocorrendo o domínio do déficit hídrico durante quase todo o ano.

Além dos 1.133 municípios que já faziam parte da delimitação anterior da RSB, em novembro de 2017, por meio da Resolução nº 115, foram incorporados outros 73 novos municípios a RSB, totalizando, assim, 1.262 municípios. Com essa atualização, a área classificada oficialmente como RSB aumentou de 982 563,3 km², para 1,03 milhão km², o que hoje compreende a 12% do território brasileiro (BRASIL, 2017c).

Em ambos os países (Brasil e Portugal), aqui caracterizados, muitos foram os trabalhos que se propuseram a quantificar e qualificar as secas em seu foco físico-climático. Porém, poucos foram os que desenvolveram um “olhar” que abrangesse também a seca como um evento socioeconômico e ambiental, sendo mais raros ainda, os trabalhos que tentaram quantificar e qualificar este aspecto.

A seca pode afetar diferentes tipos de usos d'água e normalmente afeta várias regiões ao mesmo tempo. Assim há uma necessidade de fazer uma comparação global da gravidade dos impactos da seca em diferentes usuários, regiões, e/ou situações, com o intuito de melhor ajudar os gestores públicos e privados na seleção de medidas de mitigação apropriadas, para cada caso (MAIA *et al.*, 2015).

Entende-se que situações conflituosas, decorrentes da interação entre a sociedade e a natureza, devem ser analisadas por meio de pesquisas consoantes com a geografia socioambiental do local e que explicitem a degradação de uma ou de ambas (MENDONÇA; KOZEL, 2004).

A caracterização de sistemas socioambientais complexos demanda abordagens multidisciplinares que englobem desde os aspectos físicos do meio ambiente, problemas sociais até a análise de políticas públicas em curso, objetivando achar uma solução para a problemática em questão. Neste sentido, este estudo utiliza uma abordagem de indicadores socioambientais que propõe tratar os problemas relacionados com a seca não somente sob o enfoque físico-climático, mas, principalmente, analisar os aspectos da vulnerabilidade a esse evento.

Atrelado aos avanços trazidos pela revolução técnico-científico-informacional (SANTOS, 2006) surgiu uma crescente aplicação da lógica matemática na integração de dados, o que se mostrou uma ferramenta de suporte eficaz no auxílio da tomada de decisão por parte dos gestores.

Ao se falar em lógica matemática clássica, refere-se comumente a lógica booleana ou tradicional ou bivalente que trata de problemas matemáticos assumindo sempre a possibilidade de existir apenas dois estados: verdadeiro (1) ou falso (0), ou seja, trabalha com modelos de raciocínio exato.

Entretanto, por diversas vezes, no âmbito da ciência e do cotidiano, é preciso lidar com informações que, por sua natureza, não podem ser representadas por valores numéricos precisos e apesar disso, precisa-se ter a habilidade de analisá-las para tomar-se decisões. São informações que, embora possam ser mensuradas, envolvem certo grau de incerteza e interpretação subjetiva, sujeitas a conclusões divergentes se verificadas por diferentes indivíduos.

Chiu e Park (1994) afirmaram que, conforme o grau de incerteza que um problema aumenta, a capacidade de descrição de um modelo para resolução do mesmo decresce. Assim sendo, fez-se necessário o surgimento de uma teoria que fornecesse subsídios para a resolução de problemas com alto grau de incerteza, sem que informações importantes se perdessem durante a manipulação dos dados por incapacidade do modelo matemático em lidar com a incerteza inerente ao mesmo.

Com a principal intenção de solucionar esse problema, a teoria de conjuntos *fuzzy* foi introduzida em 1965 pelo matemático nascido no Arzebajão, Lotfi Askar Zadeh, professor da Universidade de Berkley - Estados Unidos da América, objetivando dar um tratamento matemático

a certos termos linguísticos subjetivos, como “aproximadamente”, “em torno de”, dentre outros (ZADEH, 1965). Esse seria um primeiro passo no sentido de se pensar em um meio de programar e armazenar conceitos vagos em computadores, tornando possível a produção de cálculos com informações imprecisas, a exemplo do que faz o raciocínio humano.

A lógica *fuzzy* é definida por Cox (1995) como sendo capaz de combinar a imprecisão associada aos eventos naturais e o poder computacional das máquinas para produzir sistemas de resposta inteligentes, robustos e flexíveis.

Segundo Gudwin e Gomide (1994), a modelagem e o controle *fuzzy* de sistemas são técnicas para o tratamento de informações qualitativas que, de uma forma mais rigorosa, podem ser aceitos como a melhor maneira de representação do raciocínio humano.

O controle *fuzzy* tem a capacidade de considerar vários critérios de desempenho simultaneamente, tanto na forma matemática como na forma linguística, além das vantagens decorrentes do fato de ser uma tecnologia de fácil implementação em tempo real em aplicações práticas e de ser capaz de controlar processos complexos como é o caso da vulnerabilidade humana às diversas ameaças naturais ou não.

Em função do exposto e na esperança de que um maior conhecimento possa ajudar a construir coletivamente melhores respostas aos desafios que a seca e pobreza tem colocado para ambos os países e seus gestores, é que este trabalho está foi realizado.

Espera-se que trabalhos com este foco possam contribuir como um instrumento orientador para os gestores públicos e tomadores de decisão, no sentido de incrementar as ações e investimentos nas áreas diagnosticadas como mais vulneráveis a estiagens prolongadas.

1.1. Importância e aplicabilidade do estudo

Este trabalho apresenta como contribuição ao desenvolvimento de indicadores, um estudo da condição da vulnerabilidade socioambiental em regiões semiáridas de dois países: Brasil e Portugal, isto feito por meio da utilização de indicadores de vulnerabilidade à seca. Indicadores estes que analisam diversas temáticas importantes na gestão de riscos e desastres relacionados às secas e estiagens.

Esta pesquisa apresenta o grau de Exposição (Características das secas, População exposta ao fenômeno e Exposição das atividades), Sensibilidade (Sensibilidade Socioeconômica, Sensibilidade das Tecnologias e Sensibilidade das Atividades) e Capacidade Adaptativa (Capacidade humana, Governabilidade e Meios de vida), realçando, assim, os pontos fortes e fracos de cada grupo temático estudado.

O foco principal da utilização destes indicadores foi investigar quais áreas da gestão de riscos encontram-se mais deficientes e assim, dar subsídios para a gestão eficaz destes riscos. Além do mais, este estudo busca incentivar projetos e/ou programas de gestão e manejo, compatíveis com as especificidades locais e com a cultura de cada população, objetivando melhorar os métodos de convivência com a seca e suas intempéries. Desta forma, o Poder Público pode fortalecer as medidas de proteção e prevenção frente às vulnerabilidades e ao fenômeno da seca com alternativas menos dispendiosas e mais eficazes.

1.2. Hipótese

Os danos causados pelas ameaças climatológicas extremas, tais como as secas, não estão relacionadas única e exclusivamente aos fatores climatológicos em si, mas principalmente às vulnerabilidades socioambientais em que a população residente encontra-se inserida.

1.3. Objetivos

Objetivo geral

- Desenvolver e aplicar indicadores de vulnerabilidades à seca, com enfoque ambiental, social e econômico em municípios das regiões semiárida brasileira e portuguesa.

Objetivos específicos:

- Adaptar e aplicar indicadores de vulnerabilidade socioeconômica e ambiental à seca em regiões semiáridas;
- Analisar, comparar e interpretar os dados e resultados obtidos por meio da aplicação dos indicadores nas áreas focos do estudo;
- Propor medidas e ações administrativas para a atenuação dos efeitos da seca e o convívio com ela.

1.4. Estruturação da Tese

Esta tese encontra-se estruturada da seguinte forma: no primeiro capítulo (*Introdução*) relatou-se uma contextualização abrangendo o tema em análise, como também foram estabelecidos os objetivos que se pretende alcançar com este trabalho e a importância deste estudo. As características fisiográficas da área de estudo estão enfocadas no segundo capítulo (*Caracterização da Área de Estudo*). No terceiro capítulo (*Discussão teórica-conceitual*) estão apresentados os conceitos a respeito da gestão de risco e desastres em geral e diversas definições sobre os tipos de seca, utilização de indicadores ambientais como ferramentas de estudo, algumas experiências já realizadas com indicadores de vulnerabilidade à seca e uma breve introdução à metodologia escolhida. No quarto capítulo (*Materiais e Métodos*), está explicada a metodologia e descrição das etapas metodológicas utilizadas para atingir os objetivos propostos no capítulo 1. O quinto capítulo (*Resultados e Discussões*) constitui-se dos resultados e discussões a respeito da aplicação dos indicadores, fazendo uma análise comparativa entre os municípios alvos do trabalho e entre os dados documentados para a época analisada. Finalmente no sexto capítulo (*Conclusões e Recomendações*) estão apresentadas as considerações acerca dos resultados obtidos durante a pesquisa, evidenciando a importância da realização do trabalho e deixando algumas recomendações para estudos e ações futuras.

CAPÍTULO II

DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO



Fonte: Internet

2 DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

No presente capítulo é feita uma breve caracterização das regiões semiáridas: brasileira e portuguesa e dos municípios que foram considerados como unidade de estudo e planejamento.

Ressalta-se que atrelado ao planejamento de gestão de recursos hídricos em nível de bacia hidrográfica, neste estudo, optou-se pela utilização do município/concelho² como unidade de planejamento e gestão de vulnerabilidades, devido aos decretos e leis vigentes em ambos os países, que versam sobre os Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT) em Portugal³ e no Brasil⁴ os Planos Diretores Municipais (PDM), instrumentos esses, de responsabilidade municipal, e que devem gerir a gestão dos territórios e suas vulnerabilidades como um todo.

2.1 Semiárido brasileiro

Os sete municípios estudados na RSB encontram-se distribuídos por toda região semiárida paraibana abrangendo três das quatro regiões intermediárias da Paraíba, sendo os municípios de Cabaceiras, Picuí e Sumé localizados na Região Intermediária de Campina Grande (Figura 1). Os municípios de Patos e Princesa Isabel estão inseridos na Região Intermediária de Patos e os municípios de Sousa e Cajazeiras estão localizados na região intermediária de Sousa-Cajazeiras. (IBGE, 2017).

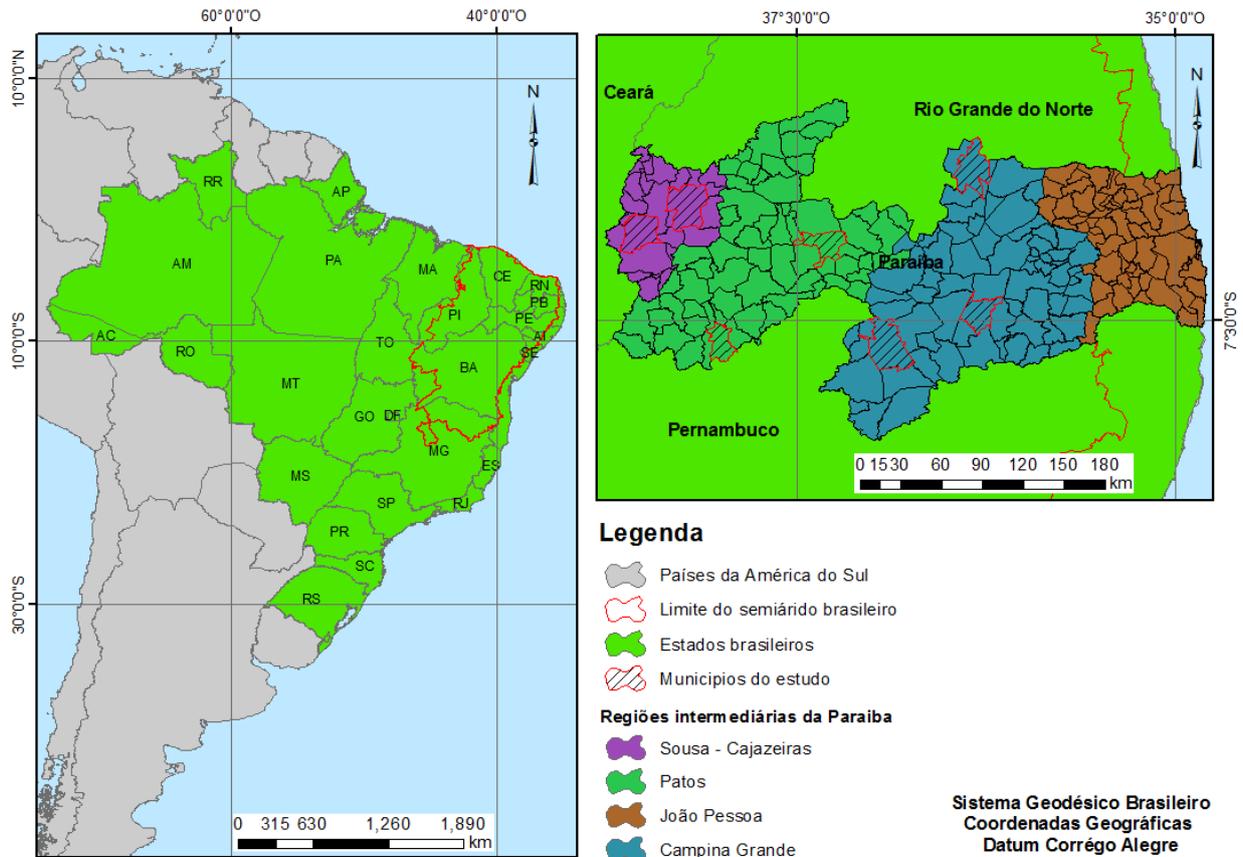
A escolha dessas áreas se deu em virtude de se tratarem de municípios que polarizam outros no seu entorno, principalmente em relação à influência econômica ou algumas características particulares, como baixíssimas precipitações e altas taxas evaporimétricas. Os municípios encontram-se distribuídos espacialmente de forma que abrangem a porção do semiárido paraibano, que mais sofre com os efeitos das secas. Além disso, apresentam características distintas que permitiram uma visão holística da vulnerabilidade à seca da região.

²Em Portugal, as divisões territoriais municipais podem assumir duas nomenclaturas, são elas: municípios propriamente ditos, igual são nomeados atualmente no Brasil, ou ainda podem ser chamados de Concelhos, igual são nomeados em Cabo Verde.

³Decreto-lei n.º 69/90 de 2 de maio, Decreto-Lei n.º 380/99, de 22 de setembro, o Decreto-Lei n.º 310/2003, de 10 de dezembro e o Decreto-Lei n.º 316/2007, de 19 de setembro que originou um incremento significativo na responsabilização das Câmaras Municipais pelas suas opções em matéria de ordenamento do território e urbanismo.

⁴A Lei Federal n.º 10.257, de 10 de julho de 2001 que regulamentou os artigos 182 e 183 da Constituição da República do Brasil, também conhecida como “Estatuto da Cidade”.

Figura 1 - Localização da área de estudo no Brasil



Fonte: elaboração do autor, 2019

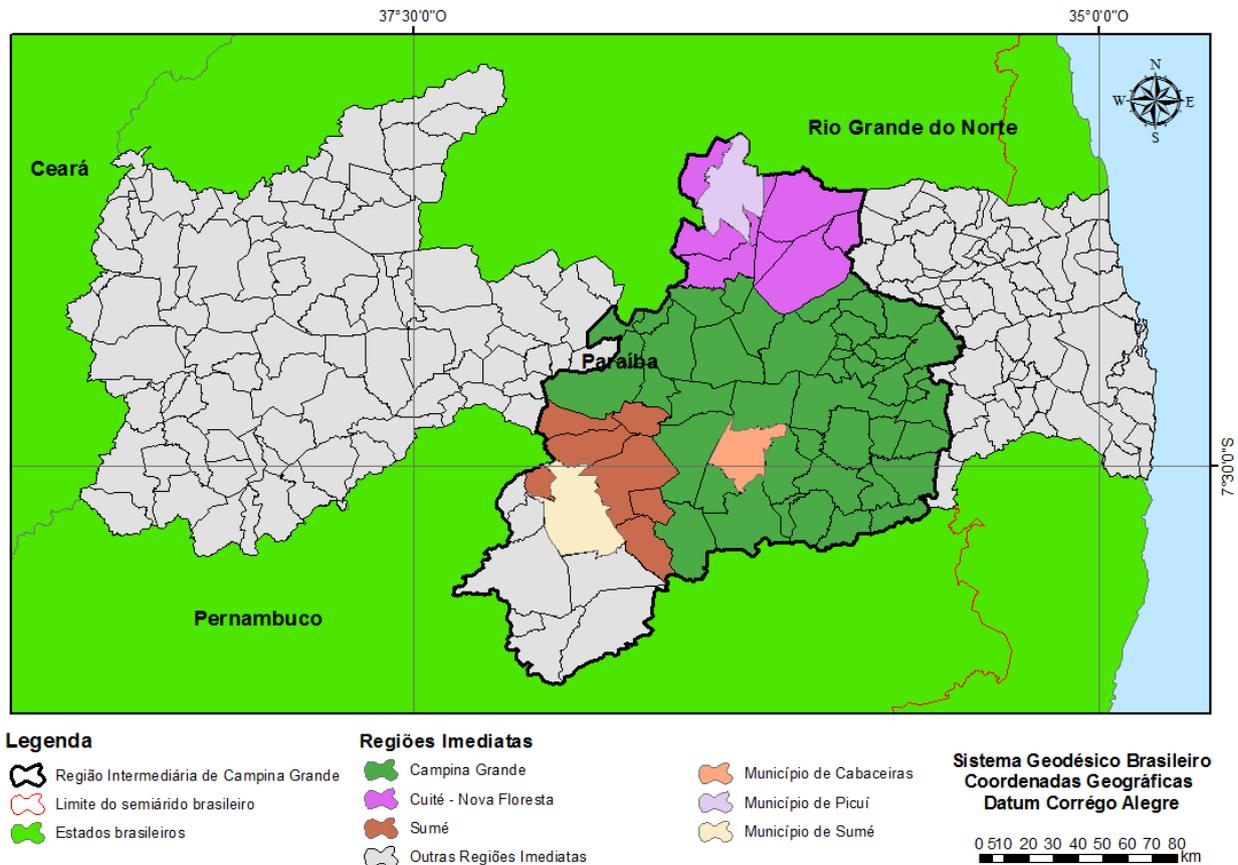
2.1.1 Municípios do estudo

Além da divisão Geográfica do Estado da Paraíba anteriormente apresentada (Regiões intermediárias), há ainda outra subdivisão mais detalhada que compreende as 15 Regiões Geográficas Imediatas. (IBGE, 2017).

Municípios da Região Intermediária de Campina Grande

O município de Cabaceiras tem área de 452 km² e apresenta uma população de 5.035 habitantes, com densidade demográfica de 11,12 habitantes/km² (BRASIL, 2010). Está localizado na Região Intermediária de Campina Grande e mais precisamente na Região Imediata de mesmo nome, limitando-se com os municípios de São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (Figura 2). A sede do município tem uma altitude aproximada de 388 metros e encontra-se distante 163 km da capital.

Figura 2 - Localização dos municípios de Cabaceiras, Picuí e Sumé, estado da Paraíba



Fonte: elaboração do autor, 2019

De acordo com a classificação climática de Thornthwaite, o clima é do tipo $C_1S_2A'a'$, seco e subúmido com deficiência relativa ao índice de aridez e grande excesso hídrico no inverno relativo ao Índice de Umidade, Megatérmico, Índice de Concentração da Eficiência Térmica no Verão menor que 48% (FRANCISCO; SANTOS, 2017).

Com relação aos recursos hídricos, o município de Cabaceiras encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do rio Paraíba, região do Alto Paraíba. Seus principais cursos de água são os rios Taperoá, Paraíba e Boa Vista, e os riachos do Pombo, Gangorra, Pocinhos, da Varjota, do Tanque, Fundos, Algoduais, do Junco e Macambira.

O rio principal é o rio Taperoá, que converge suas águas para o açude Presidente Epitácio Pessoa, conhecido popularmente por Açude de Boqueirão. A maior parte deste açude situa-se no município de Boqueirão-PB. Todos os cursos de água têm regime de escoamento intermitente e o padrão de drenagem é o dentrítico (CPRM, 2005a; ROSENDO *et al.*, 2014).

Quanto à vegetação, o município apresenta-se com predominância de caatinga arbustiva, típica das regiões mais áridas do Nordeste, com cactos e arbustos típicos, como xiquexique, coroa-de-frade, juazeiro, umbuzeiro, jurema, entre outras (MONTEIRO, 2011).

Sobre a economia do município, Rosendo et al. (2014) afirmam que, por apresentar baixas precipitações, sua economia torna-se deficitária, predominantemente voltada para a criação de caprinos de leite e corte e mais recentemente há um incentivo ao turismo rural e ao artesanato.

O município de Picuí também encontra-se localizado na Região Intermediária de Campina Grande, na porção norte do Estado, mais precisamente na Região Imediata de Cuité-Nova Floresta (Figura 2), com uma área de 693,20 km², ocupa 1,23% do território do Estado. Limita-se ao norte e a nordeste com o estado do Rio Grande do Norte, ao sul com o município de Nova Palmeira, a leste com os municípios de Baraúnas, Cuité e Nova Palmeira e a Oeste, com o município de Frei Martinho e o Estado do Rio Grande do Norte. O município possui uma população total de 18.222 habitantes (BRASIL, 2010) e é caracterizada como polo de desenvolvimento local.

Segundo a classificação de Thornthwaite o clima predominante na município é do tipo C₁S₂A'a', seco e subúmido com grande deficiência relativa ao Índice de Aridez e grande excesso hídrico no inverno relativo ao Índice de Umidade, Megatérmico, Índice de Concentração da Eficiência Térmica no Verão menor que 48% (FRANCISCO; SANTOS, 2017).

A precipitação predominante em Picuí fica abaixo de 600 mm/ano. Nessa região as chuvas sofrem influência das massas Atlânticas de Sudeste e do Norte (FRANCISCO; SANTOS, 2017).

Nessa região, como um todo, predomina o bioma Caatinga, o qual tem atravessado um amplo processo de degradação ambiental por meio da desertificação do seu solo e vegetação, que paulatinamente está sendo agravada pelas práticas agrícolas irregulares, extração vegetal desenfreada e mineração.

O município de Picuí destaca-se como um centro de comércio de minério. A porção oriental do Seridó, que se estende de Picuí até Juazeirinho, sobressai por apresentar a maior concentração de ocorrências de minerais de pegmatito do estado. Distingue-se, sobretudo, a tantalita, a columbita, a cassiterita e o berilo, cujo maior número de jazidas encontra-se localizado nos municípios de Frei Martinho, Picuí, Pedra Lavrada, Nova Palmeira e Juazeirinho (SILVA, 2002).

Silva (2002) ainda afirma que a mineração cresce em importância, sobretudo durante as secas, quando o garimpo passa a ser uma alternativa de trabalho regional, desempenhando importante papel na fixação da população no município.

Segundo CPRM (2005d), Picuí encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do rio Piranhas, sub-bacia do rio Seridó. Seus principais tributários são os rios Picuí, Letreiro e da Passagem, além dos riachos Quixaba, Carrapateira, da Serrinha, da Pimenteira, Pimenta, Malhada

do Rancho, da Torre, da Grotta Funda, da Serra da Lagoa, Saco do Jirau, do Juazeiro, do Medo, Olho d' Água, e da Várzea Grande, entre outros.

Todos os cursos d'água têm regime de escoamento intermitente e padrão de drenagem dendrítico. Os principais corpos de acumulação no município são os açudes Várzea Grande, Caraibeiras, Conceição, do Dedo, Carrapato, Picuí e da Jurema, além das lagoas: do Canto, do Deserto, Cercada, do Junco e de Montevideu.

A área urbana é atendida pela Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA), que para isso, se utiliza das águas do açude Várzea Grande (localizado no município de Picuí). Este açude é responsável pelo abastecimento das cidades de Picuí, Baraúnas e Frei Martinho.

A economia do município está concentrada em duas grandes atividades: o trabalho rural e o trabalho no setor público municipal. Há ainda a atividade econômica da mineração por garimpagem, que é desenvolvida em estágio incipiente, de forma exploratória e informal. Essa atividade vem se expandindo a cada ano, e sempre atingindo novas áreas antes não exploradas, sem a promoção da sustentabilidade do local (ROSENDO, 2014).

No município de Picuí, estima-se que a exploração dos recursos naturais tenha aumentado paulatinamente nos últimos anos, o que tem provocado o aumento de áreas com solos desnudos e, segundo observações de Santos et al. (2013), uma maior amplitude térmica diária, que caracteriza as áreas em processo de desertificação.

Segundo Santos et al. (2013), o aumento de áreas em processo de desertificação e a diminuição das áreas verdes e cultiváveis trazem graves consequências à população rural localizada nas comunidades de base agroecológica do município de Picuí, que necessita muitas vezes se deslocar para o centro urbanizado, fugindo da realidade da seca, deixando suas propriedades rurais abandonadas e sem nenhuma estratégia para recuperação de áreas degradadas.

O município de Sumé possui uma área aproximada de 850,27 km², representando 1,53% da área do estado da Paraíba. Sendo o terceiro município localizado na Região Intermediária de Campina Grande e na Região Imediata de Sumé (Figura 2) tendo em vista a importância do município na região. Ao noroeste limita-se com o estado de Pernambuco; ao sul com os municípios paraibanos de Camalaú e Monteiro; a leste com os municípios de Serra Branca e Congo e a oeste com os municípios de Ouro Velho, Prata, Amparo e Monteiro.

Segundo a classificação de Thornthwaite, o clima predominante no município é do tipo C₁S₂A'a', seco e subúmido com grande deficiência relativa ao Índice de Aridez e grande excesso hídrico no inverno relativo ao Índice de Umidade, Megatérmico, Índice de Concentração da Eficiência Térmica no Verão menor que 48% (FRANCISCO; SANTOS, 2017).

Os dados de precipitação pluviométrica média da região indicam valores entre 550 e 600 mm, distribuídos entre janeiro e junho, com maior concentração nos meses de fevereiro a abril, verificando-se uma nítida estação seca no período de julho a dezembro. Os valores da precipitação diária com período de retorno em 1, 10 e 100 anos são 63, 106 e 152 mm, respectivamente (SEMAR-PB/LMRS-PB, 1999)

Segundo Moura (2002), outras características climáticas do município de Sumé são: precipitação média anual de 511,5 mm, temperatura média anual de 22,8 °C, evapotranspiração média anual de 1.135,0 mm, deficiência hídrica média anual de 623,5 mm, índice hídrico de Thornthwaite igual a -33 e índice de aridez de Thornthwait igual a 0,45.

Em Sumé predomina a Caatinga hiperxerófila densa, própria dos Cariris Velhos característica de uma máxima adaptação dos vegetais à carência hídrica. Segundo Moura (2002), a área do município de Sumé encerra rochas do Pré-Cambriano Indiviso e sedimentos recentes do Período Quaternário. O Pré-Cambriano indiviso está representado pelas rochas das formações Rochas Granitóides e Complexo Gnáissico-Migmatítico.

As rochas granitóides estão representadas por granitos, agrupados em três tipos: a norte e a nordeste predomina um granito de textura fanerítica, melanocrático, onde dominam o quartzo e minerais escuros; na parte central desenvolve-se um granito porfiróide, de composição semelhante ao primeiro; ao sul ocorre um granito sódico, com grandes cristais de feldspato alcalino (COSTA, 1963 apud MOURA, 2002).

Já o Complexo Gnáissico-Migmatítico na região é caracterizado por uma variação muito grande dos gnaisses, podendo ocorrer tanto o paragnaisse como o ortognaisse. Além disso, são também encontrados filitos e xistos.

As principais classes de solos encontradas na área, de acordo com o levantamento exploratório realizado por Brasil (1972)⁵, são Argissolo, Luvissolo Crômico Ortico, Neossolo Litólico, Planossolo Nátrico, Neossolo Flúvico e Planossolo Solódico.

O principal rio do município é o Sucuru que nasce na serra dos Cariris Velhos, a 5 km de distância da cidade de Ouro Velho, mantendo a direção oeste/leste. Antes da sede do município ele é interrompido no seu curso pela barragem do açude Sumé (Figura 3), que tinha uma capacidade máxima de armazenamento de 45 milhões de m³, correspondente a um espelho d'água máximo com área de 7.80 km² (MOURA, 2002). Atualmente, a sua capacidade foi reduzida devido ao assoreamento, enfrentando ainda outros problemas, como a redução das chuvas e a construção de açudes a montante.

⁵ Nomenclatura atualizada para EMBRAPA (1999).

Figura 3 - Açude Sumé com apenas 25,5% da sua capacidade total



Fonte: fotografia do autor, em 23 de setembro de 2013; dados de volume fornecidos pela AESA (2017).

Segundo Gomes (2000), a bacia hidrográfica do rio Sucuru é formada pelos principais afluentes: riacho Pedra Comprida, Olho D'água dos Caboclos, Olho D'água de Cima, Mandacaru, Oitis e Cachoeira. São cursos d'água de importância, os riachos das Craibeiras, Lagoa da Cruz, Feijão, Pinhões, Carnaúba, riacho das Carnaúbas, riacho das Cinco Vacas, riacho Olho D'água, riacho Pedra da Costa e riacho Felipe.

A produção agropecuária já foi a principal atividade econômica do município, onde predominaram as culturas de algodão, tomate, milho, feijão e pecuária. Tendo sido prejudicada nas últimas décadas em decorrência das baixas precipitações pluviométricas e pela degradação dos solos e diminuição dos recursos hídricos. A agricultura baixou o nível de seus rendimentos, deixando ao longo desses anos saldos menores do que os observados em décadas passadas. Na pecuária, a bovinocultura vem sendo substituída pela criação de gado considerado mais rústico diante das condições de semiárido (MOURA, 2002).

Sobre essa decadência da agropecuária no município de Sumé, Moraes Neto (2003) já afirmava que essa é uma das áreas que há mais de 10 anos vinha sendo acometida pelo desastre da seca, pois a falta de um planejamento adequado do uso das águas pelo poder público aliado a baixa pluviosidade, foram responsáveis pelo colapso total do açude de Sumé. Acarretando o fechamento

do perímetro irrigado existente⁶ e o abandono das terras, que se encontram em um franco processo de degradação, tanto física como química (salinização), com riscos a desenvolvimento de núcleos de desertificação (Figura 4). Este fato foi constatado através da realização de trabalhos de campo no município e através de conversas informais com antigos produtores do perímetro irrigado de Sumé.

Figura 4 - Perímetro irrigado de Sumé, abandonado



Fonte: fotografia do autor, 23 de setembro de 2018.

Os setores terciários e secundários são os que absorvem maior contingente de mão de obra no município, principalmente pessoas ligadas ao setor público e a iniciativa privada. Esses setores da economia têm conseguido manter suas atividades, contribuindo com a economia local, porém não conseguindo alavancá-la.

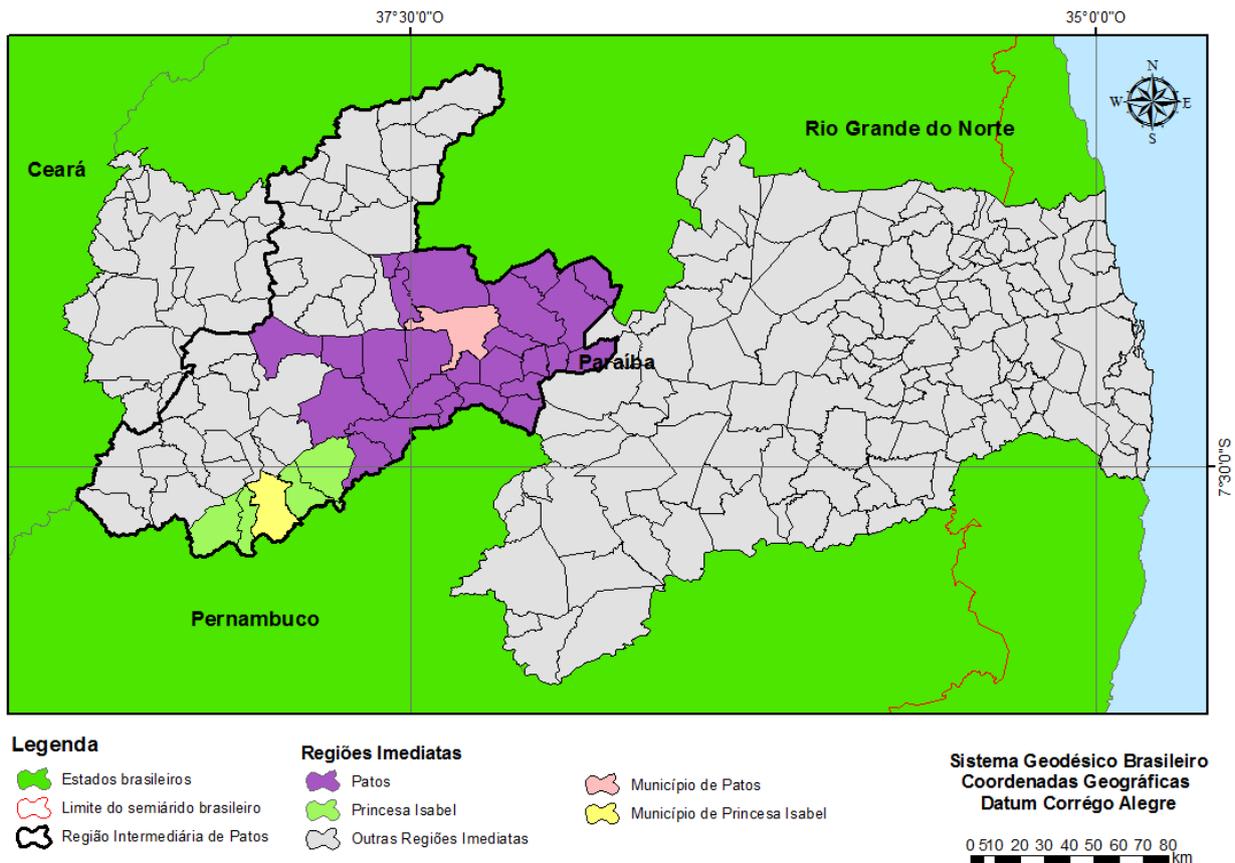
Segundo Moraes Neto (2003), as frequentes secas ocasionaram consequências negativas à sociedade de Sumé, levando o município a decretar estado de calamidade pública por várias vezes. Isso fez com que o governo municipal e a sociedade civil empreendessem ações voltadas ao combate das consequências mais dramáticas do "desastre da seca". Desta forma, criaram-se programas de caráter emergencial e paliativos de combate à fome e a miséria, como distribuição de cestas de alimentos e sopão comunitário diariamente.

⁶ O perímetro irrigado de Sumé fica localizado ao lado da barragem do açude de Sumé, e em 2013 encontrava-se completamente abandonado, como se pode ver na imagem.

Municípios da Região Intermediária de Patos

O município de Patos está localizado na Região Imediata de Patos, porção central do semiárido paraibano (Figura 5). Segundo o BRASIL (2010), a sede do município fica a 245 m de altitude em relação ao nível do mar, distando cerca de 310 km da capital do Estado.

Figura 5 - Localização dos municípios de Patos e Princesa Isabel, estado da Paraíba



Fonte: elaboração do autor, 2018.

O município apresenta uma posição geográfica privilegiada que lhe proporciona uma importância singular, isso explica a nomenclatura dada a Região Intermediária e a Região Imediata em que se encontra. O município de Patos limita-se, ao norte com o município de São José de Espinharas, ao sul com São José do Bonfim, a leste com São Mamede e a oeste com Santa Terezinha (CPRM, 2005c). Possui uma área de, aproximadamente, 472 km² e segundo o último censo demográfico apresentava uma população de 100.674 habitantes, com densidade demográfica de 212,82 habitantes/km², o que o classifica como o quarto maior município em população da Paraíba (BRASIL, 2010).

O município apresenta solos, na sua maioria, rasos, pedregosos e fortemente condicionados pela rocha-mãe, em função das condições da semiaridez e por apresentar uma cobertura vegetal pouco densa e caducifólia que favorece a ação mecânica do escoamento difuso (CAVALCANTE, 2008).

De acordo com Brasil (1972)⁷ Patos apresenta dois tipos de solos: Luvissole e Neossolo, sendo os Luvissole o tipo de maior predominância no município.

O município de Patos apresenta vegetação de caatinga dominada por plantas de pequeno porte, temperatura média anual superior a 18 °C e precipitação pluvial máxima ocorrendo entre o final do verão e o outono.

Segundo a classificação de Thornthwaite o clima predominante na região é do tipo $C_1S_2A'a'$, seco e subúmido com grande deficiência relativa ao Índice de Aridez e grande excesso hídrico no inverno relativo ao Índice de Umidade, Megatérmico, Índice de Concentração da Eficiência Térmica no Verão menor que 48% (FRANCISCO; SANTOS, 2017).

Com relação aos recursos hídricos, o município de Patos está inserido na bacia hidrográfica do Rio Piranhas, na sub-bacia do Rio Espinharas. O município conta com o rio Espinharas, os açudes Jatobá I e da Farinha, e também com o açude da Capoeira na cidade de Santa Terezinha para abastecê-lo. Os açudes Farinha e Jatobá I, são monitorados pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs, 2017).

O município de Princesa Isabel também está localizado na Região Imediata de Patos e na Região Imediata de Princesa Isabel, polarizando os municípios vizinhos (Figura 5). Encontra-se localizado a 680 m acima do nível do mar, possui uma área de, aproximadamente, 367 km² e segundo o último censo demográfico realizado em 2010 apresentava uma população de 21.283 habitantes, com densidade demográfica de 57,84 habitantes/km² (BRASIL, 2010).

A vegetação é de pequeno porte, típica de caatinga xerofítica, onde se destacam a presença de cactáceas, arbustos e árvores de pequeno a médio porte (CPRM, 2005e). Os solos são resultantes da desagregação e decomposição das rochas cristalinas do embasamento, sendo em sua maioria do tipo Luvissole e Latossolo (EMBRABA, 2009).

O município de Princesa Isabel, de acordo com a classificação de Thornthwaite encontra-se inserido no tipo climático é o $C_1S_2A'a'$ seco e subúmido com grande deficiência relativa ao Índice de Aridez e grande excesso hídrico no inverno relativo ao Índice de Umidade, Megatérmico, Índice de Concentração da Eficiência Térmica no Verão menor que 48% (FRANCISCO; SANTOS, 2017).

Com relação aos recursos hídricos, o município de Princesa Isabel encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do rio Piranhas, sub-bacia do rio Piancó. Seus principais riachos são

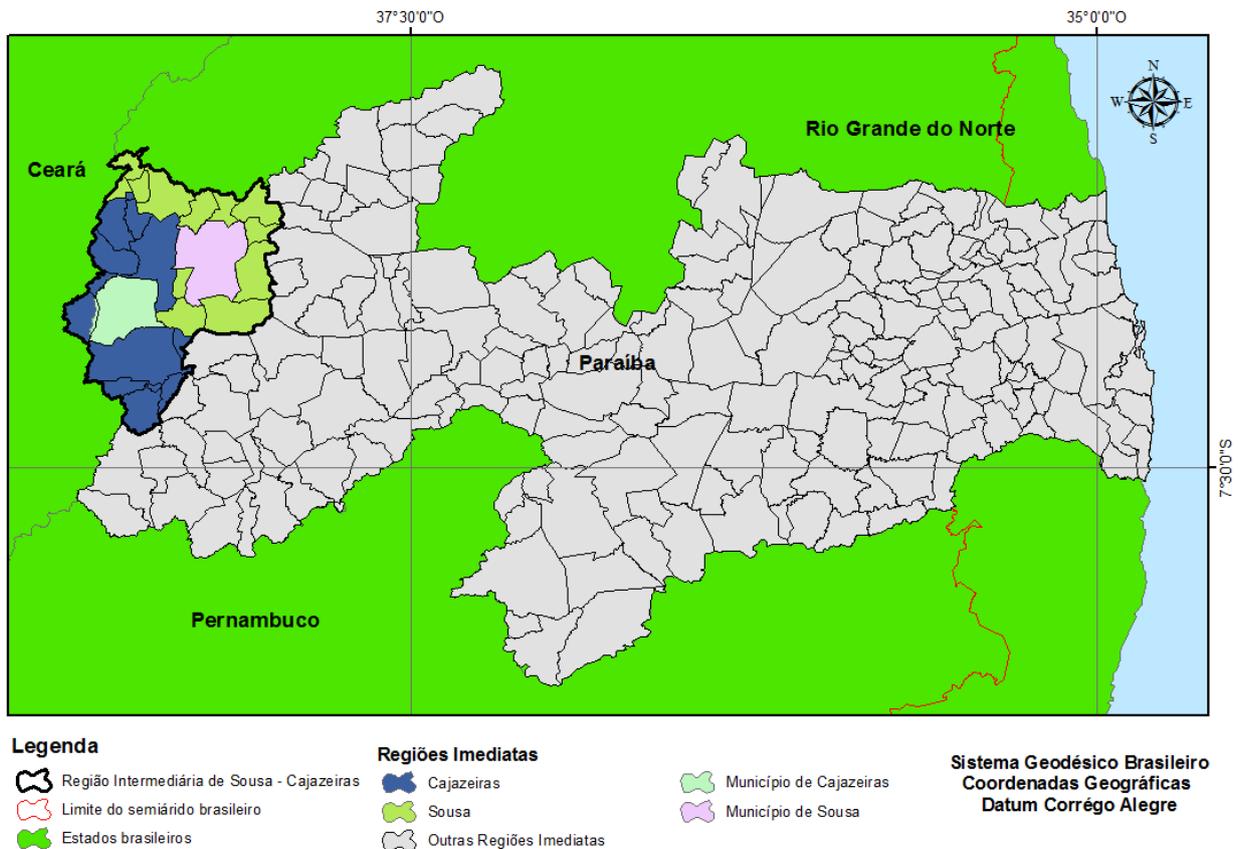
⁷ Nomenclatura atualizada para EMBRAPA (1999).

do Bálsamo, Arara, Bruscas, Gravatá, do Vinho, do Caldeirão e Tapuio. Todos os cursos d'água no município têm regime de escoamento intermitente e o padrão de drenagem é o dendrítico. No município existem alguns açudes, entre eles destacam-se: o Maia, o Padre Ibiapina, o Macapá e o Jatobá II, sendo o último responsável pelo abastecimento da população e monitorado pela AESA (CPRM, 2005e; AESA, 2017).

Municípios da Região Imediata de Sousa-Cajazeiras

O município de Cajazeiras encontra-se localizado na região Imediata de Sousa-Cajazeiras polarizando onze municípios do extremo oeste da Paraíba. Possui uma área de 565,90 km² e, segundo o último censo demográfico realizado em 2010, sua população era de 58.446 habitantes, com densidade demográfica de 103,28 habitantes/km², o que o classifica como o oitavo maior município em população da Paraíba e o maior em sua Região Imediata (Figura 6), denominada Cajazeiras (BRASIL, 2010).

Figura 6 - Localização dos municípios de Cajazeiras e Sousa, estado da Paraíba



Fonte: elaboração do autor, 2018.

Localizado na região oeste do estado da Paraíba, o município de Cajazeiras limita-se com os municípios de São João do Rio do Peixe, Nazarezinho, São José de Piranhas, Cachoeira dos Índios, Bom Jesus e Santa Helena. A sede municipal apresenta uma altitude de 296m (CPRM, 2005b).

Segundo a classificação de Thornthwaite o município de Cajazeiras está inserido no clima do tipo C1S2A'a', seco e subúmido com grande deficiência relativa ao Índice de Aridez e grande excesso hídrico no inverno relativo ao Índice de Umidade, Megatérmico, Índice de Concentração da Eficiência Térmica no Verão menor que 48% (FRANCISCO; SANTOS, 2017).

As temperaturas do município variam entre 23 °C e 30 °C, com uma amplitude térmica em torno de 5 °C, que são elevadas durante o dia, amenas à noite, com ocasionais picos, principalmente durante a estação seca. Apresenta regime pluviométrico irregular com médias anuais de 880,6 mm/ano. De forma geral, se caracteriza pela presença de apenas duas estações: a seca que constitui o verão, entre os meses de setembro e dezembro e a chuvosa denominada pelo sertanejo de inverno, restrita a um período de 3 a 4 meses por ano (CPRM, 2005b).

De acordo com Brasil (1972)⁸, o município de Cajazeiras apresenta três tipos de solos, Luvissole, Neossolo e Vertissolo, sendo o Luvissole o de maior predominância no município.

Quanto aos recursos hídricos, o município encontra-se inserido na bacia hidrográfica do rio Piranhas, sub-bacia do rio do Peixe. Os principais rios são: o Piranhas e o do Peixe, além dos riachos Papa Mel, do Cipó, Terra Molhada, dos Mirandas, do Meio, da Caiçara, do Amaro e das Marimbas. Os principais reservatórios são os açudes Lagoa do Arroz e Engenheiro Ávidos. Todos os cursos d'água têm regime de escoamento intermitente e o padrão de drenagem é o dendrítico (COSTA, 2010).

Segundo Reis (2014), o município tem sua população abastecida pelo reservatório de Engenheiro Ávidos. Existe ainda no município de Cajazeiras o açude Senador Eptácio Pessoa, popularmente conhecido como Açude Grande, construído em 1916, sendo o primeiro reservatório que fazia todo o abastecimento de água do município, que tornou-se um dos destinos turísticos mais visitados do município (COSTA, 2010).

Em termos econômicos, segundo dados do IBGE, Cajazeiras se encontra na 11^o posição no ranking dos maiores Produto Interno Bruto (PIB) do Estado, sendo o maior da microrregião na qual se insere. O PIB de Cajazeiras é composto principalmente pelos setores de comércio e serviços, seguidos pela indústria e pela agropecuária (BRASIL, 2010).

O município de Sousa tem uma população de 65.803 habitantes e uma densidade demográfica de 89,1 habitantes/km² (BRASIL, 2010), com uma área de aproximadamente 847,2

⁸ Nomenclatura atualizada para EMBRAPA (1999).

km², equivale a 1,49% da região do estado, localizado na Região Intermediária de Sousa-Cajazeiras e Região Imediata de Sousa (Figura 6).

Segundo a classificação de Thornthwaite, o clima predominante na região é do tipo C₁S₂A'a', seco e subúmido com grande deficiência relativa ao Índice de Aridez e grande excesso hídrico no inverno relativo ao Índice de Umidade, Megatérmico, Índice de Concentração da Eficiência Térmica no Verão menor que 48% (FRANCISCO; SANTOS, 2017).

A vegetação predominante da área é a caatinga hiperxerófila, caracterizada por espécies de porte variável entre arbóreo ou arbustivo, com caráter xerófilo. Esta vegetação vem sendo devastada pela ação antrópica ao longo dos anos desde a colonização da região, provavelmente não existindo mais em sua formação primitiva.

Parte do município encontra-se inserido na bacia sedimentar do rio do Peixe, originada por reativação de falhas tectônicas ocorridas no cretáceo inferior, fato que possibilita a perfuração de poços para a extração de água do lençol freático. O relevo da bacia é plano a suave ondulado, com superfície inclinada das bordas para o seu centro, com níveis altimétricos em torno de 200 m. O relevo das áreas adjacentes apresenta-se de um patamar plano a suave ondulado, com altitude média de 235 m acima do nível do mar (ROSENDO, 2014).

Ao Norte e no extremo Sul, localizam-se as áreas do embasamento cristalino, com altitude superior a 270m e relevo mais movimentado, variando de ondulado a montanhoso. Silva Neto (2013) pode identificar a ocorrência de cinco tipos distintos de solos na região, sendo eles: Neossolo Flúvico, Neossolo Litólico, Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, Vertissolo e Planossolo Nátrico.

O município de Sousa encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do rio Piranhas, entre a região do Alto Piranhas e a sub-bacia do rio do Peixe. Segundo a CPRM (2005f), seus principais tributários são os rios: do Peixe, Piranhas Velho e Piranhas; além dos riachos: Araras, da Serra, Santa Rosa, das Areias, do Cupim, Cipó, Seco, do Boi Morto, Riachão dos Anísios, da Mutuca, da Picada, Logradouro, dos Gatos, Lamarão e Califórnia. Todos os cursos d'água têm regime de escoamento intermitente e o padrão de drenagem é o dendrítico.

Os principais corpos de acumulação são os açudes: São Gonçalo, Velho, Juá e dos Patos, e as lagoas: da Vereda, da Estrada e de Forno.

As áreas urbanas do município de Sousa são abastecidas pelo açude Engenheiro Ávidos e são distribuídas pelo Departamento de Água, Esgoto e Saneamento Ambiental de Sousa (DAESA), órgão criado pelo próprio município com o intuito de dinamizar o abastecimento em toda a região urbanizada.

O município se destaca também na produção de coco, sendo feita quase que exclusivamente dentro do Perímetro Irrigado de São Gonçalo (PISG). O PISG está localizado no distrito de São Gonçalo, a 15 km da sede do município, a sudoeste da cidade de Sousa, com uma área total de 5.290 ha (DNOCS, 1996), ele é considerado um dos mais importantes projetos de irrigação administrados pelo DNOCS da Paraíba.

Do ponto de vista econômico, a produção agrícola realizada no PISG tornou-se fonte de renda para diversas famílias e responsável por parte do abastecimento de frutas de grandes centros urbanos do país, tornando-se assim elemento de grande importância econômica para a região como um todo (Figura 7).

Figura 7 - Perímetro Irrigado de São Gonçalo



Fonte: fotografia do autor, 12 de setembro de 2013.

Segundo Silva Neto (2013), são culturas trabalhadas dentro dos limites do PISG: culturas temporárias como: feijão, milho, arroz; culturas permanentes como: coco, banana, manga, goiaba, jaca, etc.; pastagens nativas ou plantadas; um misto de pastagem e agricultura de sequeiro e manutenção da vegetação nativa, além da prática da piscicultura em alguns corpos d'água. Na Figura 7 se pode ver, principalmente o cultivo de dois tipos de culturas: o do coco e o da bananeira.

Ainda no ramo agrícola, o projeto do Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa (PIVAS), conta com inovação produtiva no setor biodinâmico, em projetos de grande e pequeno porte.

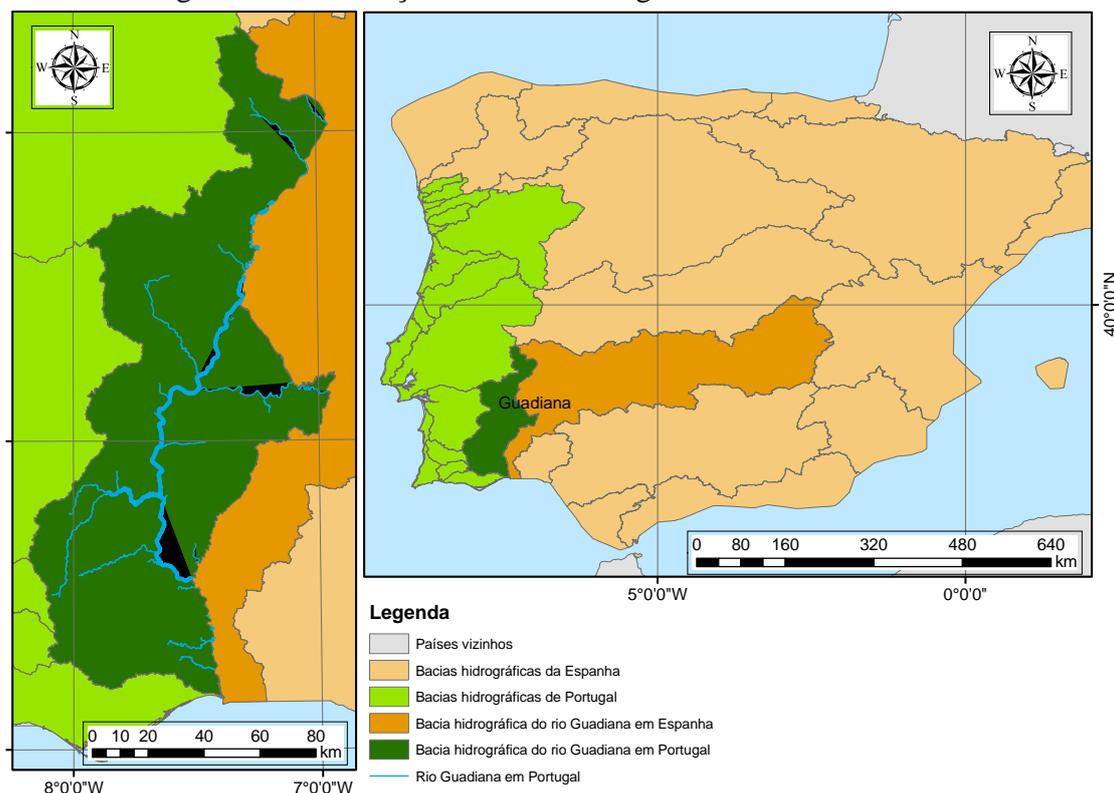
2.2 Semiárido português

Dentre as cinco áreas semiáridas, destacadas, as regiões do Guadiana⁹ e do Algarve são as zonas mais problemáticas em termos de escassez hídrica, tanto nas águas de superfície como nas águas subterrâneas, ocasionando constantemente problemas de abastecimento doméstico (VIVAS; MAIA, 2006).

Tendo em vista essas e outras peculiaridades¹⁰, foram escolhidos como áreas de estudo os municípios que fazem parte da região da Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana (BHRG).

A BHRG fica localizada na região sudeste de Portugal e constitui-se como uma das cinco bacias transfronteiriças, partilhadas entre Portugal e Espanha, representando 11,5% da área total da Península Ibérica e 5% dos recursos hídricos superficiais correspondentes (VIVAS; MAIA, 2006) (Figura 8).

Figura 8 - Localização da Bacia hidrográfica do Rio Guadiana



Fonte: elaboração do autor, 2017.

Segundo Agência Portuguesa do Ambiente (2016), a Região Hidrográfica do rio Guadiana cobre uma área total de 66 999,83 km², dos quais 55 464,87 km² (82,78%) situam-se em Espanha e

⁹ A região que engloba a Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana também compreende a parte leste da região administrativa do Algarve.

¹⁰ Foi levado em conta também a experiência e diversos trabalhos já desenvolvidos pelo professor Rodrigo Maia, coordenador deste trabalho, na região do Guadiana e adjacências e o grande acervo de dados já produzidos por ele e sua equipe.

11 534,13 km² (17,22%) em Portugal, situando-se entre as cinco maiores bacias da Península Ibérica.

Segundo (INAG, 1995), a parte portuguesa da BHRG constitui uma zona de natural aridez (menos de 600 mm/ano de precipitação média anual e cerca de 1200 mm/ano de evapotranspiração potencial). É uma região regularmente atingida por situações de seca (responsáveis por grandes prejuízos, em particular no setor agrícola) e que apresenta uma grande dependência, em especial em situações extremas, dos volumes provenientes da parte espanhola Vivas e Maia (2006).

Segundo a Agência Portuguesa do Ambiente (2016), a BHRG possui uma área total em território português de 11.611 km² e uma população residente estimada em 200.863 habitantes (ARH-ALENTEJO, 2012), possuindo uma baixa densidade populacional, 17 habitantes/km², enquanto que a média nacional é de 115 habitantes/km² (INE, 2013).

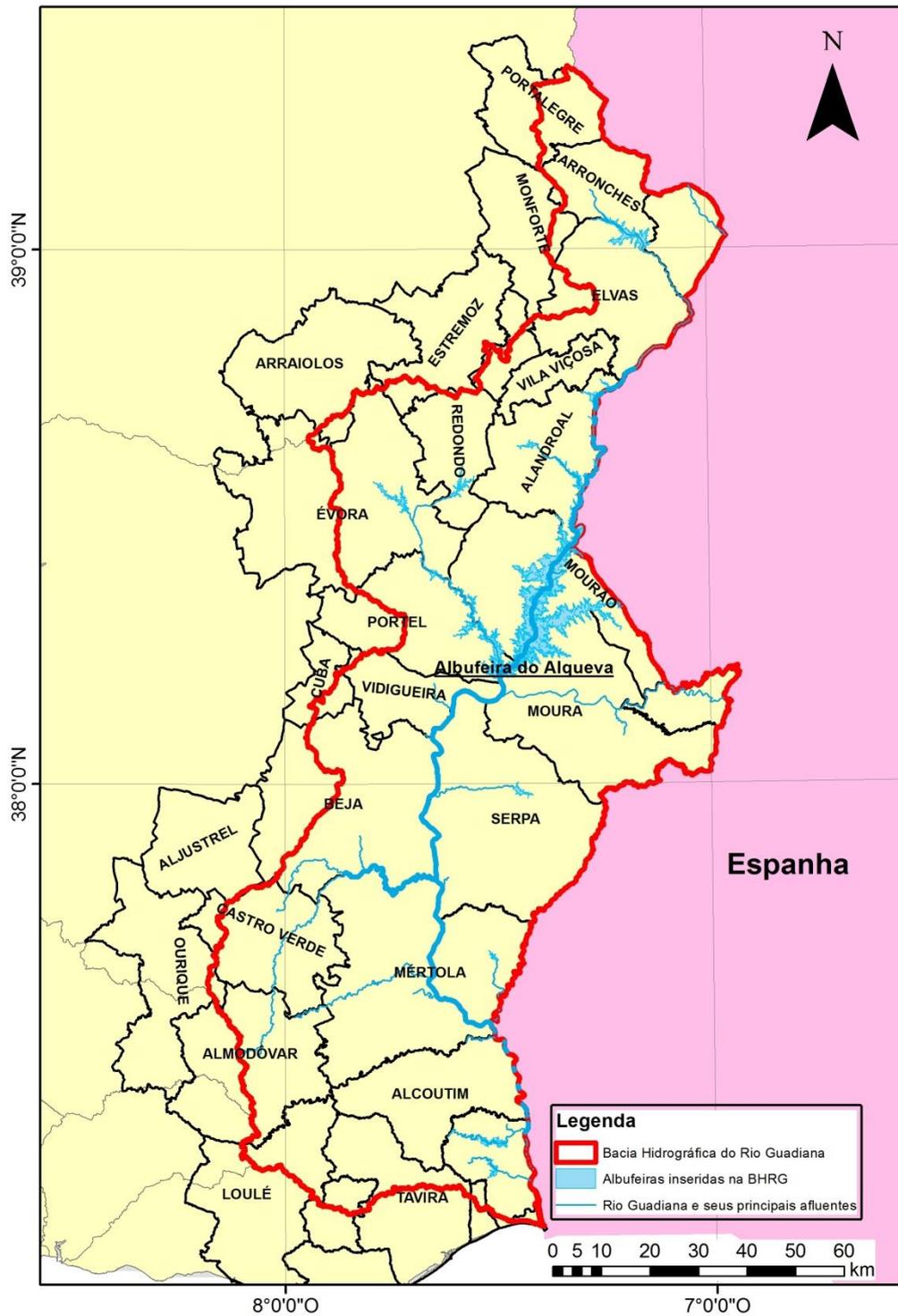
Algumas zonas, com características específicas, originam um padrão de maior dinamismo e desenvolvimento, zonas onde se concentram as explorações minerais de mármore, zinco, manganês etc., como os concelhos de Estremoz, Vila Viçosa, Castro Verde, bem como os concelhos fronteiriços de Elvas, Campo Maior e Vila Real de Santo António e as sedes de distritos de Évora, Portalegre e Beja (ARH-ALENTEJO, 2012).

Em relação aos recursos hídricos superficiais presentes na região da BHRG, a região pode ser classificada como muito densa, em regra, com formas retilíneas ou complexas (retilínea/convexa ou convexa/côncava) e com vales encaixados. O Rio Guadiana é o rio coletor principal de riachos e rios de menor porte de todo Alentejo Oriental e dos cursos de água da vertente NE da Serra do Caldeirão. (VIVAS, 2011).

No que concerne a águas represadas, a região Meio-Norte apresenta uma quantidade maior de reservatórios/albufeiras, tendo como o ícone principal o Reservatório de fins múltiplos do Alqueva, sendo o maior lago artificial da Europa, a que corresponde uma área de cerca de 250 km², com uma capacidade total de 4150 hm³ e um nível de pleno armazenamento à cota 152m (Figura 9).

Segundo Vivas (2011), o empreendimento conta ainda com a barragem de Pedrógão, também no leito do rio Guadiana, a jusante da barragem de Alqueva, que permite a bombeamento de volumes de água para montante, aumentando a capacidade de produção de energia e um melhor aproveitamento dos volumes armazenados. Esse empreendimento impôs significativas alterações à gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Guadiana, e também na bacia hidrográfica rio do Sado. O projeto também inclui um importante sistema de adução para alimentação de uma série de albufeiras, por meio de ligação à albufeira de Alqueva, seja por ligação ou por duas importantes derivações de vazões a partir de Pedrógão.

Figura 9 - Rio Guadiana e seus principais afluentes e principais albufeiras



A albufeira do Alqueva possui diversas utilidades como, a navegação, o regadio, a produção de energia hidroelétrica, a pesca, o turismo e lazer, entre outros (Figura 10).

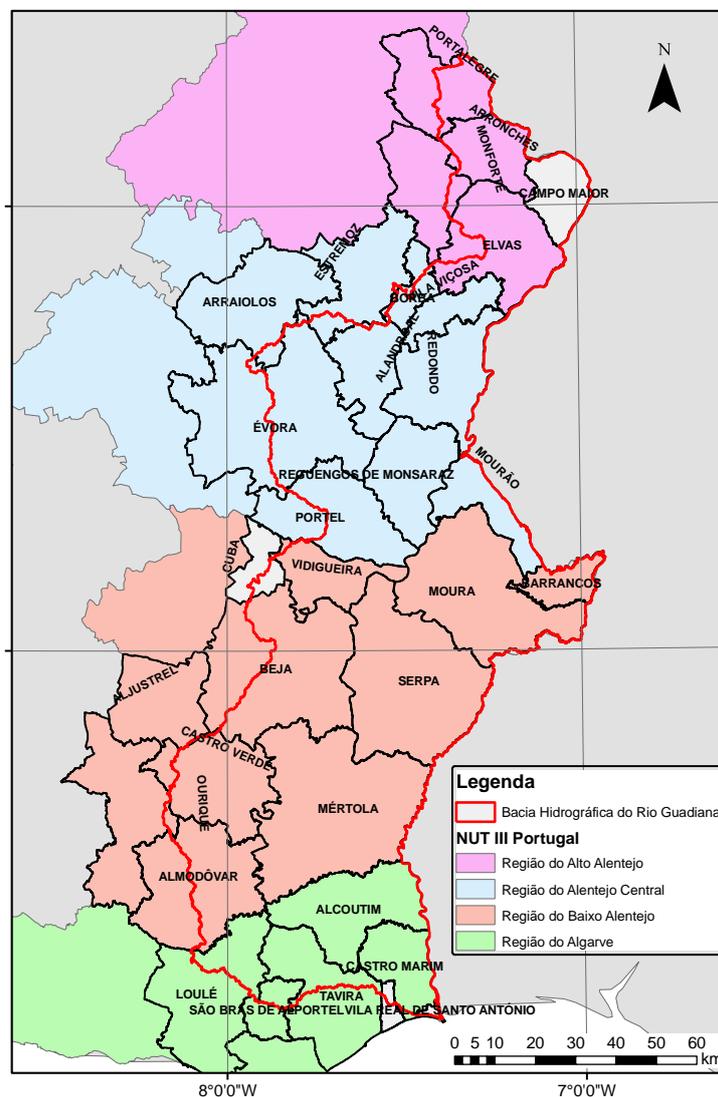
Figura 10 - Alguns usos do Reservatório do Alqueva, região do Alentejo português



2.2.1 Concelhos do estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana (BHRG) em Portugal abrange duas regiões administrativas, são elas: o Alentejo e o Algarve segundo a Nomenclatura de Unidades Territoriais para Fins Estatísticos II (NUTSII)¹¹. Já segundo a subdivisão do NUTSIII encontram-se inserida em quatro partes: Alto Alentejo, Alentejo Central, Baixo Alentejo e região do Algarve. A BHRG comporta 32 concelhos, sendo, 22 parcialmente incluídos e 10 completamente inseridos (Figura 11).

Figura 11 - Localização dos concelhos inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana, segundo o NUTSIII

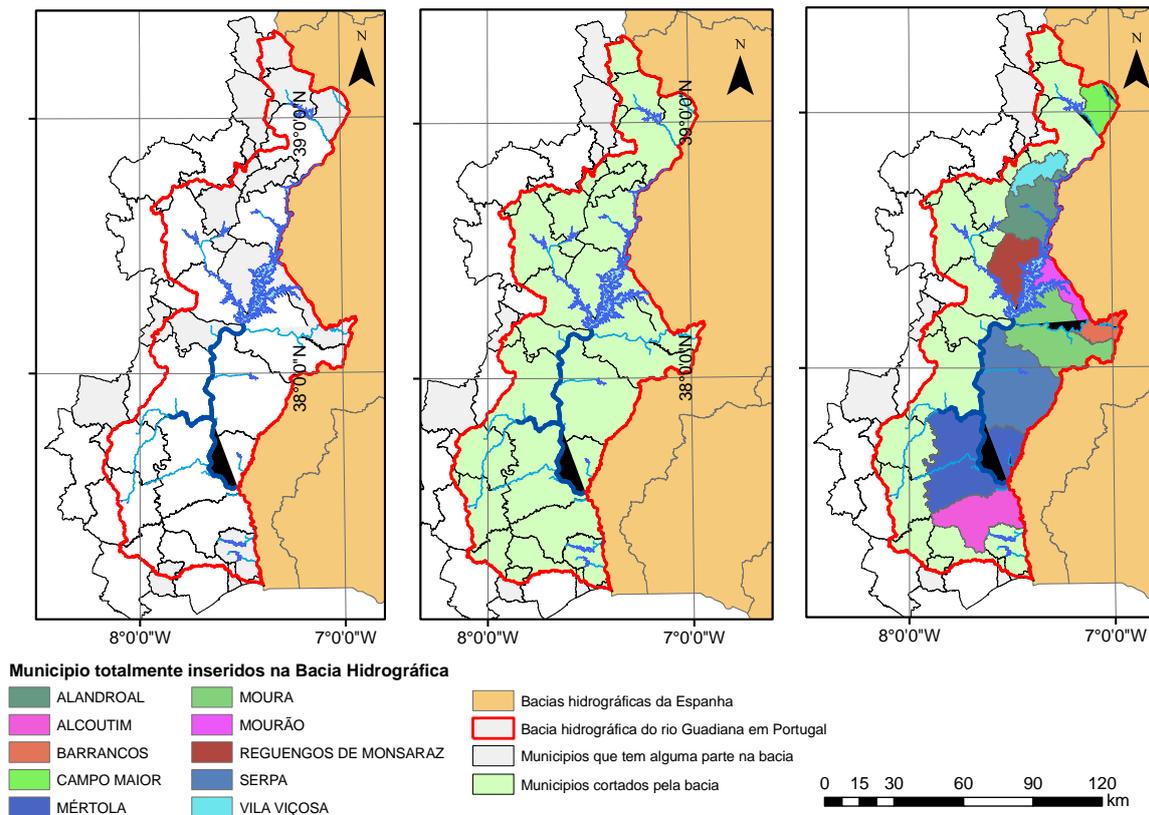


Fonte: elaboração do autor, 2017.

¹¹ As Nomenclaturas de Unidades Territoriais para Fins Estatísticos são divididas do seguinte modo:
 Nível I - constituído por três unidades, continente e cada uma das Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira;
 Nível II - constituído por sete unidades, das quais cinco no continente (Norte, Centro, Lisboa, Alentejo e Algarve), e também pelos territórios das Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira;
 Nível III - constituído por vinte e cinco unidades, das quais vinte e três no continente e duas correspondentes às Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira.

Os concelhos totalmente abrangidos são Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior, Mértola, Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa. Os concelhos parcialmente abrangidos são: Aljustrel, Almodôvar, Arraiolos, Arronches, Beja, Borba, Castro Marim, Castro Verde, Cuba, Elvas, Estremoz, Évora, Loulé, Monforte, Ourique, Portalegre, Portel, Redondo, São Brás de Alportel, Tavira, Vidigueira e Vila Real Santo António (Figura 12).

Figura 12 - Municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana em Portugal e os 10 municípios totalmente inseridos na bacia



Fonte: elaboração do autor, 2017

Por critérios operacionais e comparativos este estudo analisará os 32 municípios que tem alguma parte inserida na bacia, porém, os resultados terão foco maior nos municípios que estão completamente inseridos na bacia hidrográfica em questão (dez municípios).

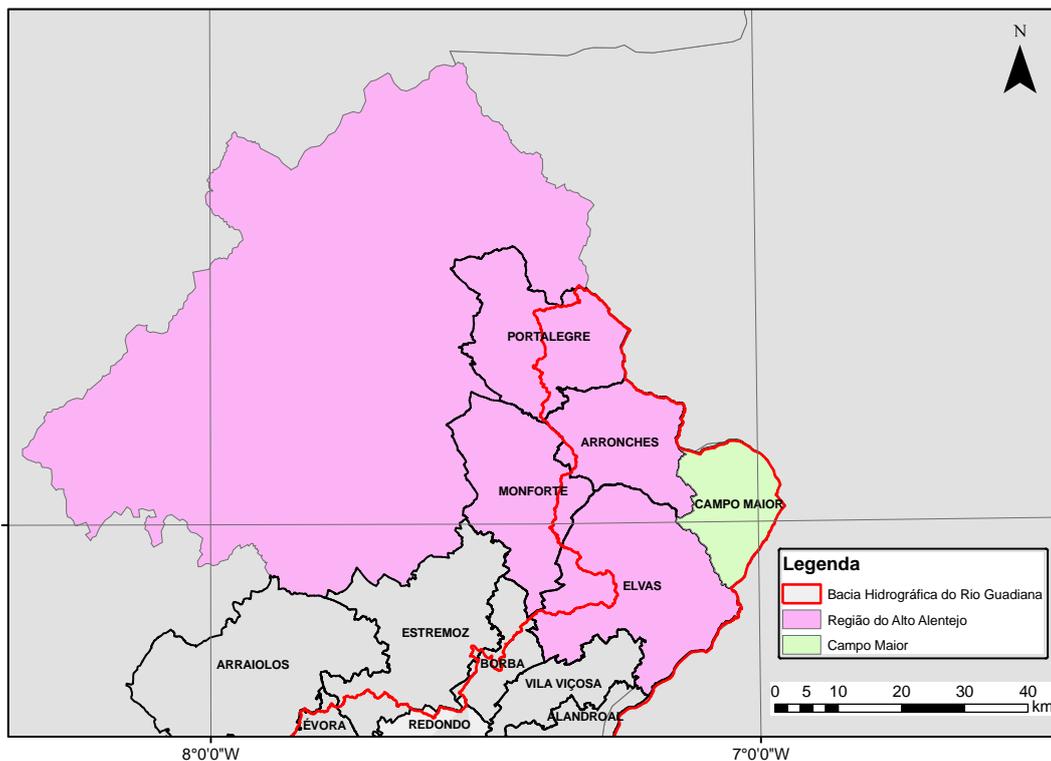
Concelhos da Região do Alto Alentejo

Na região do Alto Alentejo cinco concelhos tem alguma parte incluída na BHRG são eles: Arronches, Campo Maior, Elvas, Monforte, e Portalegre, porém somente o município de Campo Maior encontra-se totalmente inserido na área da bacia (Figura 13).

O Norte Alentejano é um território predominantemente rural com problemas de densidade populacional e elevadas taxas de envelhecimento populacional. Por vezes, é incapaz de fixar os mais jovens, níveis de escolaridade baixos e com escassos recursos (KERN, KOLL; SCHOPHAUS, 2004).

Segundo Sousa (2009), em relação à taxa de atividade, ou seja, a taxa que permite definir o peso da população ativa sobre o total da população, os municípios do Norte Alentejano apresentam um valor médio de cerca de 40%. Esta taxa de atividade situa-se invariavelmente abaixo dos valores de referência nacional. O município de Campo Maior regista a mais elevada taxa de atividade (44,6 %).

Figura 13 - Concelhos do Alto Alentejo que fazem parte da BHRG, com destaque para o concelho de Campo Maior



Fonte: elaboração do autor, 2017

Em relação aos setores de atividade de maior relevância na estrutura econômica da região do Alto Alentejo, surgem o setor da agricultura e da produção animal associada, a indústria de panificação, a indústria de leite e derivados e a indústria de café e chá, assim como, o setor da cortiça e do turismo na vertente do segmento da restauração (SOUSA, 2009).

O tecido empresarial da região do Norte Alentejano apresenta-se atomizado, com predomínio das pequenas e microempresas. Apenas Campo Maior acolhe empresas com mais de

250 trabalhadores. A região conseguiu manter uma taxa de iniciativa empresarial superior à média do Alentejo e do país, mas a taxa de sobrevivência dos estabelecimentos criados diminuiu, sobretudo, no que se refere às unidades de menor dimensão, determinando uma inversão da criação líquida de postos de trabalho e uma maior taxa de rotatividade do emprego (PDTNA, 2008).

Segundo INE (2010), apesar da região como um todo apresentar baixas taxas de densidade populacional (19,5 habitantes/km²), o município de Campo Maior possui uma densidade populacional mediana de 34,3 habitantes/km².

O Alto Alentejo detém um rico património natural, histórico e cultural. Ao longo de várias gerações, a interação do Homem com o território criou paisagens com identidade própria, o montado. O montado é um importante elemento da paisagem europeia, com uma elevada biodiversidade e um espaço emblemático dos sistemas naturais e culturais mediterrânicos (SOUSA, 2009).

Ainda segundo Sousa (2009), no território como um todo predomina o uso florestal e regiões agrícolas, ocupando cerca de 77% de todo o território Norte Alentejano. Na área florestal, dominam os montados de sobro (34,5%) e os montados de azinho (27,3%). Os eucaliptais e povoamentos mistos ocupam uma área semelhante a 17%. Os pinhais de pinheiro bravo têm uma expressão reduzida (3,5%) na área de estudo. Povoamentos florestais com outras folhosas, outros carvalhos, outras resinosas e pinheiro manso ocupam uma área mínima do território abrangido.

Segundo Rivas-Martínez et al. (1990) e Costa et al. (1998), a área de estudo no Alto Alentejo (os cinco concelhos que integram a BHRG) está inserida nas seguintes subunidades biogeográficas:

O Superdistrito Alto Alentejano que se caracteriza por ser uma área quase plana, ondulada, cortada por algumas serras de pequena altitude, onde predominam solos de origem xistosa e granítica. Quase toda a sua área se situa no andar mesomediterrânico sub-húmido. Os montados situam-se predominantemente em solo silicioso do *Pyro-Quercetum rotundifoliae* e os sobreirais do *Sanguisorbo-Quercetum suberis* são dominantes na paisagem vegetal. Quanto aos matos subseriais os estevais do *Genisto hirsutae-Cistetum ladaniferi* e o esteval/urzal *Erico australis-Cistetum populifolii* e os urzais do *Halimio ocymoidis-Ericetum umbellatae* são comuns em toda esta unidade biogeográfica (ARH-ALENTEJO, 2012).

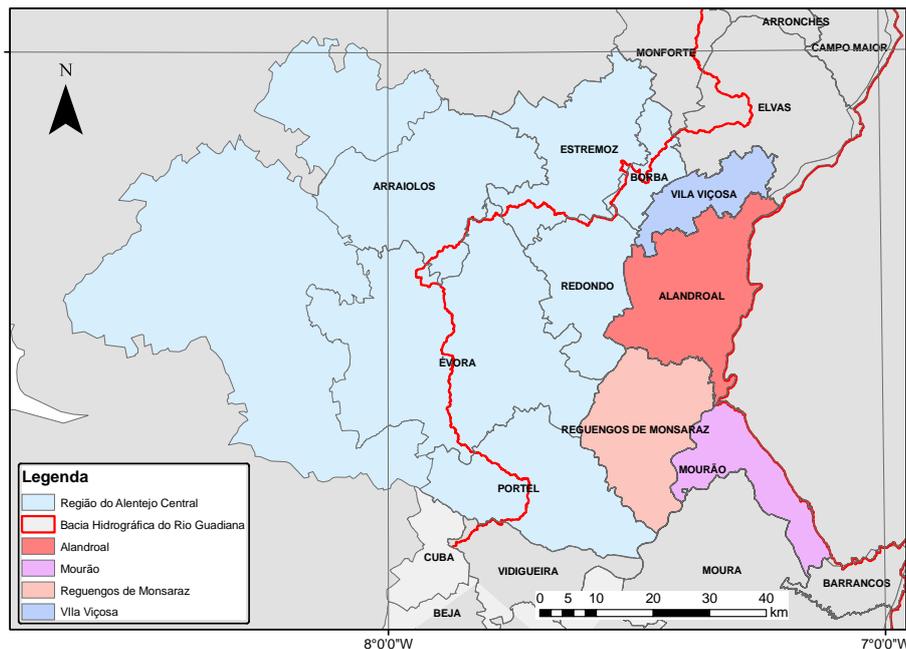
O concelho de Campo Maior encontra-se totalmente inserido no Superdistrito Pacense, que é uma zona plana situada no andar mesomediterrânico sub-húmido. Nessa unidade encontram-se o tojal *Ulici eriocladi-Cistetum ladaniferi* e o giestal *Retamo sphaerocarpace-Cistetum bourgaei* que resultam da degradação dos azinhais silicícolas do *Pyro-Quercetum rotundifoliae*. No entanto, nos solos neutros sobre carbonatos metamórficos paleozóicos com pouco calcário activo, a vegetação

potencial corresponde aos azinhais do *Lonicera implexa*-*Quercetum rotundifoliae*, que por destruição originaram o carrascal *Crataegus monogyna*-*Quercetum cocciferae* e o esteval *Lavandula sampsonae*-*Cistetum albidi* (ARH-ALENTEJO, 2012).

Concelhos da Região do Alentejo Central

A divisão administrativa do Alentejo Central comporta 14 concelhos portugueses, destes, 10 fazem parte da BHRG, sendo somente 4 incluídos totalmente dentro dos limites da bacia. Os Concelhos que são parcialmente abrangidos pela BHRG são: Arraiolos, Borba, Estremoz, Évora, Portel e Redondo e os Concelhos que estão totalmente inseridos na BHRG são: Alandroal, Mourão, Reguengos de Monsaraz e Vila Viçosa (Figura 14).

Figura 14 - Concelhos do Alentejo Central que fazem parte da BHRG, com destaque para os concelhos totalmente incluídos



Fonte: elaboração do autor, 2017.

Segundo Monte-ACE (2007), em termos demográficos, o território caracteriza-se por uma forte recessão demográfica e pelo envelhecimento da sua população. A diminuição populacional que foi verificada ao longo dos anos relaciona-se também com características da estrutura produtiva devido à sua falta de capacidade para reter mão-de-obra e criar postos de trabalho, contribuindo assim, para o processo de esvaziamento humano. Esse processo tem sido acompanhado por um abandono progressivo das populações das freguesias mais rurais para as sedes de concelho.

A esse processo deve associar-se um fenómeno particularmente preocupante relacionado com as competências individuais da população residente e que está associado ao desemprego; as taxas de desemprego no território são pouco inferiores à da região do Alentejo Central, mas bastante significativas estando-lhes ainda associados níveis de escolaridade e de qualificação muito baixos (MONTE-ACE, 2007).

A região como um todo é caracterizada pela agricultura, com grandes propriedades (em média cerca de oito vezes maiores que a dimensão média do país) onde predomina o montado de sobro e azinho e o olival. Dominam a dimensão física e da paisagem do território embora, em termos do emprego, seja o setor terciário o responsável pela estrutura produtiva da região. Esse acréscimo da importância do emprego no setor terciário resulta essencialmente de um crescimento das atividades mais diretamente ligadas ao consumo, nomeadamente, do comércio, restaurantes e hotelaria (MONTE-ACE, 2007).

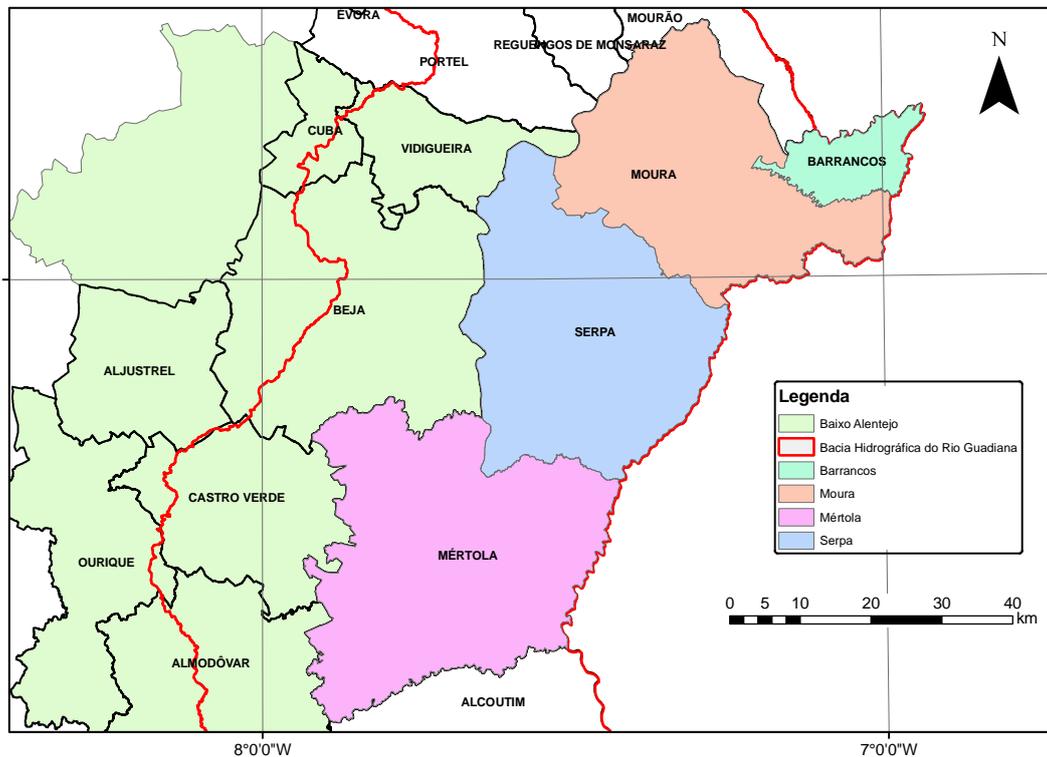
A região do Alentejo Central caracteriza-se, morfológicamente, pela existência de extensas áreas de planície (a cotas inferiores aos 400 m), surgindo em algumas áreas do território, zonas com relevo acentuado, mas sem características montanhosas, como é o caso dos concelhos do Alandroal e parte de Montemor-o-Novo, Reguengos de Monsaraz e Vila Viçosa (MONTE-ACE, 2007).

Concelhos da Região do Baixo Alentejo

A região administrativa do Baixo Alentejo é constituída por 14 concelhos portugueses, onde 13 fazem parte da BHRG, sendo somente 4 incluídos totalmente dentro dos limites da bacia. Os Concelhos que são parcialmente abrangidos pela BHRG são Cuba, Vidigueira, Beja, Aljustrel, Castro Verde, Ourique e Almodôvar, e os Concelhos que estão totalmente inseridos na BHRG são: Barrancos, Mértola, Moura e Serpa (Figura 15).

Os concelhos totalmente abrangidos pela bacia se assemelham aos demais concelhos do Alentejo, apresentam uma baixa densidade demográfica e um aumento considerável na migração e no envelhecimento de sua população. Essa verdadeira involução demográfica, tem maior disparidade no concelho de Mértola. Em Mértola, por exemplo, o ano de 1960 contava com uma população de 26.758 habitantes, em 2001 passou a ter 8.041 residentes e em 2011 passou a ter apenas 6.641 habitantes, o que caracteriza uma redução de 76% em cerca de 50 anos (SANTOS, 2011).

Figura 15 - Concelhos do Baixo Alentejo que fazem parte da BHRG, com destaque para os concelhos totalmente incluídos



Fonte: elaboração do autor, 2017.

Quanto aos aspectos naturais, a região dos quatro concelhos encontra-se na divisa entre Portugal e Espanha essa localização contribuiu para um conjunto de usos e costumes muito próprios dos montados de sobro e de azinho, onde se encontra práticas tradicionais de gestão e dos sistemas agroflorestais em que o pastoreio, a apicultura e a caça desempenham um importante papel (BARRANCOS, 2010).

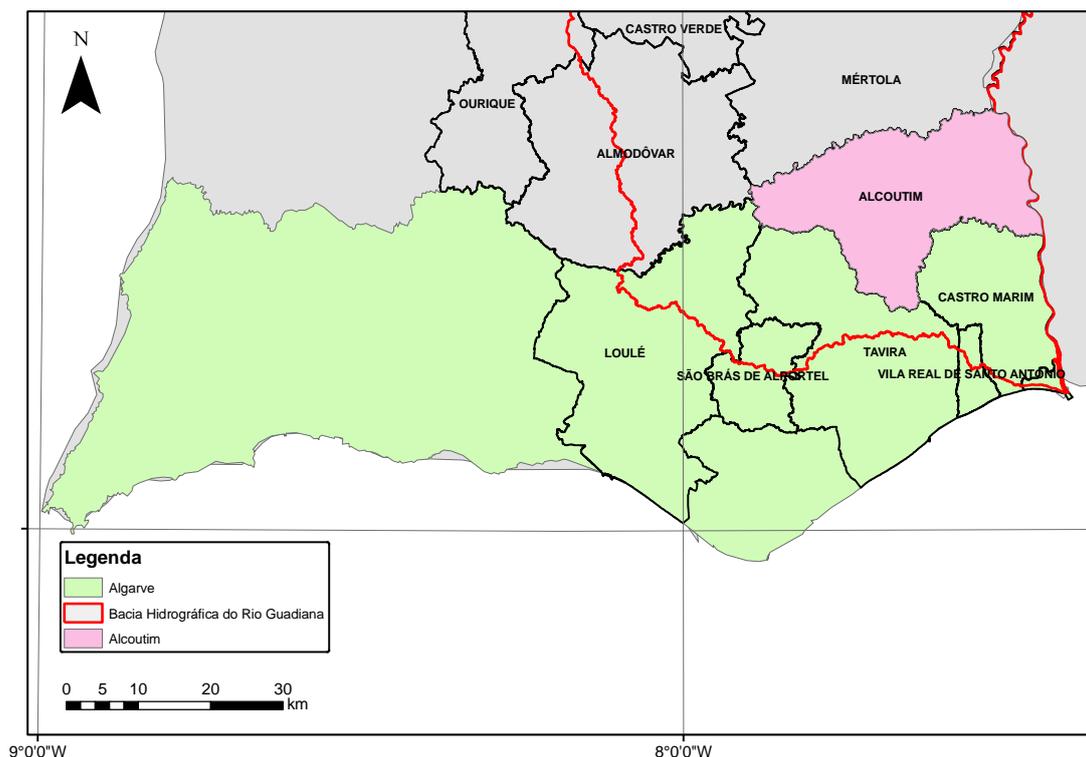
A região apresenta em sua paisagem afloramentos rochosos de xistos e micáceos cinzento-esverdeados e grauvasques cinzentos finos. A região como um todo possui uma diversidade natural e paisagística única, fruto de uma multiplicidade de habitats: “montados de azinho dispersos, montados de sobro densos, matagais mediterrânicos, áreas pseudo-estepárias, florestas de coníferas e linhas de água de regime torrencial”. Nelas encontram-se, ainda, explorações de uso múltiplo e de regime fundiário de grande propriedade que constituem importantes refúgios para a vida selvagem, ainda que tenham perdido parte da sua diversidade característica (BARRANCOS, 2010).

Concelhos da Região do Algarve

Situado no extremo ocidental da Península Ibérica, ao sul de Portugal, o Algarve é uma região com, aproximadamente, 4.995 km², representando pouco mais de 5% do território nacional.

A região administrativa do Algarve é constituída por 16 concelhos portugueses, desses seis fazem parte da BHRG, sendo somente um concelho incluído totalmente dentro dos limites da bacia. Os Concelhos que são parcialmente abrangidos pela BHRG são: Loulé, São Brás de Aportel, Tavira, Castro Marim e Vila Real de Santo António. O Concelho que é totalmente inserido na BHRG é o de Alcoutim (Figura 16) (VIVAS, 2011).

Figura 16 - Concelhos do Algarve que fazem parte da BHRG, com destaque para o concelho de Alcoutim, totalmente incluído dentro dos limites da bacia hidrográfica



Fonte: elaboração do autor, 2017.

Diferente da região do Alentejo a região do Algarve, como um todo, possui maior densidade demográfica (79,1 habitantes/km² em 2001 e 90,3 habitantes/km² em 2011), essa população encontra-se principalmente nos concelhos localizados na região litorânea. Porém, nas regiões mais interioranas, como é o caso do concelho de Alcoutim, a situação é preocupante. Em 2001 a densidade populacional em Alcoutim era de 6,5 habitantes/km² e passou a 5,1 em 2011 (PORDATA, 2017).

No Algarve, em 2001, a população economicamente ativa era de 192.348 pessoas, a taxa de atividade era de 48,7% e a taxa de desemprego de 6,2%. Grande parte da população empregada trabalhava nas 13.247 sociedades sedeadas no Algarve (incluindo empresas em nome individual), 3,3% do setor Primário, 21,9% do setor Secundário e 74,8% do setor Terciário, que no total geraram um volume de vendas de 4.817.697 milhões de euros. Relativamente ao turismo, atividade

dominante no Algarve, é de referir que em 2001 existiam 384 estabelecimentos hoteleiros, que se traduziam numa capacidade de cerca de 94.000 leitos, tendo uma ocupação média de 41% e gerando um total de 44.630 milhões de euros (PEREIRA *et al.*, 2006).

Em relação às potencialidades do Algarve, o Programa Operacional do Algarve (CCDR ALGARVE, 2001), refere que a região tem como pontos fortes: o clima ameno e as paisagens atrativas diversificadas, as condições favoráveis ao desenvolvimento dos setores primário (aquicultura e hortofruticultura) e terciário (turismo), boa rede de infraestruturas ao nível da saúde e educação, boas condições de segurança pública e grande projeção nacional e internacional como destino turístico e de lazer.

Com relação às condições naturais, a região o Algarve apresenta um clima do tipo mediterrânico, caracterizado pela existência de um semestre chuvoso que coincide com a estação fria e tem um semestre seco na época quente. Em termos médios, a precipitação anual varia entre 1.277 mm e 406 mm, com o valor médio ponderado de 653 mm para todo o Algarve. Possuindo uma região com valores muito a baixo da precipitação anual, na região do litoral, com o mínimo de 230 mm, em Vila Real de Santo António (PROT-ALGARVE, 2004).

Ainda segundo PROT-ALGARVE (2004), os valores mais elevados de evaporação verificam-se nos meses de Julho e Agosto, enquanto que os menores valores se observam em janeiro. Em média, pode considerar-se que a evaporação anual varia entre um mínimo de 1.070 mm, na Praia da Rocha, e um máximo de 2.500 mm, em Figueirais.

As águas subterrâneas têm assumido, no Algarve, um papel fundamental, constituindo, até 1998, origem para a quase totalidade do abastecimento às populações e às infraestruturas turísticas. Além disso, tornaram possível o desenvolvimento das culturas de regadio em muitas áreas. A densidade de furos/poços ultrapassa qualquer outra região do país, atingindo em algumas áreas valores que podem aproximar-se dos 10 furos por quilómetro quadrado (PROT-ALGARVE, 2004).

2.3 Caracterização histórica das principais secas em ambos os países

As regiões semiáridas são caracterizadas por possuírem uma alta variância em sua precipitação e normalmente são constantemente afetadas por secas periódicas, que não seguem um padrão de recorrência, podendo ocorrer meses ou até dias de precipitação extrema ou o oposto, meses sem nenhuma precipitação, predominando o déficit hídrico.

Já o semiárido brasileiro, em quase toda sua história, esteve ligado às secas e aos problemas causados pelos longos períodos desse fenómeno e que, devido à falta de políticas públicas, por

vezes, enfrenta colapsos parciais do sistema produtivo rural e colapsos no abastecimento de água urbano (SANTOS et al., 2009).

Por meio de uma análise histórica em trabalhos que versaram sobre os anos de seca na RSB e em outros que relatavam a ocorrência de grandes precipitações, compilou-se o Quadro 1, onde são representados os anos de seca que se tem registro.

Quadro 1 - Registro históricas das secas na Região Semiárida Brasileira

Décadas	Séculos					
	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI
00	-	1603 1606-1608	1707 1709	1803-1809	1900 1903	2001-2003
10	-	1614	1710-1711	1810 1814 1816 1819 1820	1915 1919	2012-2017
20	-	-	1720-1727	1824-1825 1827	-	-
30	-	-	1730 1735-1737	1830 1833-1835	1931-1932	-
40	-	1645	1744-1749	1844-1946	1942	-
50	1552 1557-1559	1652	1750-1751 1754	-	1951-1953 1958	-
60	-	-	1760 1766	-	1962 1966 1970	-
70	1574	-	1771-1772 1776-1778	1877-1879	1976 1979	-
80	1583 1587	-	1783-1784	1888-1989	1980-1983 1987	-
90	1592	1692	1790-1793	1898-1899	1990-1993 1998-1999	-

Fonte: adaptado de Gomes (2001), Correia et al. (2011), Girão (2012), UFSC (2015) e Paraíba (2018a).

Observa-se no Quadro 1, que desde 1552, época da colonização portuguesa no Brasil, há relatos de eventos de secas e estiagens na RSB, variando sua intensidade e duração através das décadas. Em relação ao último período de seca, 2012-2017, o final do período foi considerado em dezembro de 2017 tendo em vista as precipitações ocorridas em muitas regiões anteriormente acometidas pela seca e estas foram divulgadas por órgãos como: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a Agência Nacional de Águas (ANA). Entretanto, as chuvas precipitadas na ocasião foram suficientes para suprir apenas as necessidades de algumas regiões urbanas que possuem acesso a abastecimento público.

O Quadro 1 torna público ainda que os séculos XIII e XX possuem a maior quantidade de registros no século, onde se registram secas em todas as décadas, executando-se a década de 1920.

Já sobre análise histórica da ocorrência de secas no semiárido português, compilou-se o Quadro 2. A literatura consultada apresenta registros que datam desde o ano de 1376 até os dias atuais.

Quadro 2 - Registro históricos das secas na Região Semiárida de Portugal

Décadas	Séculos							
	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI
00	-	-	-	-	-	-	1904-1907	2000 2004-2006
10	-	-	1515	1613	-	-	1912-1913 1917-1918	2016-2018
20	-	-	1521	-	-	-	1921-1923 1928-1929	-
30	-	-	-	-	-	-	1930-1935	-
40	-	-	-	-	-	-	1943-1948 1949	-
50	-	-	-	1654	-	-	1953-1954 1958	-
60	-	-	-	-	-	-	1964-1967	-
70	1376	-	-	-	-	-	1970-1976	-
80	1382	-	-	1683	-	-	1980-1983 1988-1989	-
90	-	-	-	-	1792-1795	-	1991-1995 1998-1999	-

Fonte: LOUREIRO (2003); PIRES, V. C.; SILVA, Á.; MENDES, L. (2010);; IPMA, (2018).

Observa-se que o Século XX é o que apresenta maior recorrência de secas, registrando-se ao menos uma seca em cada década. Torna-se importante salientar ainda que o Quadro 2 representa uma compilação dos dados encontrados nos principais artigos que versavam sobre o tema, não podendo assim afirmar que os anos que não possuem dados (-) não tiveram secas locais ou regionais, sendo isso meramente uma representação de dados que não foram computados por esses estudos.

Em relação aos anos escolhidos para esse estudo, Portugal 2000, 2004 e 2010, Brasil 2000 e 2010, os anos de 2000 e 2004 em Portugal são considerados anos de seca, sendo o ano de 2004 o mais severo. Para o Brasil o ano de 2000 é considerado um ano singular, por está situado entre duas grandes secas (1998-1999 e 2001-2003) Já o ano de 2010 é considerado um ano com precipitações próximas ou maiores do que a média histórica.

CAPÍTULO III

DISCUSSÃO TEÓRICO-CONCEITUAL



Fonte: Internet

“As primeiras chuvas, chamadas ‘do cajú’ são esperadas em dezembro. Elas transformam o sertão; se faltam ainda há esperanças de chuva em fevereiro ou março; são as chuvas ‘de Santa Luzia’, do equinócio. Se faltam estas, não há mais esperanças e, pouco a pouco, esgotam-se os recursos; o gado ainda devora as últimas ‘ramas’, mas secos os rios e as cacimbas, é forçoso migrar.”

(C. M. Delgado de Carvalho)

3 DISCUSSÃO TEÓRICO-CONCEITUAL

Neste capítulo se apresenta a discussão dos conceitos de escassez hídrica, seca, alguns conceitos importantes na gestão de riscos e desastres, uma abordagem de indicadores socioambientais e por fim, uma breve introdução da lógica dos conjuntos *fuzzy* com método de agregação de indicadores.

3.1 Seca

Nas últimas décadas, tanto no âmbito socioeconômico quanto no âmbito técnico científico, há uma crescente preocupação com os impactos ocasionados pelos desastres em geral, dentre eles no Brasil e em Portugal se destacam a seca e a escassez hídrica, pela sua grande abrangência espacial e pela forma gradual em que se apresenta (adaptado de ROSENDO, 2014).

Torna-se pertinente aqui, diferenciar o fenômeno da seca da escassez hídrica, pois ambos conceitos por vezes se apresentam confusos e ambíguos.

Rosendo (2014) afirma que a escassez hídrica pode ser causada pela seca, no entanto, ao contrário da seca, a escassez hídrica pode ser também artificialmente criada. Em outras palavras, a seca por si só é um desequilíbrio temporário na disponibilidade de água, sendo essa sempre de origem natural, embora a ação do homem possa intensificá-lo.

Já a escassez hídrica, segundo Pereira, et al. (2002), é um desequilíbrio temporário da oferta de água, que pode ser devido à inadequada gestão de águas profundas e de superfície, alterando assim sua qualidade e/ou quantidade, colocando em risco a capacidade de armazenamento de água nos ecossistemas naturais e/ou artificiais. Nesse caso, a escassez pode ser oriunda de um efeito antrópico e também natural (a seca).

Ainda segundo Pereira et al. (2002), a escassez hídrica é comumente definida como uma situação na qual a disponibilidade de água em um país ou em uma região está abaixo de 1.000m³ por pessoa/ano. No entanto, segundo outros autores, muitas regiões no mundo, experimentam casos de escassez mais severas, vivendo com menos de 200 m³ por pessoa/ano, fato que já pode indicar que uma região está em estresse hídrico, fazendo com que a população destas localidades enfrentem grandes problemas quando uma seca ocorre (escassez natural) ou quando a escassez é artificialmente produzida (problemas de gestão de recursos hídricos).

Silva et al. (2013) definiram a seca como a forma crônica do fenômeno estiagem, sendo, portanto, analisada como um dos desastres naturais de maior ocorrência e impacto no mundo, fato

que pode ser explicado, principalmente, porque ela ocorre durante longos períodos de tempo, afetando grandes extensões territoriais.

Seca, no rigor léxico da palavra, significa estiagem, falta de umidade, devido à falta ou na má distribuição das chuvas. Segundo PAE-PB (2011), a seca é um fenômeno natural caracterizado pelo atraso na precipitação das chuvas ou pela sua ocorrência abaixo do valor mínimo necessário à sobrevivência da vegetação.

Sobre alguns conceitos de seca pode-se citar Palmer (1965) que definiu o fenômeno da seca como o intervalo de tempo, geralmente da ordem de meses ou até mesmo anos, durante o qual a precipitação diminui “consideravelmente” em relação ao climatologicamente esperado ou apropriado.

Kobiyama *et al.*, (2004), considera a seca um período prolongado de baixa ou ausência de pluviosidade, quando a perda da umidade do solo é superior à sua reposição.

Segundo a Autoridade Nacional de Proteção Civil de Portugal (2017), a seca é uma catástrofe natural com propriedades bem características e distintas dos restantes tipos de catástrofes. De uma maneira geral, é entendida como uma condição física transitória caracterizada pela escassez de água, estando associada a períodos mais ou menos longos de reduzida precipitação com repercussões negativas nos ecossistemas e nas atividades socioeconômicas.

A seca é um fenômeno natural que se diferencia de outras catástrofes naturais pelo início lento, não definido, de longa duração e pelo fato de se espalhar, na maioria das vezes, por uma extensa área, indo muito além de limites administrativos estaduais e até mesmo nacionais (PARAÍBA, 2011), como pode ser bem exemplificado no caso da península ibérica.

Como se pode observar conceituar seca não é algo tão simples. Não se encontra na literatura uma definição universal. Elas variam segundo o ponto de vista do observador. Segundo Souza (2010), o significado da palavra seca é muito variável e depende dos interesses específicos de seus usuários e também do próprio clima da região estudada. Entretanto, ele define de forma geral como uma deficiência de água com duração prolongada, de vasta atuação espacial e com grande impacto nas atividades econômicas dominantes.

As definições de seca têm sido categorizadas como conceitual ou operacional (WILHITE; GLANTZ., 1985). As conceituais geralmente definem os limites do conceito de seca e, portanto, são muito genéricas nas suas descrições do fenômeno. Definições operacionais tentam identificar o início, severidade e final de episódios de seca.

Alguns autores preferem adotar definições operacionais para distinguir entre secas hidrológicas, agrícolas, meteorológicas, secas verde, secas relativa, secas parciais e totais, secas efetivas, secas sociais, secas edáficas, etc., (adaptado de FAVERO; DIESEL, 2008).

Para Yevjevich (1967), partindo do ponto de vista da engenharia, a seca é um conjunto de fatores que variam e afetam consideravelmente a precipitação, escoamento superficial e armazenamento de água; para o economista, ela está diretamente ligada às atividades humanas afetadas, ou seja, à seca quando atinge a agricultura, o abastecimento de água, dentre outras; o agrônomo tem outro ponto de vista fortemente relacionado com as necessidades de água em vários cultivos, uma vez que ele entende que uma seca para tomate, por exemplo, pode não ser seca para uma cultura de crescimento rápido.

Rosendo (2014) afirma que todas essas classificações se caracterizam por adotar usualmente, um ou mais indicadores variáveis de interesse primário, como por exemplo: pode ser o índice de precipitação (seca meteorológica), umidade do solo e resposta das culturas (seca agrícola), desempenho do fluxo dos rios ou níveis de água do solo (seca hidrológica e seca de água no solo). Assim, é comum que cada profissional use a palavra seca para definir uma condição de análise específica de um ou mais indicadores que são primordiais para sua área do conhecimento.

Como se pode ver, as classificações de secas já trabalhadas na literatura são numerosas e abordam os mais diversos aspectos desse fenômeno. Consideraram-se, neste trabalho, como as principais classificações dos tipos de seca: climatológica ou meteorológica, edáfica, hidrológica e a seca social (NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER, 2003).

Como foi observado por Campos e Studart (2001), existe uma sequência lógica expressa nessas quatro classificações: a seca climatológica surge como fator inicial que desencadeia todo o processo. A seca hidrológica e a edáfica têm, via de regra, como origem principal a falta d'água oriunda da seca climatológica. A ocorrência das três primeiras culmina com a seca social, a qual tem como principal agravante ou atenuante o grau de vulnerabilidade em que a população encontra-se inserida.

A Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE-Brasil) em seus trabalhos prefere caracterizar os tipos de seca de uma forma diferente:

As secas podem ser classificadas em hidrológicas, agrícolas, e efetivas. A hidrológica caracteriza-se por uma pequena, mas bem distribuída precipitação. As chuvas são suficientes apenas para dar suporte à agricultura de subsistência e pastagens. A seca agrícola, também conhecida como seca verde, acontece quando há chuvas abundantes, mas mal distribuídas em termos de tempo e espaço. A seca efetiva ocorre quando há baixa precipitação de chuvas, tornando difícil a alimentação das populações e dos rebanhos e impossibilita a manutenção de reservatórios de água para o consumo humano e animal (SUDENE, 2000 apud GOMES, 2001).

Quanto a sua distribuição ao longo do período chuvoso esperado, Pessoa e Cavalcanti (1973) definiram uma distinção entre dois tipos de seca, nomeando-as de seca absoluta e seca relativa:

[...] uma seca anual qualquer pode ser distribuída, grosso modo, a (i) uma deficiência no volume das precipitações anuais: chamá-la-emos de *seca absoluta*, (ii) uma inadequada repartição das chuvas no ano: chamá-la-emos de *seca relativa* (PESSOA; CAVALCANTI, 1973, p. 52).

Sobre este mesmo fato, caracteriza o fenômeno da seca relativa observado por Pessoa e Cavalcanti (1973) como “seca verde”, ou seja, uma situação em que a distribuição das chuvas “não coincide” com o calendário das colheitas, resultando na perda de produção, mas sem que a vegetação natural, de forma geral, sofra por falta de água (não se caracteriza como seca edáfica) (MAGALHÃES *et al.*, 1991).

Quanto a sua previsibilidade, Filgueira (2004) afirma que embora as secas representem fenômeno recursivo sobre as regiões semiáridas, prever uma seca não é uma tarefa tão fácil.

Este fator é levado em consideração na definição de seca de Pereira et al. (2002), que definem a seca como uma persistente precipitação abaixo da média, com frequência, duração e severidades incertas, devido à imprevisibilidade de sua ocorrência, resultando na diminuição da disponibilidade de água e na redução da capacidade de armazenamento natural do ecossistema.

Segundo Paraíba (2011) a seca não surge de repente e nem destrói cidades, como enchentes e terremotos, ainda assim tem os seus efeitos sobre o meio ambiente e as populações tão destrutivos quanto aqueles, porém agravados pela peculiaridade de serem efeitos de impactos continuados, não momentâneos. A duração e fim de uma seca também são imprevisíveis.

Outro fator importante no estudo dos tipos de seca é a sua distribuição espacial. Sobre isso Gomes (2001) relata que por vezes em parte da região semiárida brasileira, ocorreu seca em só uma porção desse território, enquanto que em outras localidades sua estação de chuvas teve pouca ou nenhuma alteração. Existem, portanto, secas parciais (que incidem apenas em algumas partes) e secas totais (que assolam toda a região semiárida).

Ainda sobre o fenômeno seca, Travassos et al. (2013) apontam que as mesmas podem acontecer sob a forma de uma acentuada diminuição, concentração espacial e/ou temporal da precipitação pluviométrica anual. Assim, quando ocorre uma seca, a produção agrícola fica comprometida, a pecuária é enfraquecida, chegando por vezes a ser dizimada, e as reservas de água da superfície se exaurem, levando as camadas mais pobres da população a ficarem inteiramente vulneráveis aos seus efeitos.

Segundo Silva (2002), o comum a todos os tipos de seca é o fato de que elas se originam de uma deficiência de precipitação que resulta em escassez de água para algumas atividades econômicas ou a grupos populacionais vulneráveis. Essas secas tem resultado em significativos impactos em uma miríade de setores econômicos, incluindo agricultura, transporte, energia, recreação e saúde; elas também têm tido consequências adversas ao meio ambiente.

O impacto das secas é frequentemente negligenciado pelos seres humanos. A expansão rápida da população da Terra está pondo uma demanda sempre crescente nos limitados recursos hídricos e acelerando a degradação do meio ambiente. Secas de moderada intensidade, que anteriormente causavam só um pequeno impacto, podem resultar em consequências econômicas sérias e grandes impactos no meio ambiente. Portanto, pode ser difícil determinar se é a frequência da seca que está aumentando ou simplesmente se é a vulnerabilidade a ela que aumentou (WILHITE, 1990).

De acordo com Ramalho (2013), as situações extremas de secas tornam a agricultura de subsistência impraticável na proporção da diminuição da água disponível, uma vez que os açudes secam, morrem as culturas e os peixes. Além disso, a contaminação da água ainda causa vítimas de doenças infectocontagiosas e gastrointestinais, como efeitos colaterais de maiores desconfortos ao organismo humano, sobretudo de idosos e crianças.

Sendo assim, é pertinente destacar que esse fenômeno tem sido uma das principais causas da dificuldade da promoção do desenvolvimento e de melhorias de qualidade de vida das populações das regiões semiáridas, principalmente, por afetar diretamente as atividades que predominam nas regiões e praticadas pelas pessoas mais vulneráveis: a agricultura e a pecuária, componentes do setor primário da economia.

3.2 Conceitos em Gestão de Riscos e Desastres

Os temas relacionados com riscos e desastres são cada vez mais comuns em diferentes áreas do conhecimento. Diversas organizações mundiais como Banco Mundial (*World Bank*), Organização das Nações Unidas (*UN*), Agência Europeia do Ambiente (*European Environment Agency*), têm abordado a análise, prevenção e preparação como primordiais para a busca de um efetivo desenvolvimento social.

Os próximos tópicos abordam uma análise conceitual dos principais temas relacionados com a gestão de riscos e desastres.

3.2.1 Risco

A literatura sobre riscos é muito ampla fazendo com que seja, por vezes, confusa. Nascimento (2009) aponta o risco como sendo a probabilidade de ocorrência de algum dano a uma população (pessoas ou bens materiais).

O Ministério das Cidades brasileiro avalia o risco como sendo a:

Relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco (BRASIL, [2007a], p. 27).

Já o Glossário de Defesa Civil da Secretaria Nacional de Defesa Civil do Ministério da Integração Nacional do Brasil, define o risco como sendo:

Uma medida de dano potencial ou prejuízo econômico expressa em termos de probabilidade estatística de ocorrência e de intensidade ou grandeza das consequências previsíveis (BRASIL, [2008] p. 162).

O Glossário da Estratégia Internacional para Redução de Desastres (ISDR, 2009) apresenta uma definição mais complexa, ainda sobre a questão dos riscos, definindo-o como a probabilidade de consequências prejudiciais ou perdas esperadas (mortes, lesões, propriedades, meios de subsistência, interrupção de atividade econômica ou ambiental, ameaças naturais ou antropogênicas em condições de vulnerabilidade).

Entende-se que o risco atual é “fabricado” e depende cada vez menos das contingências naturais e cada vez mais de intervenções sociais e culturais, que em alguns casos desencadeiam desastres ditos “naturais” (ZANELLA, 2010).

Herculano (2002) afirma que é importante que se considere o conceito de risco como a resultante de algumas categorias básicas:

- Risco “dito” natural: associado ao comportamento dinâmico dos sistemas naturais frente à ocupação humana em determinado local;
- Risco tecnológico: definido como potencial de ocorrência de eventos danosos à vida, a curto, médio e longo prazo, em consequência das decisões de investimento na estrutura produtiva, isto é, um risco produzido pelo homem, oriundo principalmente de sua cadeia produtiva;
- Risco social: resultante das carências sociais ao pleno desenvolvimento humano, que contribuem para a degradação das condições de vida.

Segundo Meirelles (2009), o risco deve ser visto como um indicador dinâmico das relações entre sistemas naturais, a estrutura produtiva e as condições sociais de reprodução humana, em determinado lugar e em determinado momento. Isto é, historicamente e geograficamente determinado.

O risco pode ser entendido como a representação de uma ameaça que afeta os alvos e que constituem indicadores de vulnerabilidade, ou seja, ao se escolher áreas semiáridas como focos de

estudos de gestão de riscos, observa-se que a seca se caracteriza por ser uma ameaça esporádica e recorrente, e comumente há entre elas, alguns anos e até mesmo décadas de precipitação consideravelmente normal ou acima do normal.

3.2.2 Desastre

Brasil (2008, 2017b) afirma que o desastre é o resultado de eventos adversos, naturais, tecnológicos ou de origem antrópica, sobre um cenário vulnerável exposto a ameaça, causando danos humanos, materiais ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais.

O ISDR (2009, p. 8) define desastre como:

Séria interrupção do funcionamento de uma comunidade ou sociedade que causa perdas humanas e/ou importantes perdas materiais, econômicas ou ambientais; que excedem a capacidade da comunidade ou sociedade afetada de lidar com a situação utilizando seus processos de risco. Resulta da combinação de ameaças, condições de vulnerabilidade e insuficiente capacidade ou medidas para reduzir as consequências negativas e potenciais do risco.

Filgueira (2004) esclarece que os desastres pressupõem a ocorrência de dois fatores: a ameaça de uma situação e a vulnerabilidade das pessoas e dos bens a este fenômeno. Nesse pressuposto, para o mesmo autor, o risco de desastre é eminentemente social, pois consiste da vulnerabilidade que determinado indivíduo, comunidade ou setor apresenta para os diversos tipos de ameaças, como por exemplo, eventos meteorológicos extremos, tecnológicos, entre outros.

Para Vargas (2002), desastre é uma situação de dano grave que altera a estabilidade e as condições de vida de um ecossistema, ou seja, de uma comunidade de seres vivos, dada diante a presença de uma energia ou força potencialmente perigosa. O dano de um desastre obedece ao que o sistema e seus elementos não estão em capacidade de proteger-se da força ameaçante ou de recuperar-se de seus efeitos.

Segundo Brasil (2007b, p.8), “[...] desastre é o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais”.

Segundo Cardona (1993), as ameaças naturais como seca, inundações, erupções vulcânicas, terremotos, etc., não são sinônimos de desastres naturais. Neste sentido, alguns autores esclarecem que os desastres somente ocorrem quando uma ameaça surge em condições vulneráveis, salientando ainda que as ameaças ocorridas em áreas desabitadas ou onde as atividades econômicas padrões não são vulneráveis, não causam desastres (MEDINA; ROMERO, 1992; ACOSTA, 1996).

Em todos os pensamentos acima expostos, verifica-se que o conceito de desastre encontra-se imbricado em uma relação dialética entre a sociedade e natureza, sendo ambas prejudicadas em uma ocasião de desastre. Desta forma, pode-se ver quão grande é a importância da prevenção de um desastre.

Costa (2012) afirma que os desastres são quantificados, em função dos danos e prejuízos em termos de intensidade, enquanto que os eventos adversos são quantificados em termos de magnitude. A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado. Normalmente, o fator preponderante para a intensificação de um desastre é o grau de vulnerabilidade do sistema receptor.

Seguindo este mesmo raciocínio, diversos autores têm envidado seus esforços no sentido de quantificar não só os impactos e magnitudes dos desastres, mas também os graus e modos pelos quais as vulnerabilidades se apresentam em diferentes meios, isto feito por meio da utilização de indicadores quantitativos e qualitativos.

Vargas (2002) representa o risco de desastre como uma função das ameaças e das vulnerabilidades:

$$\text{RISCO DE DESASTRE} = f(\text{AMEAÇA, VULNERABILIDADE})$$

Algumas disciplinas também incluem o conceito de exposição para referir-se principalmente aos aspectos físicos da vulnerabilidade. Mas além de expressar uma possibilidade de dano físico, é crucial reconhecer que os riscos podem ser inerentes e aparecem ou existem dentro de sistemas sociais. Igualmente é importante considerar os contextos sociais nos quais os riscos ocorrem, pois a população não necessariamente compartilha as mesmas percepções sobre o risco e suas causas subjacentes (ISDR, 2009).

3.2.3 Ameaça

Cardona (1991) define as ameaças como fatores de risco externo de um sujeito ou sistema, representado por um perigo latente associado com um fenômeno físico de origem natural ou tecnológica e que pode produzir efeitos adversos nas pessoas, nos bens e/ou no meio ambiente.

De acordo com Maskrey (1998), considera-se ameaça (para uma comunidade) a probabilidade de que ocorra um fenômeno natural ou humano perigoso.

Vargas (2002) define ameaça como a magnitude e duração de uma força ou energia potencialmente perigosa, por sua capacidade de destruir ou desestabilizar um ecossistema ou os elementos que os compõem, e a probabilidade de que essa energia se desencadeie.

Ao se falar em literatura internacional o termo “perigo” é normalmente utilizado para definir ameaça, especialmente na língua inglesa como *hazard*, dependendo da concepção teórica dos autores ou das organizações que o definem (UFSC, 2012).

Jones e Boer (2003) definem ameaça como um evento com potencial para causar danos como: ciclones tropicais, secas, inundações ou condições que podem levar a um surto de organismos geradores de doenças.

Entende-se por ameaça a possibilidade de ocorrência de um fenômeno potencialmente destrutivo, de origem natural ou humana, e que pode tornar-se perigoso para as pessoas e seus meios de sobrevivência localizada em uma região exposta ao risco (SINAPRED, 2003).

Já de acordo com Filgueira (2004), a ameaça refere-se à probabilidade da ocorrência de um evento físico capaz de ocasionar danos como terremotos, ciclones, inundações, secas, etc.

Segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 2006; 2017b), perigo ou ameaça caracteriza-se por evento físico, potencialmente prejudicial, fenômeno e ou atividade humana que pode causar a morte ou lesões, danos materiais, interrupção da atividade social e econômica ou degradação ambiental.

Segundo Santos (2007), ameaça é a estimativa de ocorrência e magnitude de um evento, expressa em termos de probabilidade estatística de concretização do evento e da provável magnitude de sua manifestação.

Essa definição de ameaça elaborada por Santos (2007) torna-se um tanto quanto problemática e inaplicável ao relacioná-lo com a ameaça da seca, pois segundo Pereira et al. (2002) e Filgueira (2004), mesmo com a tecnologia que existe hoje, prever a iminência de uma seca não é uma tarefa fácil como se imaginava antes, muito menos prever a sua duração, magnitude e severidade, depois do evento já iniciado.

Segundo ISDR (2009), a seca se caracteriza por ser uma ameaça hidrometeorológica:

As ameaças hidrometeorológicas são processos ou fenômenos naturais de origem atmosférico, hidrológico ou oceanográfico, que podem causar a morte ou lesões, danos materiais, interrupção da atividade social e econômica ou degradação ambiental. Exemplos de ameaças hidrometeorológicas são inundações, fluxo de lodo e detritos, ciclones tropicais, frente de tempestades, raios/trovões, tempestades de neve, granizo, chuvas, ventos e outras tempestades severas; permagel (solo permanentemente congelado), avalanches de neve ou gelo; seca, desertificação, incêndios florestais, temperaturas extremas, tempestades de areia ou poeira.

Segundo Autoridade Nacional de Proteção Civil de Portugal (2017), a previsão da ameaça da seca é essencialmente climatológica. Apesar de serem bem conhecidos os mecanismos atmosféricos que dão origem às secas, a sua previsão em tempo hábil é geralmente difícil, uma vez

que se relaciona com a previsão meteorológica a longo prazo. O mesmo se passa relativamente à análise de situações de seca, em que a previsão das suas durações e intensidades é difícil, dada a enorme aleatoriedade existente.

3.2.4 Vulnerabilidade

De acordo com a Organização Pan-americana de Saúde – OPAS - ISDR (2009), a vulnerabilidade é a suscetibilidade ou a predisposição intrínseca de um elemento ou um sistema de ser afetado gravemente. Peixoto (2008) completa este raciocínio afirmando que a vulnerabilidade é o fator interno do risco, dado que esta situação depende quase que exclusivamente da relação com o homem e as suas atividades.

Segundo Cardona (1991), vulnerabilidade é a predisposição intrínseca de um sujeito ou elemento a sofrer danos devido a possíveis ações externas, portanto, sua evolução contribui de forma fundamental para o conhecimento do risco mediante interações do elemento susceptível com o ambiente perigoso.

Para Porto (2007), a vulnerabilidade no campo dos desastres pode ser entendida como uma propriedade de um sistema socioambiental. É o grau no qual um sistema ou unidade de exposição é susceptível a algum dano, decorrente de uma exposição a alguma perturbação ou estresse no sistema, bem como, a falta de habilidade para enfrentar, recuperar ou mesmo se adaptar de forma estrutural, perdendo características e adquirindo outras, ou seja, transformando-se em um novo sistema.

Para Vargas (2002), vulnerabilidade é a disposição interna de ser afetada por uma ameaça. Se não há vulnerabilidade, não há destruição ou perda. Esta visão mostra que a vulnerabilidade está relacionada ao grau de exposição e proteção de um determinado indivíduo, comunidade ou sociedade.

Nascimento (2009) afirma que vulnerabilidade define a magnitude dos impactos danosos de um evento sobre os alvos afetados. Esse autor cita como exemplo a capacidade de resistência das construções diante de determinado fenómeno físico ou de processos que estimularam o desencadeamento dos desastres, que pode ser de natureza humana, socioeconômica ou ambiental. A ocorrência de determinado acontecimento traz consequências para as populações e aos bens envolvidos, enquanto os seus efeitos podem afetar o funcionamento das sociedades humanas e dos ecossistemas, que além das perdas econômicas podem gerar a perda de vidas.

A vulnerabilidade é a exposição socioeconômica ou ambiental de cenário sujeito à ameaça natural, tecnológica ou de origem antrópica. Indica como as condições preexistentes fazem com que os elementos expostos sejam mais ou menos propensos a ser afetados (BRASIL, 2017b).

Filgueira (2004) afirma que a vulnerabilidade refere-se à probabilidade de uma sociedade ou de um grupo social para sofrer danos a partir da ocorrência do evento físico. Nesse sentido, Zanella (2010) afirma que a vulnerabilidade encontra-se diretamente relacionada com grupos vulneráveis (populações) que, por determinadas contingências, são mais propensos a uma resposta negativa quando da ocorrência de algum evento adverso.

Segundo Deschamps (2004), citado por Zanella (2010), a vulnerabilidade socioambiental pode ser definida como uma zona onde coexistem riscos ambientais efetivos e populações em situação de vulnerabilidade social.

Alguns tipos de vulnerabilidades são apresentados por Aysan (1993), como se segue: econômica (falta de acesso a recursos/materiais); social (desintegração de padrões sociais), organizacional (falta de um Estado forte e estruturas institucionais); atitudinal e motivacional (falta de consciência pública); política (acesso limitado ao poder e representação, corrupção); cultural (crenças e costumes), física (construções frágeis e indivíduos fracos). Existem vários tipos de vulnerabilidade para os sistemas humanos; entretanto, Alcántara-Ayala (2002) ressalva que todas estas podem se enquadrar nos quatro tipos principais: social, econômica, política e cultural.

Ionescu et al. (2005) afirmam que o estudo das vulnerabilidades devem, idealmente, serem caracterizadas através de três princípios básicos: a entidade que é vulnerável (representada como um sistema dinâmico), o estímulo a que é vulnerável (a entrada do sistema) e os critérios de preferência que devem ser utilizados na avaliação, buscando sempre um resultado da interação entre a entidade e o estímulo.

O conceito de vulnerabilidade socioambiental vem sendo empregado em vários trabalhos que versam sobre riscos e ameaças, conceito holístico que une o termo vulnerabilidade aos aspectos sociais e ambientais de determinada área em estudo.

Este estudo usa a definição de vulnerabilidade adotada pelo IPCC (MCCARTHY *et al.*, 2001), onde a vulnerabilidade de uma entidade é caracterizada por uma função da exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação, que por sua vez são definidos como:

$$\text{VULNERABILIDADE} = \text{EXPOSIÇÃO} \times \text{SENSIBILIDADE} \times \text{CAPACIDADE ADAPTATIVA}$$

Onde:

A Exposição - representa a amplitude e a frequência do evento experimentado pela entidade; a Sensibilidade - representa o impacto do evento que pode resultar na redução de bem-estar social, devido à incapacidade do local e dos indivíduos absorverem a energia emanada pelo evento; a Capacidade de adaptação ou capacidade adaptativa - representa a extensão que a entidade pode ter em modificar o impacto do evento com o intuito de reduzir a sua vulnerabilidade.

Bhattacharya e Dass (2007) analisaram através destes conceitos, a vulnerabilidade à seca dos 16 estados que compõe a Índia e que tipo de ações eram executadas com o intuito de minimizar as vulnerabilidades em que a população encontrava-se inserida.

3.2.4.1 Exposição

O UNDP (2004) apresenta a definição de exposição como sendo o valor total de elementos em risco. Ele é expresso como o número de vidas humanas e/ou valor das propriedades que podem ser afetadas por riscos. A exposição é uma função da localização geográfica dos elementos.

ISDR (2009) afirma que a exposição é caracterizada por pessoas e/ou propriedade, sistemas ou outros elementos presentes em zonas de risco, que são assim sujeitas a perdas potenciais. Quanto a quantificação e qualificação da exposição, essas podem ser dadas por meio do número de pessoas ou tipos de atividades em uma área que se encontram expostas ao risco.

Autoridade Nacional de Proteção Civil de Portugal (2017) afirma que a exposição se configura como sendo o grau com que uma pessoa, organização ou parte interessada está sujeita a um evento (natural, antrópico ou misto).

Bhattacharya e Dass (2007) em um estudo, financiado pela Comissão Europeia, denominado de Projeto BASIC trazem o termo exposição como um conjunto de fatores que devem ser investigados, objetivando uma visão mais efetiva da exposição. Segundo esses autores, a exposição é mais bem entendida em termos de componentes, tais como: (i) as características de estímulo (no presente caso a seca), (ii) a exposição da população (priorizando a população rural que depende efetivamente da produção agrícola), e (iii) a atividade exposta (as atividades agropecuárias).

3.2.4.2 Sensibilidade

Segundo Pavan (2012), a avaliação sensibilidade socioambiental é um passo fundamental para a formação da base de prevenção frente às ocorrências de eventos naturais de qualquer magnitude. Nesse caso, a implementação e a efetividade da prevenção são influenciadas pela

percepção individual e essa está fortemente influenciada por características pessoais e parâmetros sociais e culturais.

Segundo Mussi (2011), a sensibilidade pode ser expressa como medida que representa a facilidade com que um ambiente é afetado quando recebe alguma intervenção. É reflexo da susceptibilidade e da vulnerabilidade. É a resposta do ambiente a um dado estresse e sua severidade.

Bhattacharya e Dass (2007) afirmam que a sensibilidade pode representar o impacto do evento, que pode resultar na redução de bem-estar social, se houver uma incapacidade do local e dos indivíduos, ali residentes, absorverem a energia emanada pelo evento.

Segundo Cardona (2012), sensibilidade pode ser considerada como a predisposição física de seres humanos, infraestrutura e ambiente a serem afetados por um fenômeno perigoso, devido à falta de resistência e predisposição da sociedade e dos ecossistemas a sofrer danos, como consequência de condições intrínsecas e contexto que torna plausível que tais sistemas, uma vez impactados, entrarão em colapso ou em experiência de danos e prejuízos devido à influência de um evento de risco.

Segundo Smit e Wandel (2006), a interação das características sociais e ambientais determina o grau de exposições e sensibilidades, enquanto as várias características sociais, culturais, políticas e econômicas moldam a capacidade de adaptação.

Portanto, entende-se como sensibilidade, uma predisposição intrínseca ao meio socioambiental de sofrer ou não danos frente a um evento climático diverso.

3.2.4.3 Capacidade adaptativa

Este conceito pode-se apresentar como capacidade adaptativa, capacidade de enfrentar ou somente capacidade. Todos esses termos representam a forma pela qual certo indivíduo ou comunidade se comporta frente a um desastre.

O glossário do ISDR (2009) adota o termo capacidade como uma combinação de todas as forças e recursos disponíveis dentro de uma comunidade, sociedade ou organização que pode reduzir o nível de risco ou os efeitos de um evento ou desastre. O conceito de capacidade pode incluir meios físicos, institucionais, sociais ou coletivos, tais como liderança e gestão. A capacidade pode também ser descrita como uma aptidão.

Esse mesmo glossário apresenta a definição de “capacidade de enfrentar”, que é expressa como:

Meios pelos quais a população ou organizações utilizam habilidades e recursos disponíveis para enfrentar consequências adversas que podem conduzir a um desastre. Em geral, isso implica na gestão de recursos tanto em períodos normais como durante tempos de crise ou condicionantes adversas. O fortalecimento das capacidades de enfrentar com frequência compreendem uma melhor resiliência para lidar com os efeitos das ameaças naturais e antropogênicas (ISDR, [2009], p.6).

ISDR (2009) ainda propõe o conceito de desenvolvimento da capacidade como um conjunto de esforços dirigidos ao desenvolvimento de habilidades humanas ou infraestruturas sociais, dentro de uma comunidade ou organização, necessários para reduzir o nível de risco. Em termos gerais, o desenvolvimento de recursos institucionais, financeiros e políticos entre outros; tais como a tecnologia para diversos níveis e setores da sociedade.

Capacidade de adaptação refere-se ao potencial de adaptar-se, não necessariamente ao ato ou o resultado da adaptação. No contexto das mudanças climáticas, fala-se da habilidade de um sistema de se ajustar, modificar ou alterar as suas características e ações para moderar um dano em potencial; tirar vantagens das oportunidades; ou saber lidar com as consequências de um clima em mudança (BROOKS, 2003).

Segundo Bhattacharya e Dass (2007), a capacidade adaptativa pode ser descrita como a capacidade de certa população, que exposta a um risco, tenta proteger-se utilizando medidas físicas ou teóricas de enfrentamento, bem como a capacidade desta entidade saber se aproveitar desses recursos.

A Autoridade Nacional de Proteção Civil Portuguesa (2017), e a do Brasil (2017), definem resiliência como a capacidade de uma organização, comunidade, ou sistema, se adaptar a um ambiente complexo e em mudança; capacidade de resistir, absorver e recuperar de eventos de risco de uma forma eficiente e atempada, preservando ou restaurando as suas estruturas básicas, funções e identidade.

3.3 Indicadores e índices socioambientais

Segundo França (2001), os indicadores ambientais começaram a ser utilizados por meio do incentivo de governos e organizações internacionais na formulação e divulgação dos primeiros relatórios sobre o estado do meio ambiente, nas décadas de 1970 e 1980. Assim, o *World Resources Institute* (WRI), dos Estados Unidos, entre 1980 e 1990, desenvolveu uma pesquisa sobre indicadores ambientais que resultou na publicação do relatório chamado “Indicadores Ambientais: uma Abordagem Sistemática para Medir e Informar o Desempenho Político-Ambiental no Contexto

do Desenvolvimento Sustentável” (*Environmental Indicators: a Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development*).

Marzall e Almeida (2000) consideram que um indicador em si é apenas uma medida, não um instrumento de previsão, ou uma medida estatística definitiva, tampouco uma evidência de causalidade; eles apenas constataam uma dada situação. As possíveis causas, consequências ou previsões que podem ser feitas são um exercício de abstração do observador, de acordo com sua bagagem de conhecimento e sua visão de mundo.

Por definição, os indicadores/índices têm como objetivo facilitar a avaliação e gestão de situações complexas, uma vez que permitem agregar/representar, em um só valor, um elevado volume de informação, assumindo um papel fundamental na tomada de decisão (STEINMANN, HAYES; CAVALCANTI, 2005).

Alguns autores definem indicadores como partes de informações que assinalam características dos sistemas, com ênfase em alguma variável destes. Nesse mesmo contexto, considera-se que a função dos indicadores é dar melhor compreensão às informações sobre dados complexos e são essenciais para uma melhor análise do desenvolvimento em várias dimensões (socioeconômicas, ambientais, geográficas, institucionais e culturais), uma vez que permitem verificar os impactos das ações humanas no ecossistema (SILVA, CORREIA; CÂNDIDO, 2010).

Convém, no entanto, distinguir que um indicador corresponde ao valor de uma variável (ex. precipitação, evapotranspiração, vazão...) enquanto um índice resulta da compilação de dados de uma ou mais variáveis (Índice de Anomalia de Chuva, Índice de Aridez), estando normalmente associados a uma classificação específica através da qual pode ser definida uma escala de, por exemplo severidade de seca (STEINMANN, HAYES; CAVALCANTI, 2005).

Segundo Santos (2010), os indicadores e índices são elaborados para exercerem as funções de simplificação, quantificação, análise e comunicação, o que permite entender fenômenos e torná-los quantificáveis, qualificáveis, compreensíveis e comparáveis. Ressalta-se ainda que os indicadores são instrumentos de grande utilidade, pois são capazes de fornecer informações localizadas no tempo e no espaço, permitindo o acompanhamento com uma interação dinâmica da realidade.

Atualmente, os indicadores ambientais têm sido adotados em diversos estudos, nos quais há uma grande amplitude de variáveis influentes no fenômeno principal, sendo utilizados principalmente como ferramenta de gestão nas mais diversas vertentes das ciências ambientais.

Desta maneira, a elaboração de indicadores que traduzam aspectos, de forma a promover o diálogo entre os diversos interesses envolvidos, é considerada uma ferramenta para auxiliar a tomada de decisões. Para isso, é importante que tais ferramentas tenham um grau de abrangência,

aceitabilidade e resumo do fenômeno a ser controlado (MAGALHÃES JUNIOR, 2010; BRAGA; FERREIRA, 2011).

Os indicadores devem atender os seguintes requisitos: serem válidos, ou seja, devem medir realmente o que se supõe medir; serem objetivos, isto é, dar o mesmo resultado quando a medição é feita por pessoas distintas em circunstâncias equivalentes; serem sensíveis, ou seja, ter a capacidade de captar as mudanças ocorridas na situação; e serem específicos, isto é, refletirem só as mudanças ocorridas na situação de que se trata (AISSE, BOLLMANN; GARCIA, 2003)

Segundo Bomfim (2013), os indicadores, quando colocados de forma numérica, são valores medidos ou derivados de mensurações quantitativas e/ou qualitativas passíveis de serem padronizados e assim comparados com informações de outras áreas, regiões ou países.

Objetivando a prevenção e preparação para eventos extremos há um crescente aumento na produção de trabalhos que tentam analisar, por meio de indicadores, as vulnerabilidades à inundação (KOBAYAMA *et al.*, 2016; SOUZA JUNIOR, 2016; STEFFEN, 2017), vulnerabilidades a deslizamentos (KOBAYAMA *et al.*, 2016; CAMARINHA, 2016), vulnerabilidades às ameaças costeiras (RUDORFF, 2005; SILVA, 2013; SILVA *et al.*, 2013), entre outros temas analisados, muitos sendo os autores que se propuseram a analisar as vulnerabilidades às secas e as estiagens prolongadas em diferentes continentes do mundo.

Quando se fala em índices e indicadores que envolvem o evento climático da seca, tem-se em primeiro lugar que diferenciar índices de severidade de seca, dos índices de vulnerabilidade sócioeconômica ambiental à seca, pois são constantemente confundidos.

Os índices de severidade à seca, como o próprio nome diz, analisam as questões relacionadas aos aspectos físicos da seca, como: distribuição temporal e espacial da precipitação, teor de humidade do solo, escoamento superficial, volumes armazenados nos reservatórios, níveis piezométricos (águas subterrâneas), entre outros.

Para a seleção dos índices mais apropriados à avaliação de severidade de seca Tsakiris e Pangalou (2009) realça que alguns dos principais aspectos que devem ser levados são:

- Simplicidade (facilidade de utilização e percepção por parte dos interessados);
- Racionalidade (suporte científico adequado e significado físico concreto);
- Sensibilidade (tanto mais elevada quanto maior a amplitude de variação dos valores);
- Resposta em tempo hábil (reduzido período de atraso);
- Adaptabilidade (apropriado para utilização em outras regiões);
- Disponibilidade de dados (séries de longo prazo e dados de boa qualidade);
- Relação custo/ benefício (custo reduzido na obtenção dos dados necessários).

Segundo Vivas (2011), alguns dos índices de avaliação de secas mais habitualmente usados a nível mundial são:

- *Percent of Normal Precipitation* (PNP)
- *Palmer Drought Severity Index* (PDSI)
- Decis de precipitação (D)
- *Crop Moisture Index* (CMI)
- *Surface Water Supply Index* (SWSI)
- *Standardized Precipitation Index* (SPI)
- *Reconnaissance Drought Index* (RDI)
- *Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index* (SPEI)
- *Bhalme & Mooley Drought Index* (BMDI)
- *Rainfall Anomaly Index* (RAI)
- *Aridity index* (AI)
- *Herbst Severity Index* (HIS)
- *Lamb Rainfall Departure Index* (LRDI)

Observa-se que todos os índices elencados possuem algo em comum. São índices que tm como seu foco principal caracterizar os aspectos físicos do evento climático da seca, utilizando diferentes variáveis.

No entanto, a caracterização de sistemas socioambientais complexos demanda abordagens multifocais que englobem desde os aspectos físicos do meio ambiente, problemas sociais e até a análise de políticas públicas em curso, objetivando a solução da problemática em questão.

Nesta ótica, os índices e indicadores de vulnerabilidade socioambiental à seca tentam integrar a análise dos aspectos físicos das secas aos índices de vulnerabilidade. Podem-se citar exemplos destes casos os trabalhos desenvolvidos por: Campos (1994), Moss, Brenkert e Malone (2001), Bhattacharya e Dass (2007), Santos (2008), Costa e Waquil (2008), Salvati et al. (2009), Vivas (2011), Antwi-Agyei (2012), Alcântara, Strauch e Ajara (2012), Babaei (2012), Safi et al. (2012), Rosendo (2014), IPCE (2016), Oliveira (2017), entre outros.

Salvati et al., (2009) buscaram desenvolver um índice sintético de vulnerabilidade à seca e à desertificação levando em conta informações como: mudanças climáticas, uso da terra, cobertura vegetal, características do solo e da população para parte da região da Itália. Esse índice de vulnerabilidade foi construído objetivando incluir e considerar um conjunto de especificidades da

região, onde foi diagnosticado um aumento na vulnerabilidade nas regiões mais secas localizadas ao sul do território italiano no período de estudo, onde se pôde perceber também uma presença de agricultura intensa, degradação ambiental e grandes pressões antrópicas no ambiente.

Já Babaei, Araghinejad e Hoorfar (2013) apresentaram uma abordagem para uma representação espacial de avaliação de vulnerabilidade à seca na zona central do Irã, usando uma série de indicadores e atributos de multitomada de decisão, como método de desenvolver um quadro para avaliar as prioridades relativas de avaliação de seca, com base em um conjunto de preferências, critérios e indicadores.

Antwi-Agyei et al. (2012) utilizaram modelos multiescala e indicadores multimétodos para avaliar a vulnerabilidade da produção agrícola à seca em escala nacional e regional. Isto feito através de uma metodologia comparativa entre 10 regiões de Gana, na África Sub-saariana. O estudo ilustra uma análise quantitativa das diferenças na sensibilidade à seca de sistemas de produção de alimentos e mostra como essa avaliação permite a formulação de mais de um distrito alvo e investigação no nível da comunidade que pode explorar os sistemas de vulnerabilidade e de mudanças climáticas em uma escala local.

Os resultados levantados por Antwi-Agyei et al. (2012), mostram que a vulnerabilidade da produção agrícola à seca em Gana tem discerníveis padrões geográficos e socioeconômicos, nos quais os do Norte, Oeste e Altas Regiões do leste são os mais vulneráveis. Em parte, isso acontece porque essas regiões têm a menor capacidade de adaptação devido ao baixo desenvolvimento socioeconômico e têm economias baseadas na agricultura de sequeiro.

Outro exemplo de estudo foi realizado foi o de Safi, Smith e Liu (2012), que investigaram a vulnerabilidade às mudanças climáticas em função da vulnerabilidade, sensibilidade e capacidade de adaptação dos fazendeiros e agricultores do estado de Nevada nos Estados Unidos, para avaliar as suas relações com as mudanças climáticas, crenças, percepções de risco, orientações políticas e características socioeconômicas.

Xiaoqian et al. (2013) analisaram a vulnerabilidade regional à seca com base na interação das três dimensões da vulnerabilidade: a exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação. A aplicação desta metodologia foi feita na zona de transição temperada da Mongólia com o norte da China, onde a ameaça de seca é fundamental para os *Chans*.

Lindoso et al. (2014) realizaram uma avaliação comparativa da vulnerabilidade da agricultura familiar à seca, por meio de um sistema de avaliação integrada aplicado a sete municípios localizados no Semiárido Brasileiro (dentro do estado do Ceará). O sistema de vulnerabilidade também baseou-se na tríade: exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa.

Essa tríade também se faz presente nos trabalhos elaborados por Murthy, Laxman e Sai (2015) e Murthy et al. (2015) em seus trabalhos que buscaram identificar as vulnerabilidades à seca em diversas regiões da Índia.

O trabalho desenvolvido pelos pesquisadores Bhattacharya e Dass (2007), também analisou a vulnerabilidade nos estados da Índia como maior ocorrência de seca e que tipo de ações governamentais eram efetuadas com o intuito de minimizar as vulnerabilidades em que a população encontrava-se inserida. Como componentes do índice de Vulnerabilidade à seca foram escolhidos os Indicadores de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa.

Rosendo (2014) aplicou uma versão adaptada do conjunto de indicadores definidos por Bhattacharya e Dass (2007) em três municípios do semiárido brasileiro. Oliveira (2017) aplicou uma versão modificada dos indicadores desenvolvidos por Rosendo (2014) em mais quatro municípios na região semiárida brasileira. Já na elaboração do Protocolo de Preparação para a Seca da Bacia do Piranhas-Açu (Nordeste do Brasil), também se adotou essa mesma metodologia, porém tomou-se como unidade base de área de estudo as Unidades de Planejamento Hídrico UPHs da respectiva bacia hidrográfica (SOUZA FILHO et al., 2016).

Por meio de todas as pesquisas realizadas, optou-se por utilizar a metodologia proposta por Rosendo (2014), Rosendo et al. (2015), Rosendo et al. (2017), e Oliveira (2017) adaptando-se alguns critérios que forem viáveis para a comparação entre os dois países alvos deste estudo: Brasil e Portugal e adotando um novo método de agregação de dados, a lógica de inferência *fuzzy*.

3.4 Lógica *Fuzzy* aplicada a indicadores de vulnerabilidade à seca

Segundo Bhattacharya e Dass (2007), quantificar a vulnerabilidade à seca é muito difícil devido a vários motivos como: (i) a quantidade de fatores que podem contribuir para a vulnerabilidade; (ii) o conhecimento sobre os determinantes da vulnerabilidade é vaga; (iii) possibilidade de haver determinantes não-lineares entre as variáveis; (iv) falta de conhecimento específico sobre pesos que poderiam ser atribuídos a cada determinante.

Por estes e outros fatores é que se adotou neste estudo, o uso da lógica *fuzzy* e suas premissas linguísticas. Antes de se falar em lógica *fuzzy*, torna-se necessário falar sobre a lógica matemática clássica, ou seja, a lógica booleana que trata de problemas matemáticos assumindo sempre a possibilidade de existirem apenas dois resultados para as formulações lógicas: verdadeiro, igual a 1 (um); ou falso, igual a 0 (zero), trabalhando assim com modelos de raciocínio exato.

Considerando os problemas reais que cercam a sociedade, tanto nas indústrias, na economia, na engenharia, na medicina ou mesmo no dia a dia das pessoas, fica evidente a ausência de certezas

absolutas quanto a alguns aspectos. Estas informações, embora possam ser mensuradas, envolvem certo grau de incerteza e interpretação subjetiva, sujeitas a conclusões divergentes se verificadas por diferentes indivíduos.

Chiu e Park (1994) afirmam que, conforme o grau de incerteza de um problema aumenta, a capacidade de descrição de um modelo para resolução do mesmo decresce. Assim sendo, fez-se necessário o surgimento de uma teoria que fornecesse subsídios para a resolução de problemas com alto grau de incerteza, sem que informações importantes se perdessem durante a manipulação dos dados, por incapacidade do modelo matemático em lidar com a incerteza inerente ao mesmo.

Em meio a esta dificuldade lógica e baseando-se no princípio da incerteza, desenvolvido em 1927 por Heisenberg, o matemático de origem iraniana Lotfi Askar-Zadeh, professor da Universidade de Berkley - Estados Unidos, em 1965, desenvolveu a teoria de conjuntos *fuzzy*, com a principal intenção de dar um tratamento matemático especial a certos termos linguísticos subjetivos, como “aproximadamente”, “em torno de”, dentre outros. Esse seria um primeiro passo no sentido de se programar e armazenar conceitos vagos em computadores, tornando possível a produção de cálculos com informações imprecisas, a exemplo do que faz o raciocínio humano, baseado principalmente em aproximações e cercado de incertezas e suposições.

Segundo Barros e Bassanezi (2006), a palavra *fuzzy*, de origem inglesa, significa incerto, impreciso, subjetivo, nebuloso etc. Porém, como se pode apurar até agora, nenhuma dessas traduções¹² é tão fiel ao sentido amplo dado pela palavra *fuzzy* em inglês.

Corcoll-Spina (2010) afirma que se pode dizer que a teoria dos conjuntos *fuzzy* é uma generalização da teoria clássica de conjuntos, para dar tratamento matemático aos conjuntos descritos por meio de termos/valores subjetivos.

De acordo com Shaw e Simões (1999), a característica especial da lógica *fuzzy* é oferecer aos pesquisadores um novo modo de manusear informações imprecisas, porém, de uma maneira bastante diferente do que faz, por exemplo, na teoria das probabilidades.

Diferentemente da lógica clássica aristotélica – que é bivalente e admite apenas dois valores: falso ou verdadeiro, a lógica *fuzzy* é multivalente, pois reconhece uma variedade de valores, assegurando que “verdade” é uma questão de ponto de vista ou de gradação. Dessa maneira, consegue gerenciar incertezas, por meio de termos com um grau de pertinência de conjuntos, normalmente situado num intervalo numérico [0,1]. Isso faz com que toda forma de tecnologia orientada por um “enfoque *fuzzy*” adquira valor prático, tornando possível incluir a experiência dos

¹² Pode-se achar alguns textos em francês com a tradução “*nebulose*” e alguns estudos realizados no Brasil que a traduziram como “*difusa*” ou “*nebulosa*”, porém a maioria dos estudos utilizam o termo original.

controladores humanos em formas de controle computadorizadas e possibilitando estratégias de tomadas de decisão em problemas complexos.

Segundo Corcoll-Spina (2010), devido à possibilidade de manipulação de informações incertas e de seu respectivo armazenamento em computadores, o tratamento *fuzzy* de variáveis linguísticas subjetivas, referentes ao sujeito, ganhou um espaço substancial na modelagem matemática, particularmente quando não dispomos de dados suficientes para uma estatística; ou então quando a situação não comporta medições e dependemos de informações subjetivas de especialistas.

Essa lógica traduz em valores numéricos as expressões verbais vagas, imprecisas e qualitativas, comuns na comunicação humana, permitindo converter a experiência humana em uma linguagem “decodificável” por computador. A teoria dos conjuntos *fuzzy* é útil para traduzir variáveis linguísticas, como “alto”, “médio” e “baixo” em valores numéricos.

A aplicação da lógica *fuzzy* pode ser compartimentada principalmente em três operações básicas, são elas: fuzzificação (passagem dos valores numéricos para variáveis lógicas), inferência (análise lógica dos valores pelo bloco de regras *fuzzy*, utilizando principalmente os operadores “se” e/ou “então”) e a desfuzzificação (transformação dos valores lógicos em valores numéricos, por abordagens matemáticas). Todas as etapas aqui descritas serão explicadas no capítulo que trata da metodologia aplicada ao trabalho.

O uso da teoria dos conjuntos *fuzzy* em análises econômicas e na pobreza não é novo como, por exemplo, os estudos de realizados na Itália por Cerioli e Zani (1990) e na Inglaterra por Cheli e Lemmi (1995), que forneceram medidas teóricas de pobreza, sob um olhar da lógica *fuzzy*. Já Qizilbash (2002) ampliou essa aplicação da teoria *fuzzy* para analisar a noção de vulnerabilidade à pobreza no sul da África.

Em relação à vulnerabilidade/suscetibilidade à seca, diversos trabalhos já aplicaram a lógica *fuzzy* como forma de agregar as variáveis e indicadores, pode-se citar: Bhattacharya e Dass (2007), Krömke, Eierdanz e Stolberg (2008), Eierdanz *et al.* (2008), Alcamo *et al.* (2008), Cheng e Tao (2010), Dan, Guoli e Huicheng (2011), Murungweni *et al.* (2011), e Wu *et al.* (2013).

Bhattacharya e Dass (2007), para a área de estudo em Andhra Pradesh, Índia, utilizaram duas formas de agregação dos dados dos indicadores escolhidos.

A primeira forma consistiu na utilização de médias aritméticas simples e médias geométricas. Na segunda forma, foi utilizada a lógica *fuzzy*, que segundo eles poderia representar melhor a subjetividade embutida nas variáveis.

Já Alcamo *et al.* (2008), Eierdanz *et al.* (2008) e Krömke, Eierdanz e Stolberg (2008) realizaram estudos comparativos de susceptibilidade à seca das famílias residentes na região de

Andhra Pradesh na Índia, nas regiões de Algarve e Alentejo em Portugal e nas regiões Volgograd (antiga Stalingrado) e Saratov ambas na Rússia.

Cheng e Tao (2010), Dan, Guoli e Huicheng (2011) e Wu *et al.*, (2013) utilizaram a lógica *fuzzy* para analisar a vulnerabilidade à seca das pessoas residentes em diferentes regiões da China (províncias de Hubei, Liaoning e na bacia hidrográfica do Rio Huang He “Yellow River”, respectivamente).

Murungweni *et al.* (2011) também se valeram da lógica *fuzzy* para estudar a vulnerabilidade à seca da população que reside próximo ao Parque Nacional Gonarezhou, no sudeste do Zimbábue na África Oriental.

Tendo em vista o que foi já expressado e por meio das pesquisas bibliográficas já realizadas, optou-se como método de agregação das variáveis, subindicadores e indicadores, a lógica de conjuntos *fuzzy*, devido à grande possibilidade de representar de forma mais fidedigna possível, expressando-as por meio de suas relações de pertinência e intersecção.

CAPÍTULO IV

MATERIAIS E MÉTODOS

Orgulho de ser nordestino

*Além da seca ferrenha
 Do chão batido e da brenha
 O meu nordeste tem brio
 Quer conhecer então venha
 Que eu vou te mostrar a senha
 Do coração do Brasil
 São nove estados na raia
 Todos com banho de praia
 Num céu de anil e calor
 São nove estados unidos
 Crescentes fortalecidos
 Onde o Brasil começou
 E hoje no calcanhar da ciência
 Formam uma grande potência
 Irrigando o chão que secou
 É verdade que a seca ainda deixa sequela
 Mas foi aprendendo com ela
 Que o nosso nordeste ganhou
 Deixou de viver de uma vez de esmola
 E foi descobrir na escola
 A grandeza do nosso valor*

*Eu quero é cantar o nordeste
 Que é grande e que cresce
 E você não conhece doutor
 De um povo guerreiro, festivo e ordeiro.
 De um povo tão trabalhador
 Por isso não pise, viaje e pesquise.
 Conheça de perto esse chão
 Só pra ver que o nordeste
 Agora é quem veste*

É quem veste de orgulho a nação

(Flávio Leandro)



4 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente capítulo abordará o processo de escolha e adaptação dos indicadores desenvolvidos por Rosendo (2014) e Oliveira (2017), referentes às características de vulnerabilidade à seca (Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa) e a proposta de adaptação desses indicadores para as regiões semiáridas: brasileira e portuguesa, além da obtenção e normalização dos dados que compõem as variáveis, descrição e aplicação dos métodos de inferência *fuzzy* para a agregação das variáveis.

4.1 Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos que se propuseram ao desenvolvimento e aplicação de um modelo de indicadores de vulnerabilidade às secas nos municípios brasileiros e concelhos portugueses foram os seguintes:

- 1) Revisão bibliográfica sobre os estudos acadêmicos e/ou institucionais que versavam sobre a temática e/ou objetos de estudo;
- 2) Levantamento da disponibilidade de dados em órgãos governamentais e não governamentais e visita a *sites* na internet, para a formulação da adaptação dos indicadores de vulnerabilidade no Brasil e em Portugal;
- 3) Escolha dos indicadores a serem adaptados da metodologia proposta por Rosendo (2014) e Oliveira (2017);
- 4) Tabulação e normalização dos dados coletados;
- 5) Definição dos limites dos conjuntos *fuzzy* e seus limites de intercessão;
- 6) Formulação das linhas de comando em linguagem MATLAB[®] para aplicação do modelo *fuzzy*;
- 7) Validação dos dados obtidos, por meio de trabalhos de campo em locais mais relevantes à pesquisa, com registros fotográficos e mapas de localização dos municípios;
- 8) Aplicação dos Indicadores de Vulnerabilidade para os municípios em estudo;
- 9) Análises dos resultados obtidos;
- 10) Estudo comparativo dos resultados obtidos, com notícias veiculadas em meios de comunicação, como também com bancos de dados internacionais sobre desastres;
- 11) Elaboração e revisão do texto final da Tese de doutorado.

4.2 Adaptação dos indicadores de vulnerabilidade à seca

Baseado nos estudos elaborados por Bhattacharya e Dass (2007), Rosendo (2014) desenvolveu, em sua dissertação de mestrado acadêmico, um estudo de adaptação dos indicadores para a região semiárida brasileira, onde utilizou 29 diferentes parâmetros para analisar três municípios do semiárido brasileiro (Quadro 3).

Quadro 3 - Parâmetros de vulnerabilidade à seca de Rosendo (2014)

Índice	Indicador	ID	Indicador ¹³	
Vulnerabilidade	Exposição	Características do Evento	1	Índice de Anomalia de Chuva (RAI);
			2	Índice de Aridez;
		Exposição da população	3	Força de trabalho que depende da agropecuária (%);
			4	População Rural (%);
		Exposição da Atividade	5	Estabelecimentos agropecuários que utilizam agricultura irrigada (%);
			6	Lavouras permanentes (%);
			7	Lavouras temporárias (%);
			8	Pastagens naturais (%);
			9	Pastagem plantada degradada (%);
			10	Pastagem plantada em boas condições (%);
			11	Exposição das culturas agropecuárias;
			12	Exposição dos Rebanhos;
	Sensibilidade	Características Socioeconômicas	13	Rendimento nominal médio per capita (R\$);
			14	Índice de Inequidade (Gini);
			15	Força de trabalho não ocupada (%);
		Características Tecnológicas	16	Volume de água atingindo nos reservatórios ao fim do quadrimestre chuvoso, no ano de referência (%);
			17	Porcentagem das famílias atendidas por Poços (em operação) (%);
			18	Porcentagem das famílias atendidas por cisternas (%);
			19	Porcentagem das propriedades rurais que utilizam de silagem para forragem ou para guarda de grãos (%);
			20	Propriedades que utilizam defensivos agrícolas (%);
			21	Propriedades que usam mecanização agrícola (%);
			22	Áreas agrícolas degradadas ou impróprias para pecuária e agricultura (%);
	Capacidade Adaptativa	Capacidade Humana	23	Taxa de alfabetização (%);
			24	População que recebe algum tipo de Benefício do MPS (%);
			25	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal;
		Governabilidade	26	Porcentagem do PIB investido em Educação e Cultura (%);
			27	População atendida por Programas Sociais no município (%);
			28	Produto Interno Bruto Municipal per capita (R\$);
			29	Força de trabalho que independe da agropecuária (%).

Tendo em vista a disponibilidade dos dados em ambos os países e a aplicabilidade prática e de possível reprodução dos estudos aqui realizados, por outros trabalhos no futuro, optou-se por reduzir as variáveis para um número de 20 no Brasil (Quadro 4) e 19 em Portugal (Quadro 5).

Ressalta-se ainda que, diferentemente do que foi feito por Rosendo (2014), os dados utilizados para o cálculo foram divididos em “níveis” de análise e de processamento do cálculo, são eles: variáveis (o nível mais básico, onde são inseridos os dados para cálculo), suindicadores (produto da interação das variáveis de cada área temática), indicadores (penúltimo nível, produto da interação dos subindicadores e onde se podem analisar os componentes da vulnerabilidade) e por último, o índice de vulnerabilidade (representação numérica da vulnerabilidade à seca de cada município).

¹³ Rosendo (2014), se referia aos valores de entrada como “indicadores”, tornando-se a nomenclatura ambígua com os indicadores de Exposição, sensibilidade e Capacidade Adaptativa, para tanto optou-se pela mudança para a nomenclatura de “variáveis”.

Quadro 4 - Variáveis aplicadas na região semiárida brasileira

Índice	Indicadores	Subindicadores	ID	RL ¹⁴	Variáveis
Vulnerabilidade	Exposição	Características do evento	1	▲	Índice de Anomalia de Chuva (RAI);
			2	▼	Índice de Aridez;
		Características da população	3	▲	Força de trabalho que depende da agropecuária (%);
			4	▲	População Rural (%);
		Características da agropecuária	5	▲	Exposição da produção agrícola;
			6	▲	Exposição dos rebanhos;
	Sensibilidade	Características Socioeconômicas	7	▲	Índice de Inequidade (Gini);
			8	▲	Taxa de desemprego (%);
			9	▼	Volume de água atingindo nos reservatórios ao fim do ano hidrológico de referência (%);
		Características Tecnológicas	10	▼	Porcentagem das famílias atendidas por poços (em operação);
			11	▼	Porcentagem das famílias atendidas por cisternas (%) ¹⁵ ;
			12	▼	Estabelecimentos agropecuários que utilizam agricultura irrigada (%);
	Capacidade adaptativa	Características das atividades	13	▼	Áreas das propriedades agrícolas destinadas a lavoura (%);
			14	▲	Áreas degradadas (%);
		Capacidade Humana	15	▼	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal;
			16	▼	Porcentagem do PIB investido em Educação e Cultura (%);
		Governabilidade	17	▼	População atendida por Programas Sociais no município (%);
			18	▼	Produto Interno Bruto Municipal per capita (R\$);
			19	▼	Reformados/aposentados e pensionistas (%);
		Meios de vida	20	▼	Funcionalismo Público (%).

Quadro 5 - Variáveis aplicadas na região semiárida portuguesa

Índice	Indicadores	Subindicadores	ID	RL	Variáveis
Vulnerabilidade	Exposição	Características do evento	1	▲	Índice de Anomalia de Chuva (RAI);
			2	▼	Índice de Aridez;
		Características da população	3	▲	Mão-de-obra agrícola (%);
			4	▲	População Rural (%);
		Características da agropecuária	5	▲	Exposição da produção agrícola;
			6	▲	Exposição dos rebanhos;
	Sensibilidade	Características Socioeconômicas	7	▼	Poder de compra per capita;
			8	▲	Taxa de desemprego (%);
			9	▼	Volume de água atingindo nos reservatórios ao fim do ano hidrológico de referência(%);
		Características Tecnológicas	10	▼	Poços e furos por famílias;
			11	▼	Carência de regadio (%);
		Características das atividades	12	▼	Áreas das propriedades agrícolas destinadas a lavoura (%);
	Capacidade adaptativa		13	▲	Superfície ardidas (%);
		Capacidade Humana	14	▼	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal;
			15	▼	Despesas das Câmaras Municipais em cultura e desporto (% do total das despesas);
		Governabilidade	16	▼	População atendida por Programas Sociais no município (%);
			17	▼	Produto Interno Bruto Municipal per capita (R\$);
			18	▼	Reformados/aposentados e pensionistas (%);
		Meios de vida	19	▼	Funcionalismo Público (%).

A diferença entre a quantidade de variáveis analisadas no Brasil (20) e em Portugal (19) se deu pela ausência de dados disponíveis em relação ao quantitativo de cisternas por concelhos em Portugal. Ressalta-se ainda que esta variável é muito relevante para o estudo da vulnerabilidade à seca no Brasil, tendo em vista que este tipo de reservatório é primordial para a manutenção do homem no campo nas regiões desprovidas de abastecimento de água e não tão relevante na região da Bacia Hidrográfica da Guadiana.

¹⁴ Relação da variável com a vulnerabilidade: “▲” quanto maior o valor da variável maior será a vulnerabilidade e “▼” quanto maior o valor da variável menor será a vulnerabilidade.

¹⁵ Só presente no estudo em região brasileira.

Outra diferença se deu entre a variável “7”. No Brasil foi utilizado o Índice de Gini e para Portugal foi utilizado o Poder de compra per capita, tendo em vista a ausência do Índice de Gini em nível municipal.

4.3 Anos alvo do estudo

Por meio de pesquisa bibliográfica e análise de bancos de dados nacionais, optou-se pela escolha dos anos de estudo. Foram eles: 2000 (pós-seca no Brasil e em Portugal) e o ano de 2010 (período com certa “normalidade” nas precipitações em ambos os países), além do ano de 2004 em Portugal (ano de uma das maiores secas já registradas no século XXI). Isso foi feito principalmente pela proximidade desses anos dos Censos Demográficos em ambos os países, objetivando assim, uma maior disponibilidade e confiabilidade dos dados a serem analisados ou por um evento extremo, como foi o ano de 2004 em Portugal.

4.4 Normalização de dados

No que se referem à normalização dos indicadores, em relação aos que se encontravam expressos em porcentagem, bastou dividi-los pelo número 100, tornando-os assim em valores normalizados dentro da escala de 0 a 1.

Já os dados adimensionais, por exemplo, o Índice de Anomalia de Chuvas, Índice de Aridez (IA) ou de Produto Interno Bruto (PIB), tornou-se necessário delimitar um limiar que definisse o que deve ser representado como 0 (zero), sendo ele o menor valor do universo dos dados e o que deveria ser representado como 1 (um), maior valor do universo dos dados. Para tanto, em alguns casos se utilizou os dados observados nos municípios componentes da antiga microrregião geográfica em que o município encontrava-se inserido. Em outros casos foram utilizados os limiares do próprio índice, como exemplo pode-se citar o IAC que varia entre -4 e 4, e por isso seu limiar superior foi dado pelo número 4 e o seu inferior pelo número -4.

Quanto aos resultados obtidos na normalização dos dados, utilizou-se a condicional de que se o indicador favorecesse o aumento da vulnerabilidade, ele seria inserido de forma direta, caso ocorresse o contrário, ou seja, esse indicador minimizasse a vulnerabilidade do município em caso de seca, ele seria inserido por meio da equação (1):

$$\text{Variável que não favorece a vulnerabilidade} = (1 - \text{variável})$$

(1)

Esta condicional foi válida somente para os indicadores de exposição e sensibilidade, enquanto o indicador de capacidade adaptativa foi inserido na forma que se apresenta, sem a necessidade de que fosse feito o cálculo exposto, tendo em vista que um maior valor de capacidade adaptativa é um fato positivo, que faz com que o município seja menos vulnerável.

4.5 Variáveis analisadas

4.5.1 Indicadores de Exposição:

1. Índice de Anomalia de Chuva (IAC):

O Índice de Anomalia de Chuva é baseado no índice *Rainfall Anomaly Index* (RAI), desenvolvido por Rooy (1965). Este índice analisa o desvio da precipitação em relação à condição normal. O Índice de Anomalia de Chuva é obtido a partir das seguintes equações:

Para as anomalias positivas¹⁶:

$$IAC_p = 3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right] \quad (2)$$

Para as anomalias negativas:

$$IAC_n = -3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right] \quad (3)$$

Onde:

N = precipitação anual total (mm), do ano que será estudado;

\bar{N} = precipitação média anual da série histórica (mm);

\bar{M} = médias das dez maiores precipitações anuais (mm) da série histórica;

\bar{X} = média das dez menores precipitações anuais (mm) da série histórica.

Para o Brasil, a seleção da série histórica de precipitação dos municípios foi feita segundo a disponibilidade dos dados no site da Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba

¹⁶ São consideradas anomalias positivas, os valores encontrados que se encontram acima da média histórica obtida, e anomalias negativas são os valores encontrados abaixo da média histórica.

(AESAs) e da Agência Nacional de Águas (ANA). Os dados compreenderam 18 anos (1994-2011). Alguns destes apresentaram falhas diárias que foram preenchidas por meio da metodologia de vetor regional, a qual leva em consideração os dados disponíveis nos postos mais próximos.

Para a Região da Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana, foi utilizado os dados de precipitação anual em estações pluviométricas inseridas na Bacia Hidrográfica. Esses dados tiveram suas falhas preenchidas no âmbito do Projecto Sistema de Previsão e Gestão de Seca (SPGS) do então Instituto da Água (INAG), que teve a colaboração da FEUP. Os dados de precipitação compreenderam os anos hidrológicos de 1979/1980 a 2009/2010, e já se encontravam com as falhas preenchidas.

2. Índice de Aridez:

Os dados do Índice de Aridez para os sete municípios da área em estudo no Brasil, são oriundos do Plano Nacional de Controle da Desertificação (PAN-BRASIL). Essa pesquisa calculou os índices de aridez para todos os municípios da Região Nordeste do Brasil, conforme a metodologia sugerida pelas Nações Unidas.

Segundo Costa e Brito (2004), nesse trabalho usaram-se dados de precipitação pluvial para o período de 38 anos (1961 a 1999) proveniente do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Superintendência do desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e Escritórios Regionais de Meteorologia. A evapotranspiração potencial foi calculada pela equação de Penman, modificada por Monteith e parametrizações de Allen et al. (1994), utilizando dados de estações meteorológicas do INMET e Escritórios Regionais de Meteorologia.

Para Portugal utilizou-se os dados provenientes do estudo realizado por Rosário (2004), que trabalhou com dados de precipitação anual média dos anos hidrológicos 1959/1960 a 1990/1991, do INAG e dados de evapotranspiração anual média do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA).

Para ambos os casos, a equação utilizada para cálculo do índice de aridez foi a sugerida pelas Nações Unidas:

$$IA = \frac{Pr}{ETP} \quad (4)$$

Onde:

Pr é a precipitação pluvial média anual (mm/ano);

ETP é a evapotranspiração potencial média anual (mm/ano);

IA é o Índice de Aridez.

Ainda conforme a metodologia utilizada pelas Nações Unidas, a classificação climática de uma determinada localidade obedece aos critérios contidos no Quadro 6:

Quadro 6 - Classificação do Índice de Aridez

Classificação	IA
Hiper- árido	< 0,03
Árido	Entre 0,03 e 0,20
Semiárido	Entre 0,21 e 0,50
Sub-úmido seco	Entre 0,51 e 0,65
Sub-úmido úmido	Entre 0,65 e 1,0
Úmido	> 1,0

Fonte: Allen et al. (1994).

3. Mão-de-obra agrícola (%):

Para o Brasil, a força de trabalho que depende da agropecuária foi calculada a partir dos dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), por meio do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), em seu site, para o ano de 2000 e 2010. Para Portugal, o INE disponibiliza em seu site, o volume de trabalho da mão-de-obra agrícola, para os anos de 1999 e 2009. Por meio desses dados, utilizou-se a Equação (5) para calcular a porcentagem da força de trabalho que depende da agropecuária:

$$FtdA(\%) = \frac{FtdA \times 100}{PEA} \quad (5)$$

Onde:

FtdA = força de trabalho que depende da agropecuária (número de pessoas);

FtdA (%) = força de trabalho que depende da agropecuária (em porcentagem);

PEA = População economicamente ativa do município (número de pessoas).

4. População Rural (%):

No Brasil, a porcentagem da população rural do município foi calculada a partir dos dados disponibilizados pelo IBGE, em seu site, para o Censo Demográfico dos anos de 2000 e 2010. O cálculo foi elaborado da seguinte forma:

$$População Rural(\%) = \frac{População Rural \times 100}{População Total} \quad (6)$$

Onde:

População Rural = população residente em meio rural (número de pessoas);

População Rural (%) = população residente em meio rural (em porcentagem);

População Total = população total do município (número de pessoas).

Em Portugal, utilizou-se a inversa dos dados do Índice de concentração da população residente em cidades (%), para os anos de 2004 e 2010, disponibilizados pelo INE em seu site.

5. Exposição da produção agrícola:

No Brasil, a quantidade de toneladas produzidas pelo município foi obtida a partir dos dados disponibilizados pelo IBGE, no site do SIDRA para o Censo Agropecuário do ano de 2006, referente a tabela 822¹⁷.

Para o desenvolvimento desta variável, optou-se por utilizar médias ponderadas em sua composição, tendo em vista a complexidade que envolve a necessidade específica por água de cada cultura agrícola. Foi atribuído assim diferentes pesos para cada cultivo agrícola.

Para a composição do peso relacionado à demanda específica de água na produção, utilizou-se como referência a publicação de Hoekstra e Hung (2002), citados por Carmo et al. (2007), que traz em seu texto uma referência da demanda específica de água (em m³/t) das principais culturas agrícolas.

Tendo em vista a necessidade de se normalizar os pesos da demanda específica de água na produção, foram realizados os cálculos de normalização da seguinte forma:

¹⁷ Todas as referências relacionadas às tabelas do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) encontram-se descritas no Anexo I deste trabalho.

$$Peso\ Dem\ Ag = \frac{(Dem\ AgCult - Dem\ AgMin)}{Dem\ AgMax - Dem\ AgMin} \quad (7)$$

Onde:

PesoDemAg = peso da demanda específica de água na produção, normalizado (número entre 0 e 1);

DemAgCult = demanda específica de água na produção de cada cultura (conforme Hoekstra e Hung, 2002)¹⁸ (em m³/t);

Dem AgMin = menor demanda específica de água das culturas (conforme Hoekstra e Hung, 2002) nos sete municípios em estudo (em m³/t);

DemAgMax = maior demanda específica de água das culturas (conforme Hoekstra e Hung, 2002) nos sete municípios em estudo (em m³/t).

Ao se obter os pesos da quantidade e da demanda por água, a média ponderada de exposição das culturas agropecuárias foi obtida da seguinte forma:

$$Exp\ Cult = \frac{[(Cult(a) \times Peso\ Exp(a)) + (Cult(b) \times Peso\ Exp(b)) \dots]^{19}}{(\sum\ Peso\ Exp)} \quad (8)$$

Onde:

Cult(a, b ...) = quantitativo produzido de cada cultura no município, normalizado (número entre 0 e 1);

Peso Exp = peso da demanda específica de água das culturas, normalizado (número entre 0 e 1);

$\sum\ Pesos\ Exp$ = somatório de todos os pesos das demandas específicas de água das culturas.

Em Portugal, utilizou-se os dados do INE de Recenseamento agrícola (1999 e 2009), onde se encontrou o número das culturas permanentes (em hectares), por ainda não ter se encontrado os

¹⁸ Tabela referente no Anexo II.

¹⁹ Todas as culturas e seus respectivos pesos devem fazer parte deste cálculo.

dados de produção de toneladas por hectare. Porém, ressalta-se aqui que pode se estimar a magnitude da produção pela área destinada as culturas. Utilizou-se a mesma Equação (8) para elaboração da média ponderada das culturas e seus respectivos pesos relacionados à demanda de água.

6. Exposição do tipo de Rebanho:

Para o Brasil, a quantidade de animais do município foi obtida a partir dos dados disponibilizados pelo IBGE no site do SIDRA no Censo Agropecuário do ano de 2006, referente à tabela 1749. Nessa mesma tabela, encontra-se discriminado o tipo de agricultura (familiar e não familiar) em que o rebanho encontra-se inserido.

Em Portugal, os dados são oriundos do site do INE de Recenseamento agrícola (1999 e 2009), onde se tem o efectivo animal (N.º) da exploração agrícola por localização geográfica (concelhos).

Para o desenvolvimento desta variável também se optou por utilizar médias ponderadas, tendo em vista a complexidade que envolve o tamanho dos rebanhos, a exposição específica de cada rebanho ao fenómeno da seca e ainda se o tipo de agricultura (familiar, não familiar e não informado) em que este rebanho encontra-se inserido. Atribuíram-se assim, três diferentes pesos: peso da quantidade de cabeças por município, peso da demanda específica de água de cada rebanho e o peso do tipo de agricultura em que estes animais encontram-se inseridos.

Para a atribuição dos pesos relacionados ao tipo de agricultura, foram adotados: peso 3 para agricultura familiar, peso 2 para local não informado e peso 1 para agricultura não familiar²⁰.

Para a atribuição dos pesos relacionados ao tamanho do rebanho adotou-se a seguinte normalização:

$$Peso\ Qnt\ Norm = \frac{(QntCabeças - QntCabeçasMin)}{QntCabeçasMax - QntCabeçasMin} \quad (9)$$

Onde:

Peso Qnt Norm = peso da quantidade de cabeças normalizado (número entre 0 e 1);

QntCabeças = quantidade de cabeças de cada rebanho no município em estudo (cabeças);

²⁰ Não se aplica a Portugal, pois os dados disponíveis para o país não fazia essa diferenciação (familiar, não familiar e indiscriminado).

$QntCabeçasMin$ = menor quantidade de cabeças no município em estudo;

$QntCabeçasMax$ = maior quantidade de cabeças no município em estudo.

Já para a composição do peso relacionado à demanda específica de água do rebanho, utilizou-se como referência a publicação de Paraíba (2006)²¹, elaborada pela AESA para o Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba, na seção “Caracterização da demanda e dos usos de recursos hídricos”; e a referência da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2005)²², que traz em seu texto uma referência para o cálculo de necessidade de consumo de água de humanos, bovinos, aves e suínos por dia (L/dia).

Tendo em vista a necessidade de se normalizar os pesos da demanda específica de água para os animais, foram realizados os cálculos de normalização da seguinte forma:

$$Peso\ Dem\ Ag = \frac{(Dem\ Ag\ Animal - Dem\ Ag\ Min)}{Dem\ Ag\ Max - Dem\ Ag\ Min} \quad (10)$$

Onde:

$PesoDemAg$ = peso da demanda específica de água para os animais, normalizado (número entre 0 e 1);

$DemAgAnimal$ = demanda específica de água para os animais (em L/dia);

$Dem\ Ag\ Min$ = menor demanda específica de água para os animais nos municípios em estudo (em L/dia);

$DemAgMax$ = maior demanda específica de água para os animais nos municípios em estudo (em L/dia).

Ao se obter os pesos da quantidade, tipo de agricultura e da demanda por água, o cálculo da média ponderada de exposição do rebanho foi realizado da seguinte forma:

$$Exp\ Reb = \frac{[(Reb(a) \times Peso\ Qnt(a)) + (Reb(a) \times Peso\ Tp\ agric(a)) + (Reb(a) \times Peso\ Exp(a)) \dots^{23}]}{(\sum\ Peso\ Qnt + \sum\ Peso\ Tp\ agric + \sum\ Peso\ Exp)} \quad (11)$$

²¹ Tabela referente no Anexo II.

²² Tabela referente no Anexo II.

²³ Todos os tipos de animais e seus respectivos pesos devem fazer parte deste cálculo.

Onde:

Exp Cult = exposição total dos animais no município, normalizado (número entre 0 e 1);

Reb(a) = Quantitativo do rebanho do município, normalizado (número entre 0 e 1);

Peso Qnt = Peso da quantidade de cabeças normalizado (número entre 0 e 1);

Peso Tp agric = Peso do tipo de agricultura (número entre 0 e 1);

Peso Exp = Peso da demanda específica de água dos animais, normalizado (número entre 0 e 1);

$\sum Pesos Qnt$ = Somatório de todos os pesos referentes à quantidade de animais;

$\sum Pesos Tp Cult$ = Somatório de todos os pesos referente ao tipo de agricultura;

$\sum Pesos Exp$ = Somatório de todos os pesos referente às demandas específicas de água dos animais.

4.5.2 Indicadores de Sensibilidade:

7. Índice de Inequidade (Gini):

O Índice de Inequidade ou Índice de Gini ou ainda Coeficiente de Gini é uma medida de desigualdade social, desenvolvida pelo estatístico italiano Corrado Gini.

Este índice consiste em um número entre 0 e 1, onde 0 corresponde à completa igualdade de renda (onde todos têm a mesma renda ou aproximada) e 1 corresponde à completa desigualdade (onde poucas pessoas tem toda a renda).

Para o Brasil, o índice de Gini por Município foi calculado pelo Instituto de Pesquisas Econômicas e Aplicadas (IPEA) (2010), utilizando os dados do Censo Demográfico do IBGE do ano de 2010.

Para Portugal, os dados não foram encontrados em nível de Conselho, optando-se por usar o Poder de Compra Per Capita, disponibilizados pelo PORDATA para os anos de 2000, 2002 e 2011. Utilizou-se esse indicador por ele ser internacionalmente reconhecido e conseguir retratar a desigualdade social de forma parecida ao índice de Gini, como fez Silva (2012).

8. Taxa de desemprego (%):

Para o Brasil, a porcentagem da força de trabalho não ocupada no município foi calculada a partir dos dados disponibilizados no site IBGE, referentes ao Censo Demográfico 2010 na temática “trabalho” para o referido ano. O cálculo foi elaborado da seguinte forma:

$$Pop\ Desemp(\%) = \frac{Pop\ Desemp \times 100}{PEA} \quad (12)$$

Onde:

Pop Desemp = População Economicamente Ativa não ocupada (na semana em que a pesquisa foi realizada) residentes no município (número de habitantes);

Pop Desemp(%) = População Economicamente Ativa, não ocupada (na semana em que a pesquisa foi realizada) residentes no município (em porcentagem);

PEA = População Economicamente Ativa residente no município (número de estabelecimentos).

Para Portugal, os dados já são disponibilizados em porcentagem no site do PORDATA sobre o título Taxa de desemprego segundo os Censos: total. Os censos utilizados foram os de 2001 e 2011.

9. Volume de água atingindo nos reservatórios ao fim do Quadrimestre chuvoso/ano hidrológico de referência (%):

Para o Brasil, a porcentagem do volume de água atingido nos reservatórios ao fim do quadrimestre chuvoso²⁴ nos municípios foi calculada a partir dos dados disponibilizados no site Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs, 2010). Essa referida agência monitora o volume mensal²⁵ dos principais açudes de todo o estado paraibano.

Adotou-se como quadrimestres chuvosos para as antigas microrregiões do Cariri e Seridó os meses de fevereiro, março, abril e maio do ano de 2010. Já para a antiga mesorregião sertaneja adotou-se os meses de março, abril e maio e junho do ano de 2010, tendo em vista que o clima

²⁴ Na região semiárida paraibana as principais chuvas são distribuídas através de quadrimestres chuvosos, o que não implica dizer que não ocorram precipitações em outros meses, mas as principais chuvas são concentradas em quatro ou até mesmo três meses do ano.

²⁵ Em alguns açudes do estado da Paraíba, a AESA, além disponibilizar o monitoramento mensal, também disponibiliza dados de monitoramento diário.

dessas regiões é influenciado por diferentes fatores naturais e se distinguem, de forma geral, na distribuição e época de precipitação de chuvas.

Para os sete municípios, o cálculo foi elaborado da seguinte forma:

$$VolAtg(\%) = \frac{VolAtg \times 100}{VolTot} \quad (13)$$

Onde:

VolAtg = volume de água atingindo nos reservatórios ao fim do Quadrimestre chuvoso nos reservatórios dentro do limite do município (em m³);

VolAtg(%) = volume de água atingindo nos reservatórios ao fim do Quadrimestre chuvoso nos reservatórios dentro do limite do município (em porcentagem);

VolTot = volume total dos reservatórios dentro do limite do município (em m³).

Tendo em vista as diferenças climáticas e diferentes períodos de concentração da precipitação, para Portugal adotou-se uma metodologia diferente. Buscando definir um mês ou uma série de meses em que pode ser considerado fim da “estação chuvosa”, optou-se por analisar os totais precipitados dentro do ano hidrológico, adotando-se um limite de 75% da precipitação total anual como fator determinante para o fim da dita “estação chuvosa”.

Utilizando-se esse método nos anos estudados, notou-se que ao final do mês de maio, praticamente em todas as séries históricas, o limite de 75% tinha sido atingido ou estava muito próximo de ser atingido. Por meio desse resultado, adotaram-se os volumes dos reservatórios do mês de maio como valor acumulado durante a “estação chuvosa”. Os dados dos volumes atingidos no mês de maio foram obtidos no site do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) (2017), após isso se inseriu o valor resultante na Equação (13).

10. Porcentagem das famílias atendidas por poços/furos em operação (%):

Para o Brasil, a porcentagem das famílias atendidas por poços em operação nos municípios foi obtida a partir dos dados disponibilizados pelo IBGE, no site do SIDRA para o Censo Demográfico do ano de 2010, referente a tabela 229 (número de famílias residentes em domicílios particulares) e por meio dos dados de poços em operação contidos no WebGis Sistema de Informações de Águas Subterrâneas “Siagas” da CPRM (2016) que disponibiliza a localização espacial dos poços em todo o país.

Para Portugal, os dados referentes às famílias por concelho foram obtidos no site do INE oriundos do Recenseamento da população e habitação (2001 e 2011), sob o título de Número de Famílias por Local de residência (Concelho), já o número de poços por Concelho foram obtidos no site do SNIRH, sob o título de Listagem dos Pontos de Água no Concelho.

O cálculo foi elaborado da seguinte forma:

$$Poços/Fam (\%) = \frac{Qnt\ poços\ Muni \times 100}{Qnt\ Famílias} \quad (14)$$

Onde:

Poços/Fam (%) = percentagem das famílias atendidas por poços no município (em percentagem);

Qnt poços Muni = número de poços no município (quantidade de poços);

Qnt Famílias = número de famílias residentes (número de unidades familiares).

11. Percentagem das famílias atendidas por cisternas (%)²⁶:

A percentagem das famílias atendidas por cisternas nos municípios foi obtida a partir dos dados disponibilizados pelo IBGE no site do SIDRA para o Censo Demográfico do ano de 2010 referente a tabela 229 (número de famílias residentes em domicílios particulares) e por meio dos dados de cisternas encontrados no site Observatório da Seca do governo brasileiro.

O cálculo foi elaborado da seguinte forma:

$$Cisternas/Fam (\%) = \frac{Qnt\ Cisternas\ Muni \times 100}{Qnt\ Famílias} \quad (15)$$

²⁶ Esta variável não foi calculada pela ausência de dados disponíveis em relação ao quantitativo de cisternas por concelhos em Portugal, ressalta-se ainda que esta prática não é tão relevante na região da Bacia Hidrográfica da Guadiana, não fazendo parte da cultura usual dos seu habitantes.

Onde:

Cisternas/Fam (%) = porcentagem das famílias atendidas por cisternas em operação no município (em porcentagem);

Qnt cisternas Muni = número de cisternas em funcionamento no município (quantidade de cisternas);

Qnt Famílias = número de famílias residentes em domicílios particulares (número de unidades familiares);

Em Portugal esse tipo de tecnologia, atualmente, não é tão difundida e praticada. Tendo em vista, a sua baixa significância e a grande dificuldade de se encontrar um banco de dados que dispusesse dessas informações, optou-se por suprimir esse indicador para o estudo em Portugal.

12. Estabelecimentos agropecuários que utilizam agricultura irrigada (%):

Para o Brasil, a porcentagem de estabelecimentos agropecuários que utilizam agricultura irrigada no município foi calculada a partir dos dados disponibilizados pelo IBGE no site do Sistema IBGE de Recuperação automática (SIDRA) para o Censo Agropecuário do ano de 2006 referentes às tabelas 765 (número de estabelecimentos agropecuários) e 855 (número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação) do SIDRA. O cálculo foi elaborado da seguinte forma:

$$Agricultura\ Irrigada(\%) = \frac{Agricultura\ Irrigada \times 100}{Total\ de\ Estabelecimentos} \quad (16)$$

Onde:

Agricultura Irrigada = estabelecimentos agropecuários que utilizam agricultura irrigada no município (número de estabelecimentos);

Agricultura Irrigada (%) = estabelecimentos agropecuários que utilizam agricultura irrigada no município (em porcentagem);

Total de Estabelecimentos = total de estabelecimentos agropecuários do município (número de estabelecimentos).

Para Portugal, utilizou-se o índice desenvolvido pelo Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação (PANCD 2014 – 2020), intitulado Carência de Regadio por Freguesia, foi adaptado para a abrangência espacial do concelho.

13. Pastagens (%):

Para o Brasil, a porcentagem de área destinada a pastagens se deu pela soma da área de pastagens naturais e a área das pastagens plantadas dos estabelecimentos agropecuários.

Ambas foram obtidas a partir dos dados disponibilizados pelo IBGE no site do SIDRA para o Censo Agropecuário do ano de 2006 referente à tabela 854.

Para Portugal, utilizou-se os dados de Superfície de prados e pastagens permanentes (ha) por localização geográfica (concelhos) oriundos do recenseamento agrícola (1999 e 2009).

14. Áreas degradadas (%):

Para o Brasil utilizou-se os dados do estudo que foi executado pela Associação para o Desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia (SCIENTEC) para elaboração do Paraíba (2011).

Esse estudo utilizou imagens de satélite do sensor TM-Landsat-5, disponíveis no *site* eletrônico do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para identificação das áreas degradadas foi utilizada uma composição colorida ajustada das bandas 3, imagem NDVI, e banda 1, que possibilitou a visualização das áreas de maior densidade da vegetação em tonalidades de verde, e as áreas de menor densidade em tons de lilás. As imagens foram individualmente georreferenciadas utilizando-se a projeção UTM, elipsóide SAD-69.

De posse dessas imagens já tratadas obteve-se a classificação da porcentagem das áreas agrícolas degradadas ou impróprias para pecuária e agricultura, de cada município.

Para Portugal, estudou-se a possibilidade de se fazer essa mesma classificação. Porém por problemas operacionais essa possibilidade foi descartada adotando-se um indicador que retrata o extremo da degradação, que são as áreas queimadas ou áreas ardidas. Esses dados são disponibilizados pelo INE para os anos de 2001 a 2015 e representa as áreas que sofreram queimadas em cada ano.

4.5.3 Indicadores de Capacidade Adaptativa:

15. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal:

O índice de Desenvolvimento Humano Municipal é uma medida comparativa usada para classificar o grau de "desenvolvimento humano" e para ajudar a classificar os municípios como desenvolvidos (desenvolvimento humano muito alto), em desenvolvimento (desenvolvimento humano médio e alto) e subdesenvolvidos (desenvolvimento humano baixo). Esta estatística é composta a partir de dados de expectativa de vida ao nascer, índice de educação e índice de renda.

Para o Brasil, este cálculo, em nível municipal, é elaborado a cada dez anos pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e divulgado no Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. No ano de 2013, foi divulgado no Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013), tendo como base os dados obtidos no Censo Demográfico do IBGE, realizado no ano de 2010.

Para Portugal não foi encontrado nenhum órgão oficial que produza os dados do IDH em nível de concelho. Por meio dos dados obtidos e da metodologia proposta pelo PNUD no Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013), calculou-se o IDHM, utilizando a esperança de vida, analfabetismo abandono escolar e produto interno bruto para os 32 municípios do estudo.

16. Investimentos em Educação e Cultura/Desporto (%):

Para o Brasil, utilizou-se a porcentagem do PIB investido em Educação e Cultura no município que foi calculada a partir dos dados disponibilizados pelo Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas, em seu site de banco de dados IPEADATA (2010a e 2010b), utilizando os dados do Censo Demográfico do ano de 2010. O cálculo foi elaborado da seguinte forma:

$$Inv\ Educ\ e\ Cult(\%) = \frac{Inv\ Educ\ e\ Cult \times 100}{PIB\ Muni} \quad (17)$$

Onde:

Inv Educ e Cult = investimento em educação e cultura no município (em reais (R\$));

Inv Educ e Cult (%) = investimento em educação e cultura no município em relação ao PIB municipal (em porcentagem);

PIB Muni = produto interno bruto municipal (em reais (R\$)).

Para Portugal utilizou-se os dados das despesas em Educação, Cultura e Desporto, disponíveis no site da PORDATA, nomeadamente: Despesas das Câmaras Municipais em cultura e desporto em % do total de despesas.

17. População atendida por Programas de Assistência Social no município (%):

No Brasil, a porcentagem da população abrangida pelos programas de assistência social no município foi calculada a partir dos dados disponibilizados pelo Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas em seu site de banco de dados IPEADATA, na área do site que trata do tema assistência social. Todos os dados utilizados são referentes aos benefícios implementados até dezembro do ano de 2010.

Torna-se importante caracterizar os três principais tipos de programas sociais financiados pelo governo federal, são eles:

Programa Bolsa Família (PBF): o Programa Bolsa Família é um programa de transferência de renda com condicionalidades, focalizado em famílias pobres cadastradas em cada município e que é financiado pelo Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS). A série de dados utilizada apresenta o número de transferências de benefícios em dezembro 2010.

Benefício de Prestação Continuada (BPC) para deficientes e para idosos - número de benefícios em dezembro (2010): o Benefício de Prestação Continuada e Assistência Social (BPC) é uma transferência mensal de um salário mínimo à pessoa com deficiência ou idosa (65 anos ou mais) que tenha, em ambos os casos, renda familiar per capita menor que 1/4 do salário mínimo. O BPC foi previsto na Constituição de 1988 e regulamentado pela Lei Orgânica da Assistência Social (LOAS), de 1993. A série de dados utilizada apresenta o número de transferências do BPC para deficientes e idosos em dezembro do ano de 2010.

Renda Mensal Vitalícia (RMV) para deficientes e para idosos (número de benefícios em dezembro (2010)): a Renda Mensal Vitalícia (RMV), criada em 1974, é a transferência mensal de um salário mínimo a pessoas carentes idosas ou inválidas com pelo menos 12 meses de contribuição previdenciária. Desde 1996, o BPC vem substituindo progressivamente a Renda Mensal Vitalícia (RMV).

O cálculo para a composição foi elaborado da seguinte forma:

$$Pop\ Prog\ Social(\%) = \frac{(PBF + BPC + RMV) \times 100}{Pop\ Total}$$

(18)

Onde:

Pop Prog Social(%) = percentagem da população atendida por programas sociais no município (em percentagem);

PBF = Programa Bolsa Família (em número de benefícios);

BPC = Benefício de Prestação Continuada (em número de benefícios);

RMV = Renda Mensal Vitalícia Investimento (em número de benefícios);

PopTotal = População residente no município.

Para Portugal, foram levados em consideração os dados disponíveis no site do PORDATA, referentes a três programas de assistência social, são estes: Subsídio de bonificação por deficiência da Segurança Social (SubDef), Subsídio mensal vitalício da Segurança Social (SubMV), Rendimento Mínimo Garantido (RMG) e Rendimento Social de Inserção da Segurança Social (RSISS).

O cálculo para a composição foi elaborado da seguinte forma:

$$Pop\ Prog\ Social(\%) = \frac{(SubDef + SubMV + RMG + RSISS) \times 100}{Pop\ Total}$$

(19)

Onde:

Pop Prog Social(%) = percentagem da população atendida por Programas Sociais no município (em percentagem);

SubDef = Subsídio de bonificação por deficiência da Segurança Social (em número de benefícios);

SubMV = Subsídio mensal vitalício da Segurança Social (em número de benefícios);

RMG = Rendimento Mínimo Garantido (em número de benefícios);

RSISS = Rendimento Social de Inserção da Segurança Social (em número de benefícios);

PopTotal = População residente no concelho.

18. Produto Interno Bruto Municipal per capita:

O Produto Interno Bruto Municipal per capita dos municípios foi obtido a partir dos dados disponibilizados pelo IPEADATA (2010a), referentes ao Censo do ano de 2010.

Para Portugal, foi utilizado os dados elaborados pelo Projecto Sistema de Previsão e Gestão de Seca (SPGS). Estes dados foram adaptados do nível de divisão administrativa “NUTS III” para concelho, tendo em vista que nenhum órgão oficial divulga dados de PIB em nível de concelho.

A metodologia de Bhattacharya e Dass (2007) propõe para os indicadores que não são dados em percentagem, que se utilize um modelo de normalização comparativa de dados entre as entidades em estudo. Os dados devem ser alocados entre uma escala de 0 a 1, sendo o nº 1 o maior número do universo dos dados (limiar superior) e que se admita o nº 0 o menor número do universo dos dados (limiar inferior).

Para o Brasil optou-se por realizar uma análise comparativa entre os sete municípios. Obtendo-se assim o número (normalizado) correspondente do município em relação aos outros municípios. Para Portugal, os dados provenientes do SPGS também foram comparados entre os 32 concelhos que possuem alguma parte de sua área incluída na Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana.

O cálculo da comparação foi elaborado da seguinte forma:

$$PIB\ PerCap\ Norm = \frac{(PIB\ PerCap - PIB\ PerCapMin)}{PIB\ PerCapMax - PIB\ PerCapMin} \quad (20)$$

Onde:

PIB PerCap Norm = Produto Interno Bruto Per Capita normalizado (número entre 0 e 1);

PIB PerCap = Produto Interno Bruto Per Capita do município em estudo (em reais (R\$));

PIB PerCapMin = Menor Produto Interno Bruto Per Capita entre os sete municípios (em reais (R\$));

PIB PerCapMax = Maior Produto Interno Bruto Per Capita entre os sete municípios (em reais (R\$)).

19. População aposentada no município (%):

Para o Brasil, a porcentagem da população aposentada no município foi calculada a partir dos dados disponibilizados pelo Ministério da Previdência Social (MPS) no ano de 2013 em seu site, no documento: Estatísticas Municipais 2000 a 2012.

Para Portugal a porcentagem da população aposentada por concelho foi calculada por meio dos dados disponíveis no site da PORDATA nomeadamente intitulado de Caixa Geral de Aposentações: reformados/aposentados e pensionistas (indivíduos), para os anos de 2001, 2004 e 2010. O cálculo foi feito seguindo o mesmo exemplo da Equação (21).

O cálculo foi elaborado da seguinte forma:

$$Aposent\ Muni(\%) = \frac{Apsot\ Muni \times 100}{Pop\ Total} \quad (21)$$

Onde:

Aposent Muni (%) = população residente no município que recebe benefícios emitidos pela previdência social (número de pessoas);

Aposent Muni = população residente no município que recebe benefícios emitidos pela previdência social (em porcentagem);

Pop Total = população total do município (número de pessoas).

20. Número de funcionários públicos (%)

A porcentagem de funcionários públicos no município foi calculada a partir dos dados disponibilizados pelo IBGE no SIDRA, referentes ao Censo Demográfico dos anos de 2000 e 2010.

Para Portugal, foram utilizados os dados disponíveis no site do PORDATA na internet, para os anos de 2000, 2009 e 2010 nomeadamente intitulado de Trabalhadores da Administração Pública Local: total e por sexo, para o cálculo também foi utilizado a Equação (22).

O cálculo foi elaborado da seguinte forma:

$$Func\ públicos(\%) = \frac{FuncPub \times 100}{Pop\ Total} \quad (22)$$

Sendo:

FuncPub(%) = população residente no município que são funcionários públicos (número de pessoas);

Func públicos (%) = população residente no município que são funcionários públicos (em porcentagem);

Pop Total = população total do município (número de pessoas);

4.6 Classificação dos resultados

A classificação dos Indicadores e Índices foi elaborada a partir da relação entre os indicadores, os valores das variáveis envolvidas e os critérios referentes à coloração para a representação gráfica, com base na distribuição das classes, segundo classificação adotada por Coelho et al. (2011), Pires (2015) e Borges (2017).

No Quadro 7 é detalhada a representação para os Indicadores de Exposição, Sensibilidade. No Quadro 8 encontra-se expresso a classificação do indicador de Capacidade Adaptativa.

O Quadro 9 apresenta as classificações dos Índices de Vulnerabilidade à seca associados com a coloração para representação gráfica.

Quadro 7 - Classificação dos Indicadores de Exposição e Sensibilidade

Classificação	
Valor do índice	Classe
0,00 – 0,20	Muito baixa
0,21 – 0,40	Baixa
0,41 – 0,60	Média
0,61 – 0,80	Alta
0,81 – 1,00	Muito Alta

Quadro 8 – Classificação do Indicador de Capacidade Adaptativa

Classificação	
Valor do índice	Classe
0,00 – 0,20	Muito baixa
0,21 – 0,40	Baixa
0,41 – 0,60	Média
0,61 – 0,80	Alta
0,81 – 1,00	Muito Alta

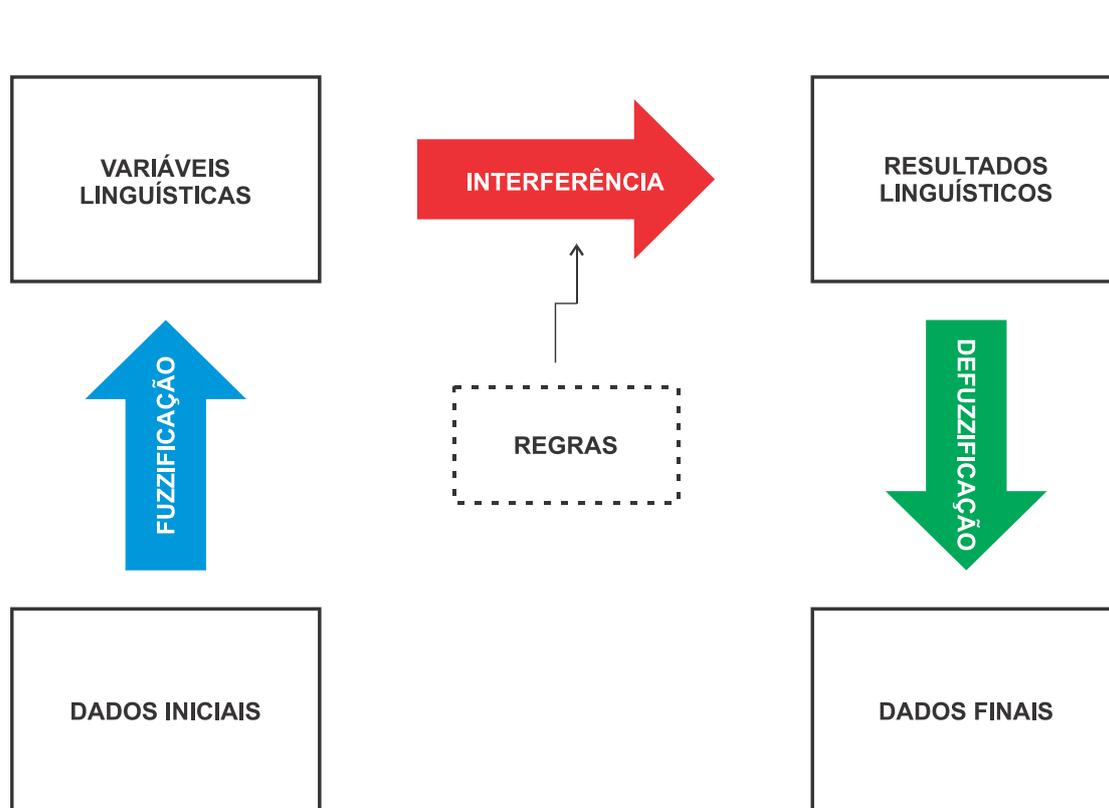
Quadro 9 – Classificação do Índice de Vulnerabilidade

Classificação	
Valor do índice	Classe
0,000 – 0,125	Muito baixa
0,126 – 0,250	Baixa
0,251 – 0,375	Moderadamente Baixa
0,376 – 0,500	Média
0,501 – 0,625	Moderadamente Alta
0,625 – 0,750	Alta
0,751 – 1,00	Muito Alta

4.7 Lógica *Fuzzy* aplicada a indicadores de vulnerabilidade à seca

Atrelado aos avanços trazidos pela revolução técnico-científico-informacional, a aplicação da lógica *fuzzy* na integração de dados tem se mostrado uma ferramenta de suporte eficaz para a análise de riscos, vulnerabilidades e prevenção dos desastres, podendo assim auxiliar os gestores na tomada de decisão.

Pode-se dizer que, a utilização da lógica *fuzzy* é compartimentada em três operações básicas (Figura 17), são elas: (i) fuzzificação (passagem dos valores numéricos para variáveis linguísticas e atribuição dos conjuntos em funções de pertinência), (ii) inferência (análise lógica dos valores pelo bloco de regras *fuzzy*) e a (iii) desfuzzificação (recodificação dos valores lógicos em valores numéricos).

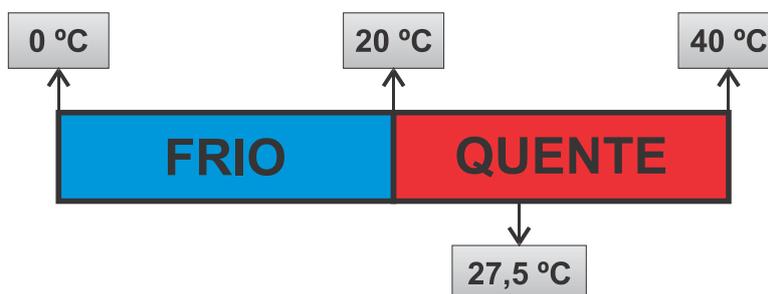
Figura 17 - Sistema Lógico *Fuzzy*

Fonte: adaptado de Cox (1995).

4.7.1 Fuzzificação

Para se entender a lógica *fuzzy* se torna necessário utilizar algum exemplo concreto do cotidiano. Um exemplo muito comum que pode ser apresentado é o da sensação térmica de um ambiente, em determinado momento. Se nossa mente só fosse capaz de analisar a sensação térmica por meio da lógica binária clássica (Figura 18), existiria apenas dois conjuntos de sensações: quente e frio, ou seja, dois extremos.

Figura 18 - Exemplo de sensação térmica sob a ótica da lógica binária clássica

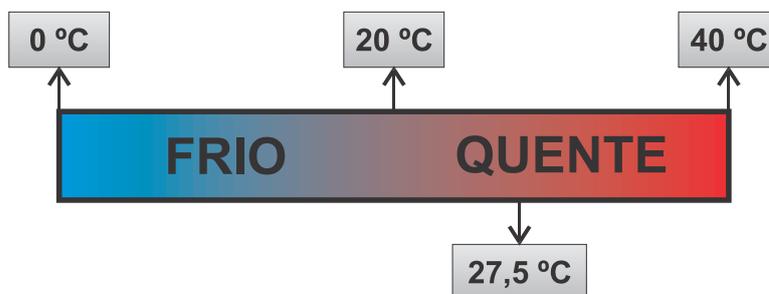


Tendo em vista que lógica clássica dos conjuntos se baseia na seguinte premissa:

$$f_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{se e somente se } x \in A \\ 0 & \text{se e somente se } x \notin A \end{cases} \quad (23)$$

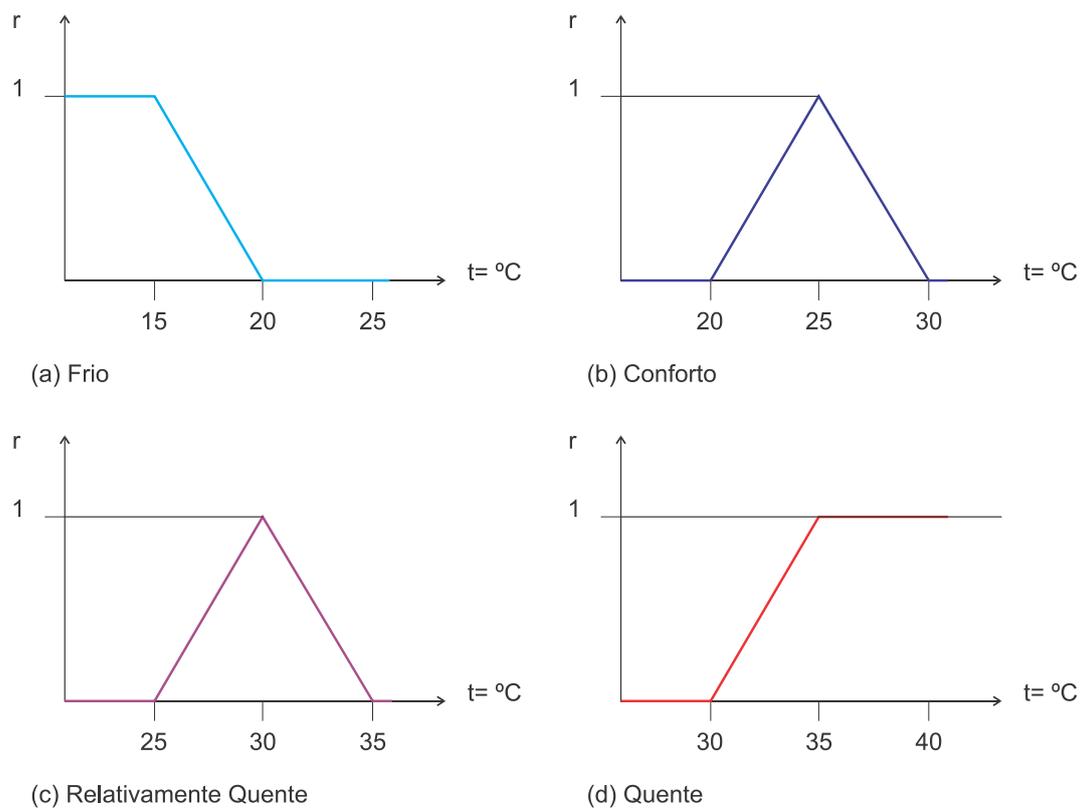
Porém, o que acontece na realidade em nossa mente, torna-se mais parecido com o que é representado na Figura 19.

Figura 19 - Exemplo de sensação térmica sob a ótica da lógica de raciocínio humano



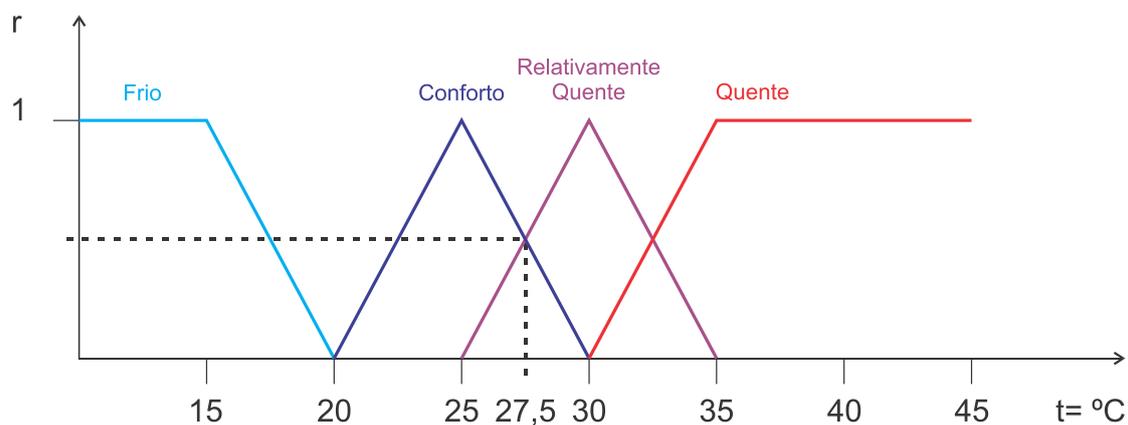
A lógica *fuzzy* tenta aproximar as interpretações da realidade do pensamento humano aos cálculos matemáticos de uma forma mais simples e dedutiva, como exemplificado nas Figura 20 e na Figura 21. Pode se ver quatro conjuntos representados: o conjunto das temperaturas frias (a), o conjunto de temperaturas do conforto térmico (b), o conjunto das temperaturas relativamente quentes (c) e o conjunto das temperaturas quentes (d), relacionados diretamente com a ordenada “r” que representa o grau de pertencimento a cada conjunto, nos quais são representados vários conjuntos de sensações, que tem limites que podem variar de indivíduo para indivíduo.

Figura 20 - Exemplo dos conjuntos de sensações térmicas sob a ótica da lógica de conjuntos *fuzzy*



Na Figura 20 pode-se ver quatro conjuntos representados: o conjunto das temperaturas frias (a), o conjunto de temperaturas do conforto térmico (b), o conjunto das temperaturas relativamente quentes (c) e o conjunto das temperaturas quentes (d), relacionados diretamente com a ordenada “ r ” que representa o grau de pertencimento a cada conjunto.

Figura 21 - Exemplo da intersecção dos conjuntos de sensações térmicas sob a ótica da lógica *fuzzy*



Diferente da lógica clássica ou bivalente, na lógica *fuzzy*, o resultado de uma proposição poderá variar em graus de verdade, na qual uma proposição pode ser representada como parcialmente verdadeira ou parcialmente falsa. Isto é, um elemento pode pertencer parcialmente a um conjunto. Desta forma, a função de pertinência $\mu(x)$ de um elemento a um conjunto *fuzzy* pode assumir infinitos valores no intervalo $[0,1]$, entre o totalmente falso e o totalmente verdadeiro:

$$\mu_A(x): [0,1] \quad (24)$$

Portanto, a função de pertinência associa a cada elemento x pertencente a um número real $\mu_A(x)$ no intervalo $[0,1]$, representando o grau de pertinência do x ao conjunto A . Isto é, o quanto o elemento x pertence ao conjunto A .

Por exemplo, se uma temperatura de $27,5\text{ }^\circ\text{C}$ for submetida às classificações dos conjuntos da lógica clássica (Figura 18), ela só poderia ser classificada como quente. Porém, a mesma temperatura em uma lógica de conjuntos *fuzzy* (Figura 20 e Figura 21), teria grau de pertinência 0 para o conjunto das temperaturas frias (a), estaria incluída no conjunto de conforto térmico (b) com um grau de pertencimento de 0,5. Também estaria incluída no conjunto relativamente quente (c) com o mesmo grau de pertencimento (0.5) e por último teria grau de pertinência 0 para o conjunto das temperaturas quentes. Essa “tradução” de algarismos numéricos em categorias linguísticas (com graus de pertencimento) é normalmente chamada de fuzzificação.

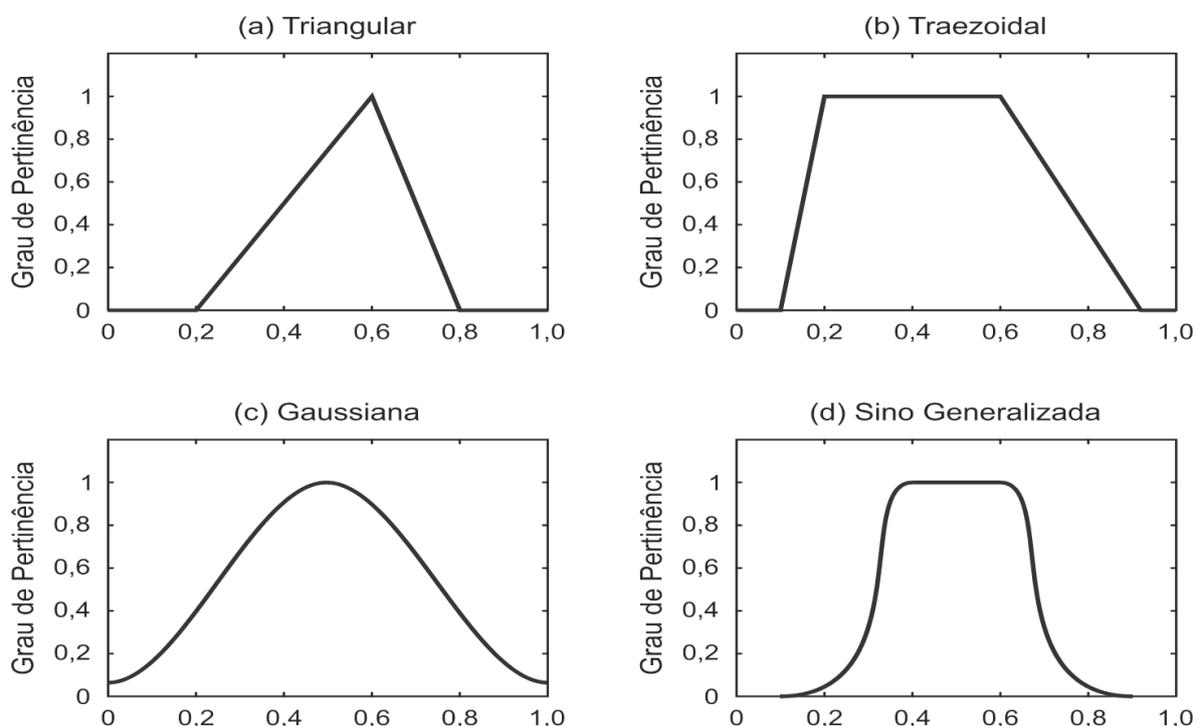
Nota-se que um grau de pertinência 0 (zero) significa que o valor não pertence ao conjunto, enquanto o grau de pertinência 1 (um) indica que o valor é uma representação completa do conjunto.

Nesta etapa, a cada variável devem ser atribuído termos linguísticos que representam os estados desta variável e, a cada termo linguístico, deve ser associado um conjunto *fuzzy* por uma função de pertinência.

Todo conjunto *fuzzy* é caracterizado por uma função de pertinência (característica), na qual a transição de não-pertinência para pertinência é gradual, não abrupta e dentro de um intervalo entre zero e um. As noções de união, intersecção, complementação, relação, convexidade, etc, da teoria clássica, são estendidas para a lógica de conjunto *fuzzy* e várias propriedades dessas noções no contexto dos conjuntos *fuzzy* foram estabelecidas por Zadeh (1965).

A função de pertinência utilizadas na lógica *fuzzy* podem apresentar diferentes formas (Figura 22), triangular (a), trapezoidal (b), gaussiana (c), sino generalizada (d), etc²⁷.

²⁷ A caixa de ferramentas dos operadores fuzzy no software Matlab® apresenta onze tipos de funções de pertinência (FP ou mf - membership function).

Figura 22 - Exemplos das principais funções de pertinência da lógica *fuzzy*

Uma das principais críticas atribuídas à lógica *fuzzy* é justamente a definição de qual função de pertinência utilizar, pois essa escolha pode dar margem à subjetividade. No entanto, elas não são definidas de maneira totalmente subjetiva. Alguns autores (BHATTACHARYA; DASS, 2007; ALCAMO et al., 2008; EIERDANZ, et al., 2008; KRÖMKE; EIERDANZ; STOLBERG, 2008) justificam suas escolhas baseando-se em uma combinação de conhecimento existente na literatura e conhecimento especializado.

A função de pertinência delinea os limites de um conjunto *fuzzy*, podendo assumir várias formas gráficas, sendo que o contexto de aplicação é que determinará se uma forma específica é adequada ou não àquela situação (JANG; GULLEY, 1995).

Lienenkamp (1999) buscou definir funções de forma mais objetiva usando uma distribuição estatística de dados populacionais observados. Porém, Eierdanz et al. 2008 afirmam que os conjuntos de dados observados utilizados por ele não podem servir de regra geral para todos os casos e que esta questão ainda não possui resolução.

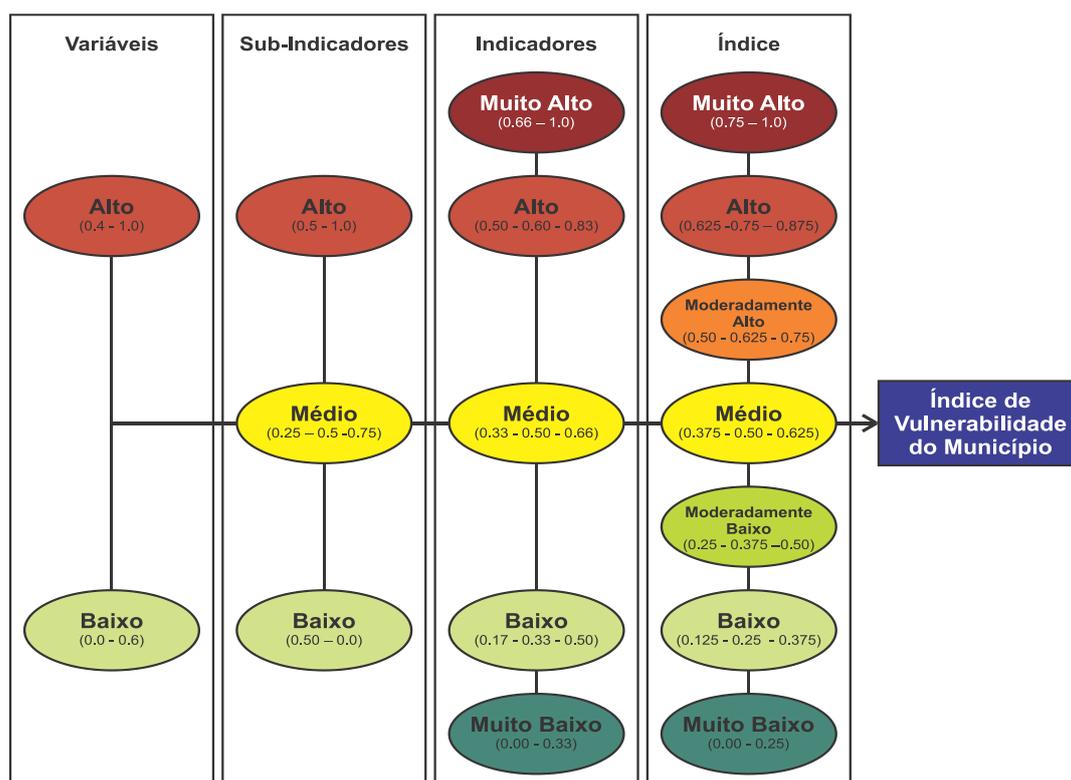
Krömke, Eierdanz e Stolberg (2008) comparam a utilização das funções trapezoidais, gaussianas, sino generalizadas em seus dados de susceptibilidade à seca e encontraram mínimas diferenças nas respostas.

Entende-se que função adequada deve ser escolhida de acordo com a experiência do pesquisador no assunto que se quer analisar. Portanto, a função reflete o conhecimento que se tem em relação à intensidade com que o objeto pertence ao conjunto *fuzzy* e como varia o grau de pertencimento ao conjunto em relação à mudança do valor de entrada.

Neste estudo, optou-se pela utilização das funções de pertinência triangulares, tendo em vista, a sua vasta aplicação em outros estudos que focaram a análise da vulnerabilidade e susceptibilidade à seca e a outros eventos extremos. Isto não quer dizer que em trabalhos futuros possa-se fazer uma análise comparativa dos resultados com outros tipos de funções de pertinência.

Em relação aos limites numéricos de abrangência dos conjuntos, utilizaram-se os limites mostrados na Figura 23, e priorizou-se por utilizar limites equidistantes objetivando em um primeiro momento tratar todas as variáveis com a mesma importância.

Figura 23 - Hierarquização e limites dos conjuntos *fuzzy* utilizados

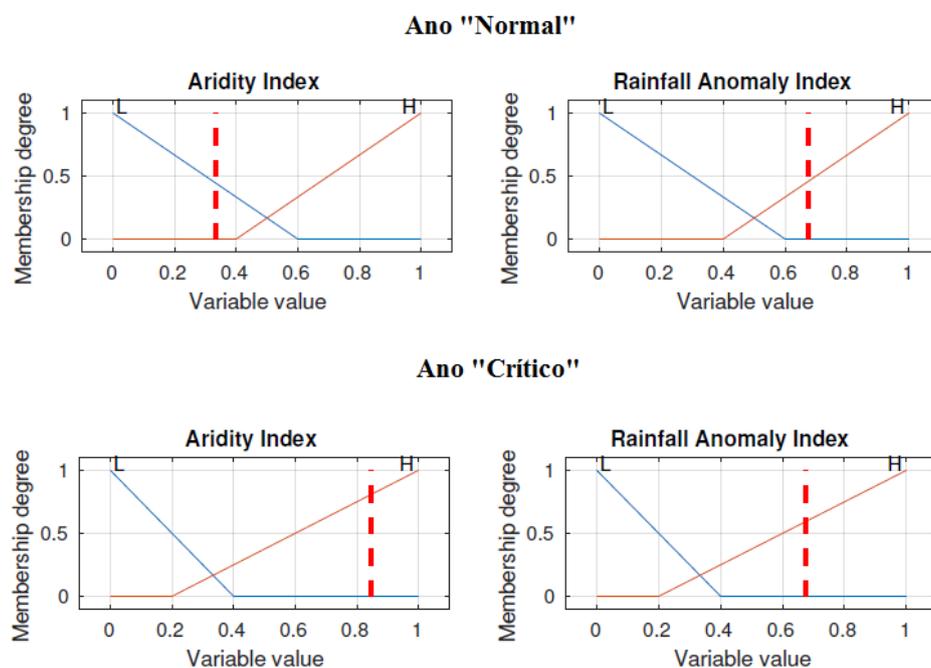


Um fator importante a ser evidenciado, sobre a inserção dos *inputs* das variáveis componentes do Indicador de Exposição e a definição dos limites dos conjuntos *fuzzy*, é que nos anos considerados como críticos (o ano de 2000 para o Brasil e 2004 para Portugal), o padrão dos conjuntos *fuzzy* descrito na Figura 23 não foi seguido à risca. Isso pode ser justificado pela importância dos efeitos climáticos e a dependência da população diretamente influenciada pela escassez das chuvas, nesses anos críticos. Essas alterações nos limites dos conjuntos fazem com que

os valores sejam mais bem interpretados pelo modelo, dando maior relevância a valores mais elevados.

Portanto a diferença aplicada entre os limites dos conjuntos *fuzzy* em anos considerados como dentro da normalidade e anos considerados extremamente secos podem ser observadas na Figura 24.

Figura 24 - Variação dos limites dos conjuntos das variáveis de entrada do Indicador de Exposição



Neste contexto, aplicou-se o sistema *fuzzy* para o desenvolvimento do índice de vulnerabilidade por segmentos, obtendo-se resultados parciais, isto é, subindicadores, indicadores e só por fim o índice. Isto poderá ajudar na análise dos resultados, objetivando a elaboração de medidas que visem melhorar cada área temática que está contida na vulnerabilidade.

4.7.2 Inferência *fuzzy*

Uma vez elaborada a adequação dos valores iniciais em variáveis linguísticas (baixo, médio e alto...), segue-se com a fase denominada inferência *fuzzy*, cuja finalidade é relacionar as variáveis entre si, através de regras pré-estabelecidas, cumprindo assim com os objetivos do algoritmo de agregação de dados.

A formulação destas regras pode ser feita com ajuda de especialistas ou extraídas de um banco de dados, tendo em vista que o presente estudo visa aprimorar um índice recém-desenvolvido. Não existe um banco de dados observados. A formulação das regras de inferência resultou na experiência de colaboradores especialistas no assunto.

Para a elaboração dessas regras é importante ter em mente alguns passos importantes. São eles:

- As variáveis linguísticas são o centro da técnica de modelagem de sistemas *fuzzy*. Com elas é possível nomear os conjuntos, e ainda qualificá-los utilizando os qualificadores (baixo, médio, alto...); dessa forma, a modelagem do sistema se torna muito mais próxima do mundo real;
- Utilizam-se conexões lógicas do tipo “E/OU” para criar a relação entre as variáveis;
- Utilizam-se implicações para se conseguir as interações, através do termo “ENTÃO”.

A partir do entendimento das etapas anteriores estabelece-se a regras, que são implicações lógicas, que relacionam os conjuntos *fuzzy* de entrada com os conjuntos *fuzzy* de saída. Geralmente, esse bloco de regras são fornecidos por um especialista ou por análise de um banco de dados. Essas regras se apresentam em forma de sentenças linguísticas, constituindo um aspecto fundamental no desempenho de um sistema de inferência *fuzzy*. Como exemplos pode-se ver abaixo um bloco de regra simples (quatro regras):

Se x é Baixo e y é Baixo, então z^1 é Baixo*

Se x é Alto e y é Alto, então z^2 é Alto*

Se x é Alto e y é Baixo, então z^3 é Médio*

Se x é Baixo e y é Alto, então z^4 é Médio*

Onde, “x” e “y” são variáveis distintas de entrada, “Alto” e “Baixo” são os conjuntos *fuzzy* de entrada, enquanto “Alto*”, “Médio*” e “Baixo*” são conjuntos *fuzzy* de saída e “z” é o resultado de saída *fuzzy*. Todas as regras utilizadas encontram-se ao final deste trabalho, no Apêndice I.

4.7.3 Defuzzificação

A defuzzificação é a última etapa do processo *fuzzy*, em que os valores *fuzzy* são convertidos em números reais, tendo assim, um conjunto de saída matematicamente definido. Isto se faz necessário porque em aplicações práticas são requeridas saídas precisas com algum resultado físico numérico.

Dentre os métodos mais utilizados, podem-se citar os métodos: do primeiro dos máximos, média dos máximos, método do centróide, etc. Para este estudo, o centróide se mostrou o mais adequado, por utilizar uma abordagem “média” dos valores inseridos.

Continuando com o exemplo do bloco de regras da inferência *fuzzy* anteriormente representado, para se chegar ao valor final desfuzzificado é preciso se projetar uma figura criada por meio dos valores resultantes de “z” de cada regra.

Para o exemplo, serão utilizados valores genéricos, supondo que os resultados obtidos do bloco de regras foram z^1 (Baixo*) = 0.4, z^2 (Alto*) = 0.3, z^3 (Médio*) = 0.6 e z^4 (Médio*) = 0.3. Baixo

O método do centróide consiste em representar graficamente a área das figuras resultantes desses valores com as áreas de intersecção agrupadas (Figura 25) e após isso encontrar o centro de gravidade da figura, que será projetado no eixo da abcissa que representará o resultado desfuzzificado (Figura 26). Assim, o resultado final do valor desfuzzificado para este exemplo utilizando o centróide seria de 0,45.

Figura 25 - Exemplo de desfuzzificação pelo método do centróide

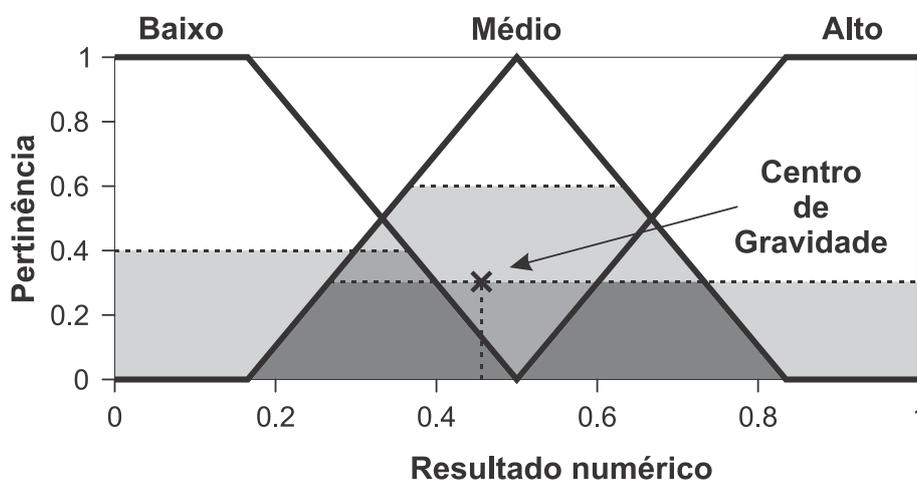
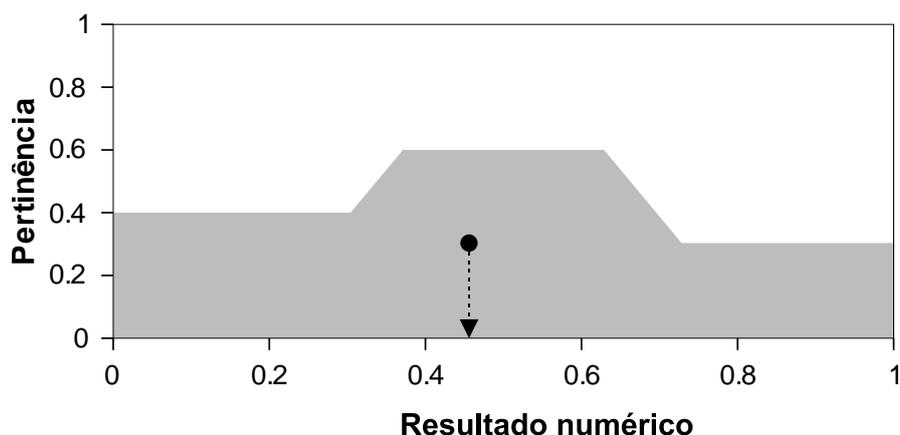


Figura 26 - Resultado da defuzzificação pelo método do centróide



4.7.4 Sistemática da agregação das variáveis

A sistemática de aplicação da lógica *fuzzy* para a agregação das variáveis para o Brasil, presentes do Quadro 4, na página 86, seguiu o organograma da Figura 27. A sistemática de aplicação da lógica *fuzzy* para a agregação das variáveis para Portugal, presentes do Quadro 5, na página 87, seguiu o organograma da Figura 28.

4.7.5 Cálculo computacional

Todas estas etapas descritas anteriormente foram aplicadas por meio no *software* MATLAB[®], seguindo as ordens hierárquicas apresentadas nas Figura 27 e Figura 28.

Com o intuito de reduzir o tempo de processamento, o código descrito no APÊNDICE IV²⁸ foi submetido ao *High Performance Computing* (HPC) que consiste em *cluster* da GRID/FEUP, que agrega diversos computadores e tem a capacidade de realizar processamentos de grande monta. Os parâmetros utilizados para a submissão do código foram os seguintes: número de dois processadores, com tempo máximo de processamento de uma hora e que a utilização de apenas um nó da rede. Esses parâmetros foram necessários para a realização do cálculo entre 2 a 7 minutos para cada ano de estudo.

Ao fim do processamento, a interação das variáveis no código gera diversos resultados como:

²⁸ O código foi compartimentado por ano de estudo, compreendendo 2000 e 2010 para o Brasil e 2000, 2004 e 2010 para Portugal. Todo o código elaborado abrangeu cerca de 150.000 linhas de comando em ambiente Matlab[®].

- Um arquivo (.pdf) para cada município com todas as representações gráficas do modelo *fuzzy* e que retrata todas as etapas do processamento (*inputs* e *outputs*);
- Um arquivo de texto (.txt) para cada município com os representação numérica de *inputs* e *outputs*;
- Um arquivo de texto (.csv) com todos os municípios, que pode ser exportado para um arquivo *Data Base* (.dbf) e se associado a um *shapefile* no ArcMap, o que possibilita a representação gráfica espacializada de todos resultados.

Figura 27 - Diagrama da aplicação da lógica fuzzy no Brasil

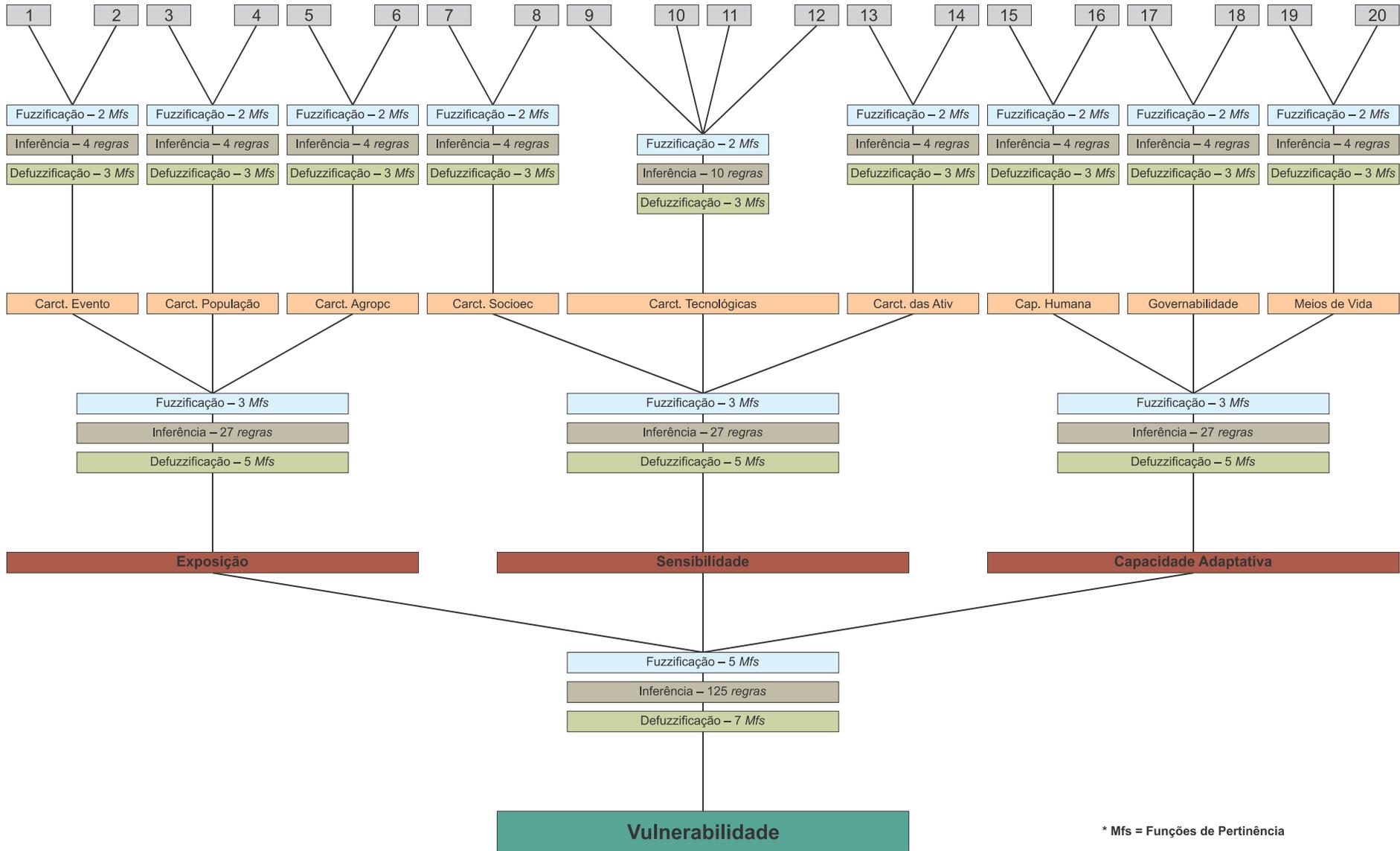
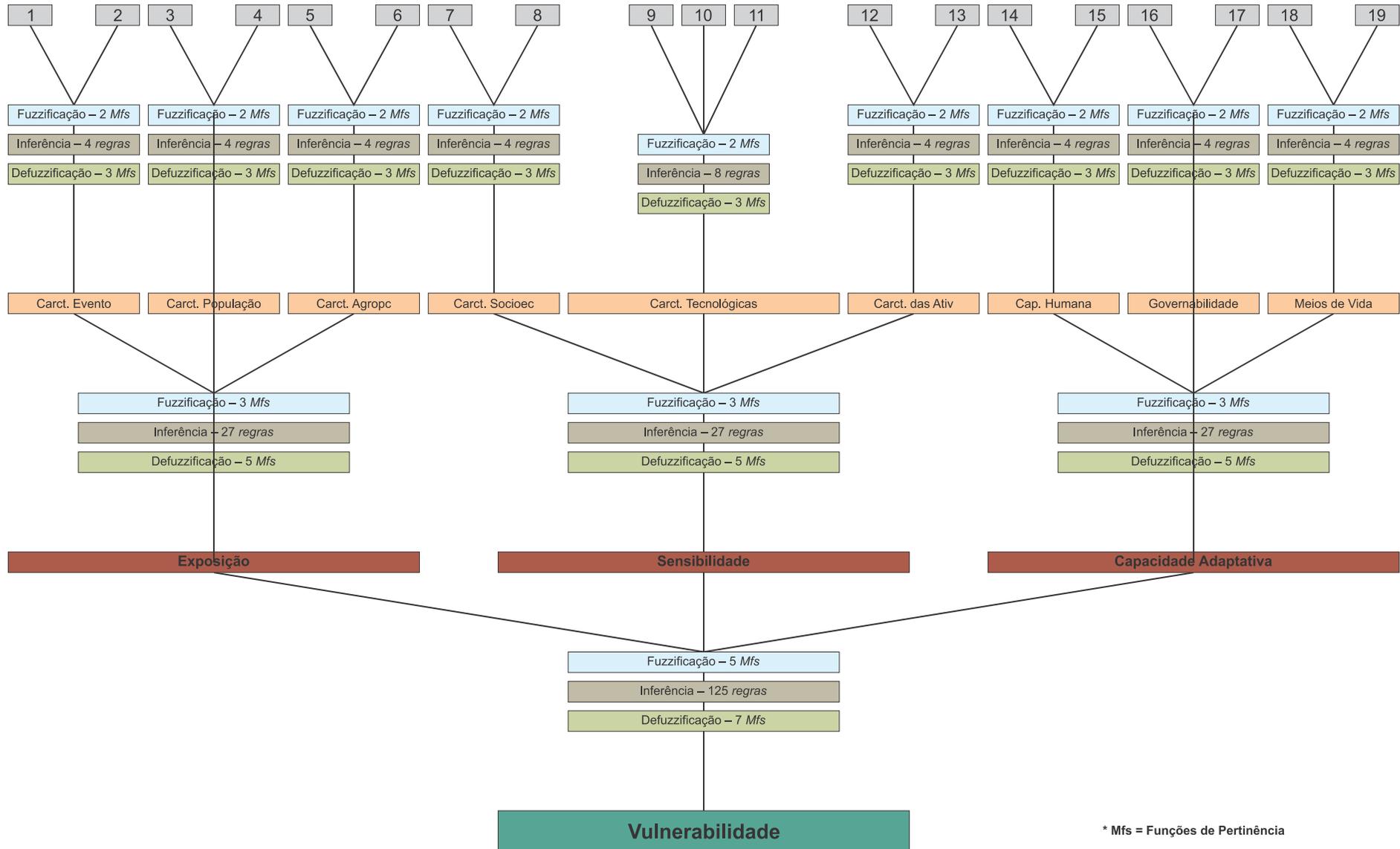


Figura 28 - Diagrama da aplicação da lógica *fuzzy* em Portugal



4.8 Validação dos resultados

Segundo Tänzler et al. (2008), embora os cientistas tenham investido grandes esforços na estimativa vulnerabilidade à seca e outros eventos climáticos, estes esforços têm sido dificultados pela sua incapacidade de validar estas estimativas.

Após a aplicação de indicadores e obtenção dos resultados, há de superar um grande desafio - o de validar esses resultados. Tendo em vista que o conceito de vulnerabilidade é um conceito holístico e complexo, sendo difícil encontrar evidências empíricas de suas mudanças.

Entende-se que a ocorrência de crises relacionadas a eventos de secas implica em um estresse hídrico alto o suficiente para causar consequências negativas para a sociedade ou, pelo menos, evocar reações políticas ou sociais. Acredita-se que a partir de relatos históricos, documentos, registros oficiais e notícias da época, possam ser criados panoramas históricos das secas e quão grandes eram as vulnerabilidades, em cada momento de crise.

Para tentar minimizar esse problema, a literatura (GOMES, 2001; TÄNZLER et al., 2008; FEKETE, 2009; MENDES, MAIA; VIVAS, 2011; COSTA, 2012) apresenta algumas possibilidades, que possam vir a viabilizar o entendimento e o comportamento da vulnerabilidade à seca em diferentes épocas, são estas:

- Consulta a bancos de dados de registros de desastres;
- Análise de danos, gastos públicos e de seguros relacionados com os períodos de estiagem;
- Análise qualitativa/quantitativa dos conteúdos midiáticos que versem sobre os períodos de seca em diferentes anos.

Seguindo essas orientações e visando a utilização desses recursos, foram realizadas pesquisas bibliográficas que versavam sobre os danos e períodos de seca em: notícias divulgadas na mídia, trabalhos acadêmicos, ferramentas de pesquisa na web e em banco de dados sobre desastres.

Estes dados coletados serviram de suporte de comparação dos resultados de vulnerabilidade obtidos e a magnitude dos eventos de seca em ambos os países em anos que compreenderam o período de 1970 a 2018.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

Ouricuri Madurou

*E é sinal, que Arapuá já fez mel
Catingueira fulorou lá no sertão
Vai cair chuva a granel*

*Arapuá esperando
Oricuri madurecer
Catingueira fulorando
Sertanejo esperando chover*

*Lá no sertão, quase ninguém tem
estudo
Um ou outro que lá aprendeu ler
Mas tem homem capaz de fazer
tudo, doutor!
Que antecipa o que vai acontecer*

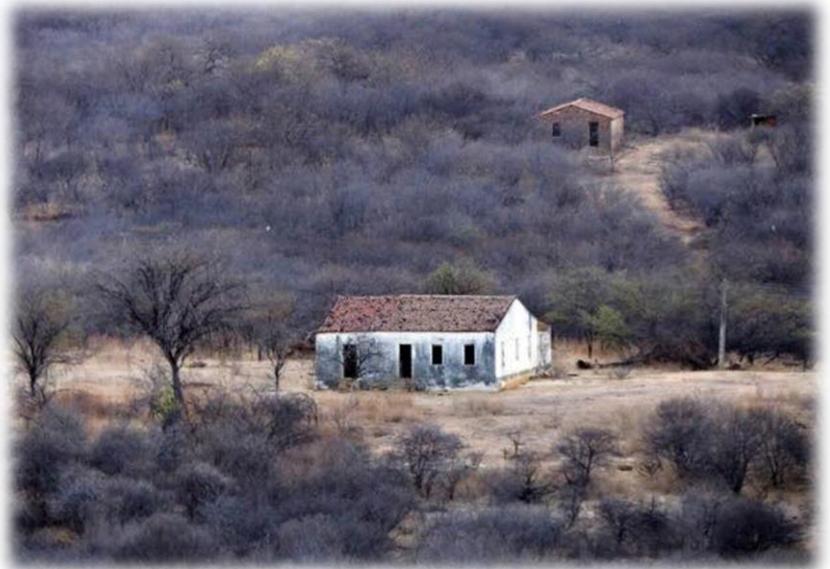
*Catingueira fulora: vai chover
Andorinha voou: vai ter verão
Gavião se cantar: é estiada
Vai haver boa safra no sertão*

*Se o galo cantar fora de hora:
É mulher dando fora, pode crer
Acauã se cantar perto de casa:
É agouro, é alguém que vai morrer*

*São segredos
Que o sertanejo sabe
E não teve o prazer
De aprender ler*

*Oricuri madurou
E é sinal, que Arapuá já fez mel...*

(João Do Vale / Jose Candido)



Fonte: Internet

5 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados de Índices Vulnerabilidade à seca dos municípios brasileiros e dos municípios portugueses obtidos por meio dos Indicadores de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa. Torna-se importante ressaltar que todos os dados utilizados nos cálculos encontram-se no Apêndice II e III deste trabalho.

5.1 Resultados no Brasil

Para a região semiárida brasileira, o presente estudo tomou dois anos como base de cálculo: os anos de 2000 e 2010. Os dados utilizados coincidem em sua maioria com os anos base, exceto alguns dados que foram produzidos em anos próximos, a exemplo os dados agropecuários que são oriundos do Censo Agropecuário de 1996 e 2006²⁹ do IBGE.

Sobre as características pluviométricas desses anos, o ano de 2000 se caracteriza por ser um ano atípico, posterior a um período de seca severa (1998-1999)³⁰ e por possuir precipitações amenas, que teve seus reflexos nos dados coletados no Censo Demográfico do ano de 2000. Já o ano de 2010 é considerado um ano com precipitação dentro da normalidade, com precipitações próximas e até superiores à média histórica. O intuito de utilizar dados de anos diferentes foi o de comparar os resultados de duas épocas distintas com processos sociais e ambientais diferentes.

5.2 Resultados para o ano de 2000

5.2.1 Exposição dos Municípios

Como já apresentado anteriormente, no Capítulo “4. MATERIAIS E MÉTODOS”, o Indicador de Exposição é dividido em três subindicadores (Características do Evento, Características da População e Características da Agropecuária), que por sua vez são formadas por duas variáveis, cada um.

Em relação às Características do Evento, para o ano de 2000, os municípios de Cabaceiras, Picuí, Sousa e Sumé apresentaram praticamente o mesmo resultado (0,836), sendo esse o valor mais alto. Esse resultado afirma que as características climáticas tiveram maior influência nesses quatro municípios do que nos outros três, representando assim uma variação mesoclimática significativa entre as regiões do estado da Paraíba. Já o município de Princesa Isabel apresentou o valor mais baixo (0,578). No que tange às Características da População, o município de Cabaceiras apresentou o pior resultado (0,523), seguido de perto pelo município de Picuí (0,500). Já Patos apresentou o

²⁹ Infelizmente, muitos dos dados analisados no trabalho não foram produzidos no Censo Agropecuário de 2017, havendo assim uma descontinuidade histórica dos dados.

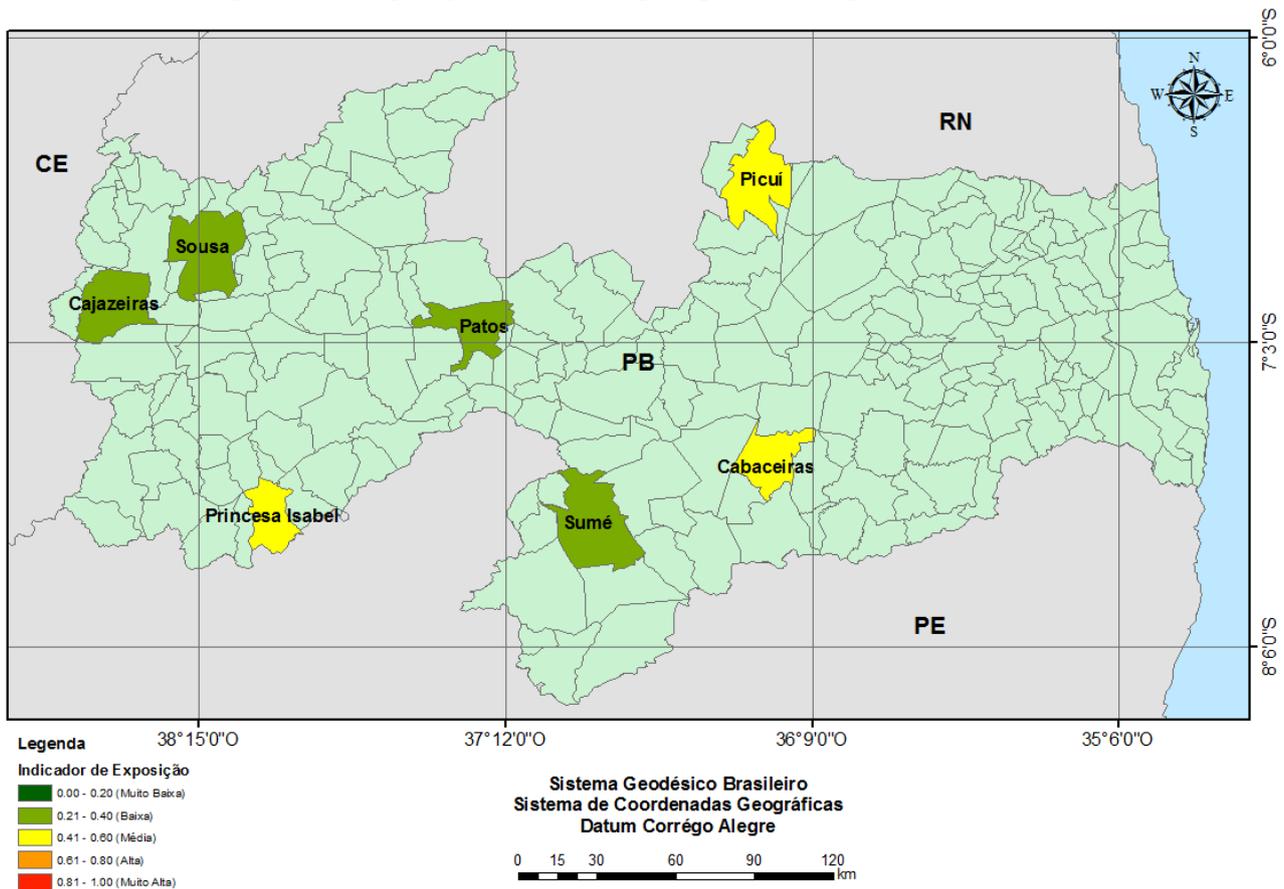
³⁰ Quadro 1, página 18.

melhor resultado (0,165) e isso pode ser representado pela diversificação da economia da região e pela magnitude do terceiro setor no município. Cajazeiras e Sousa, por serem municípios que apresentam características semelhantes a Patos, também apresentaram baixa exposição da população ao evento da seca (0,224 e 0,257, respectivamente).

Já em relação às Características da Agropecuária, os municípios mais expostos foram Patos, Picuí e Sumé, tendo em vista a forma como a agricultura era praticada e principalmente a relação ao tipo de rebanho e sua necessidade de água.

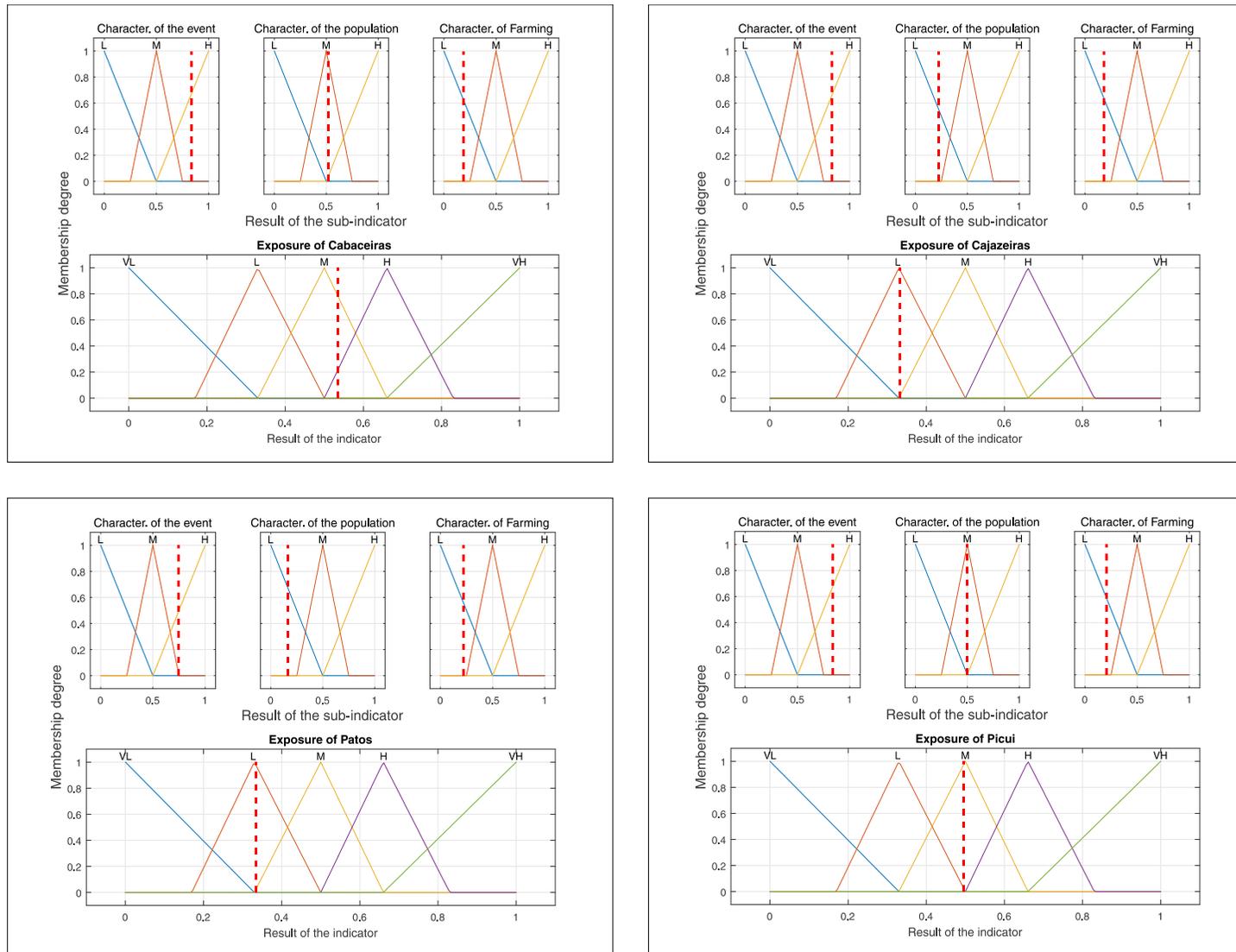
Por meio da agregação dos subindicadores, obteve-se o Indicador de Exposição para os municípios, caracterizando o município de Cabaceiras como mais exposto (0,534). Porém, os municípios de Picuí e Princesa Isabel, também tiveram resultados semelhantes (0,496 e 0,456, respectivamente) sendo classificados com a exposição média. Já os outros municípios foram classificados com uma exposição baixa Figura 29.

Figura 29 - Exposição dos municípios paraibanos para o ano de 2000



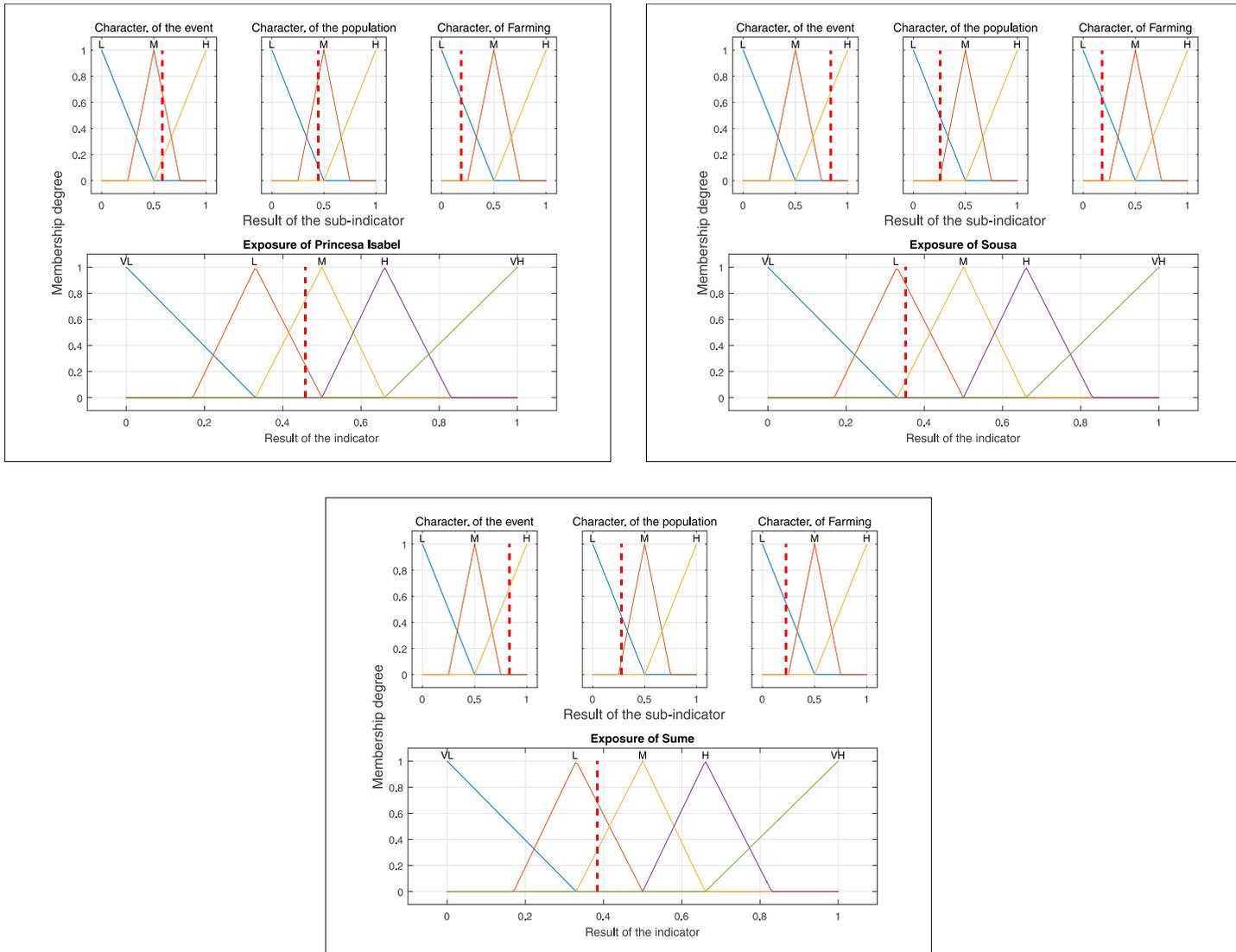
A seguir são apresentadas as representações gráficas dos conjuntos de subindicadores e seus respectivos valores (plotados em linha vermelha tracejada), que compuseram o Indicador de Exposição para cada município (imagem inferior central) estudado no ano de 2000 (Figura 30 e Figura 31 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Figura 30 - Gráficos de Exposição à seca para o ano 2000 dos municípios: Cabaceiras, Cajazeiras, Patos e Picuí³¹



³¹ Os gráficos foram gerados com legendas em inglês devido à versão do MATLAB® do GRID-FEUP, não suportar os caracteres especiais da língua portuguesa.

Figura 31 - Gráficos de Exposição à seca para o ano 2000 dos municípios: Princesa Isabel, Sousa e Sumé



5.2.2 Sensibilidade dos Municípios

As variáveis que compõem a Sensibilidade à seca encontram-se divididas em três grupos de subindicadores: Características Socioeconômicas, Características Tecnológicas e Características das Atividades.

Em relação às Características Socioeconômicas da população residente nos municípios estudados, Cabaceiras apresentou-se como o menos sensível (0,370), tendo em vista que na época (2000) possuía a menor taxa de desemprego e um índice de Gini mediano. Já o município de Cajazeiras apresentou maior sensibilidade (0,500), pela sua má distribuição de renda e por possuir mais de 12% de sua população desempregada.

Quanto as Características Tecnológicas, todos os municípios apresentaram péssimos resultados (em torno de 0,830). Isso representa a defasagem tecnológica da época, para os quesitos: cisternas, reservatórios, poços/furos e tecnologias de irrigação.

As Características das Atividades apresentaram resultados que evidenciam uma menor sensibilidade dos municípios de Sumé, Sousa e Princesa Isabel (em torno de 0,530). Enquanto os outros municípios apresentaram valores mais elevados (em torno de 0,830).

São apresentadas na Figura 32 e Figura 33 as representações gráficas dos conjuntos de subindicadores e seus respectivos valores (plotados em linha vermelha tracejada), que compuseram o indicador de Sensibilidade para cada município (imagem inferior central) estudado no ano de 2000.

Pela agregação dos subindicadores, obteve-se o Indicador de Sensibilidade à seca (Figura 34), que apresentou os municípios de Sumé, Sousa e Princesa Isabel como os menos sensíveis às secas, apresentando valores medianos (respectivamente 0,496, 0,520 e 0,522). Já os outros municípios apresentaram valores mais elevados (em torno de 0,663). Esse resultado não é considerado bom para nenhum dos municípios, tendo em vista que quanto menor a sensibilidade dos municípios às intemperes das secas, menor será os danos sofridos pelo município.

Figura 32 - Gráficos de Sensibilidade à seca para o ano 2000 dos municípios: Cabaceiras, Cajazeiras, Patos e Picuí

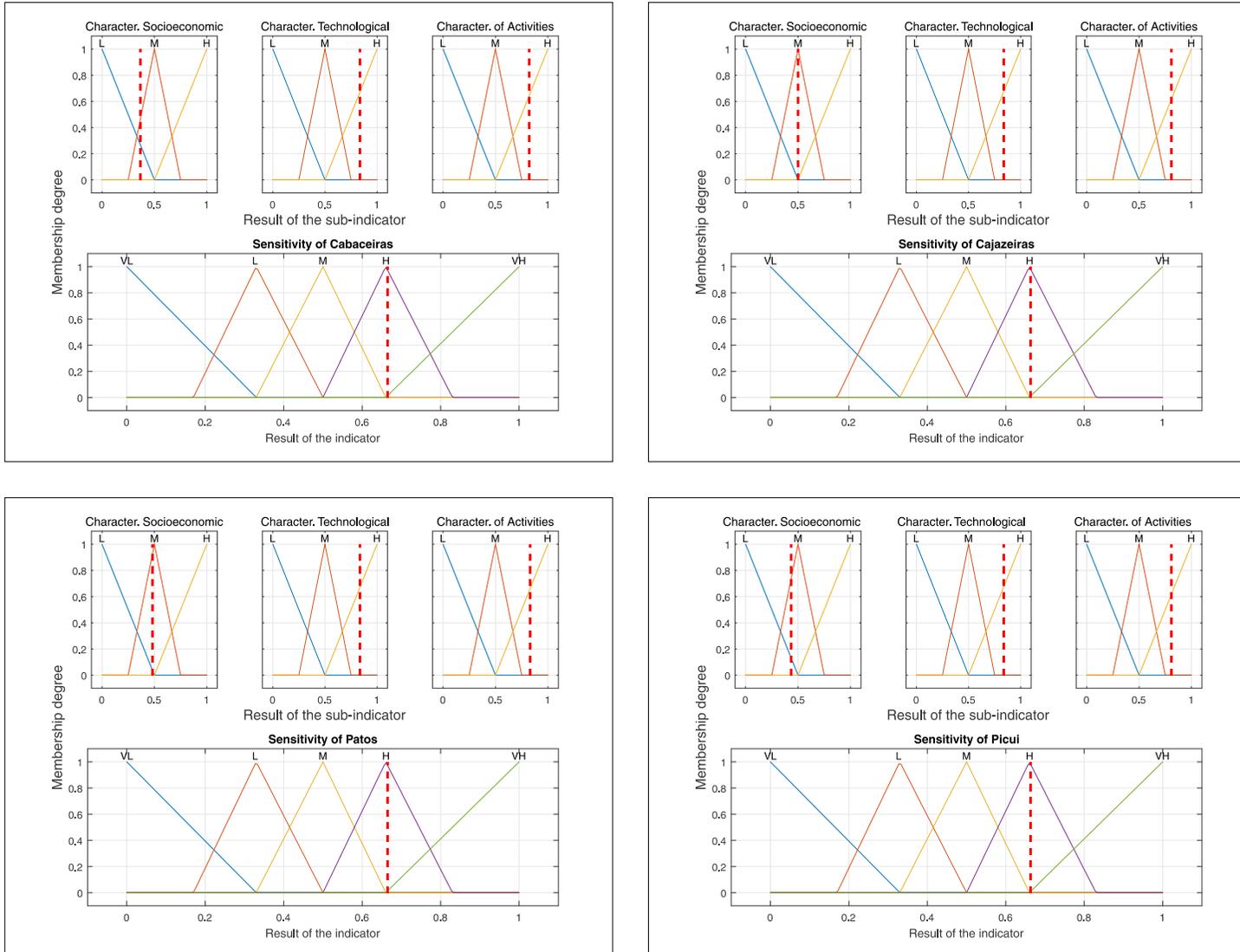


Figura 33 - Gráficos de Sensibilidade à seca para o ano 2000 dos municípios: Princesa Isabel, Sousa e Sumé

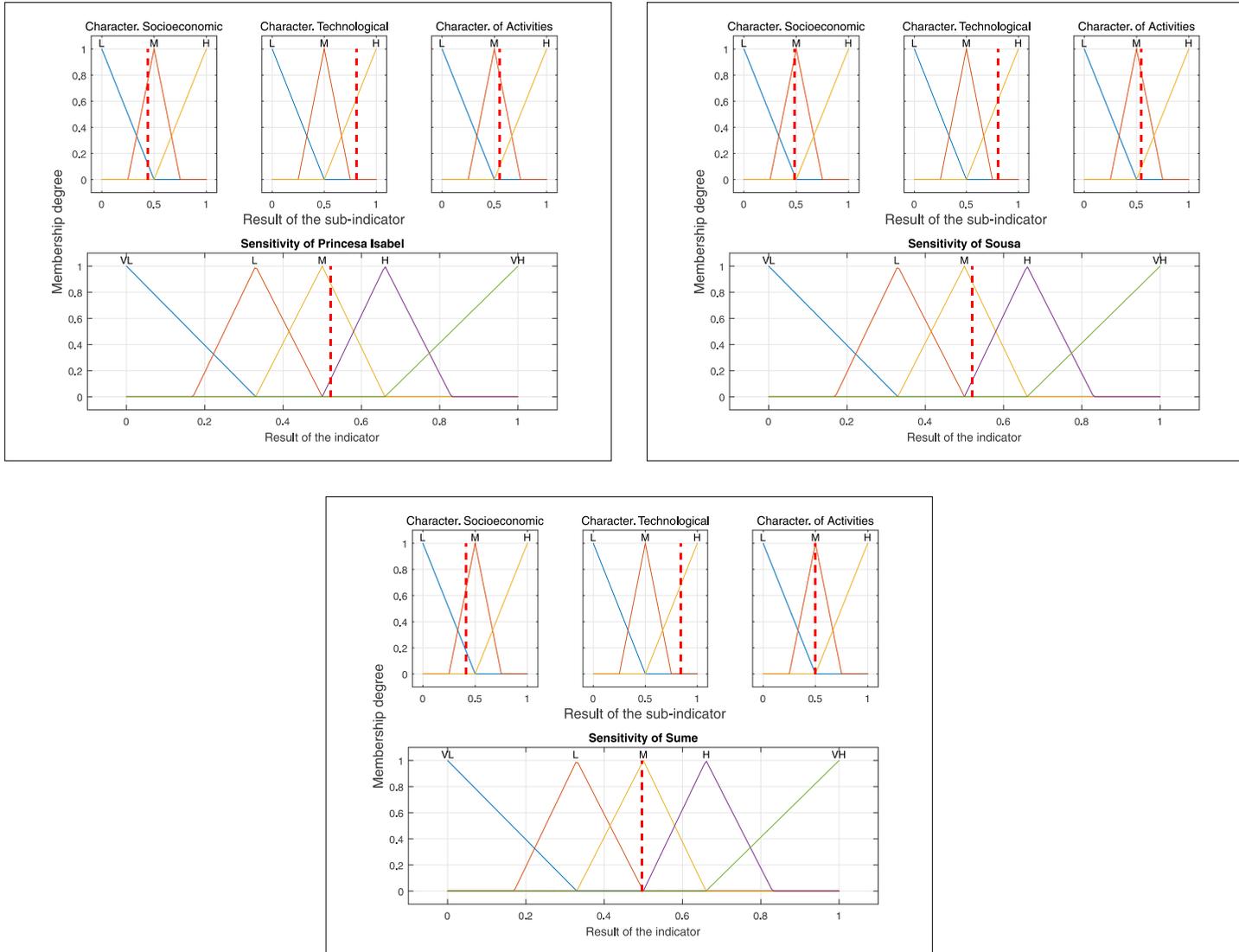
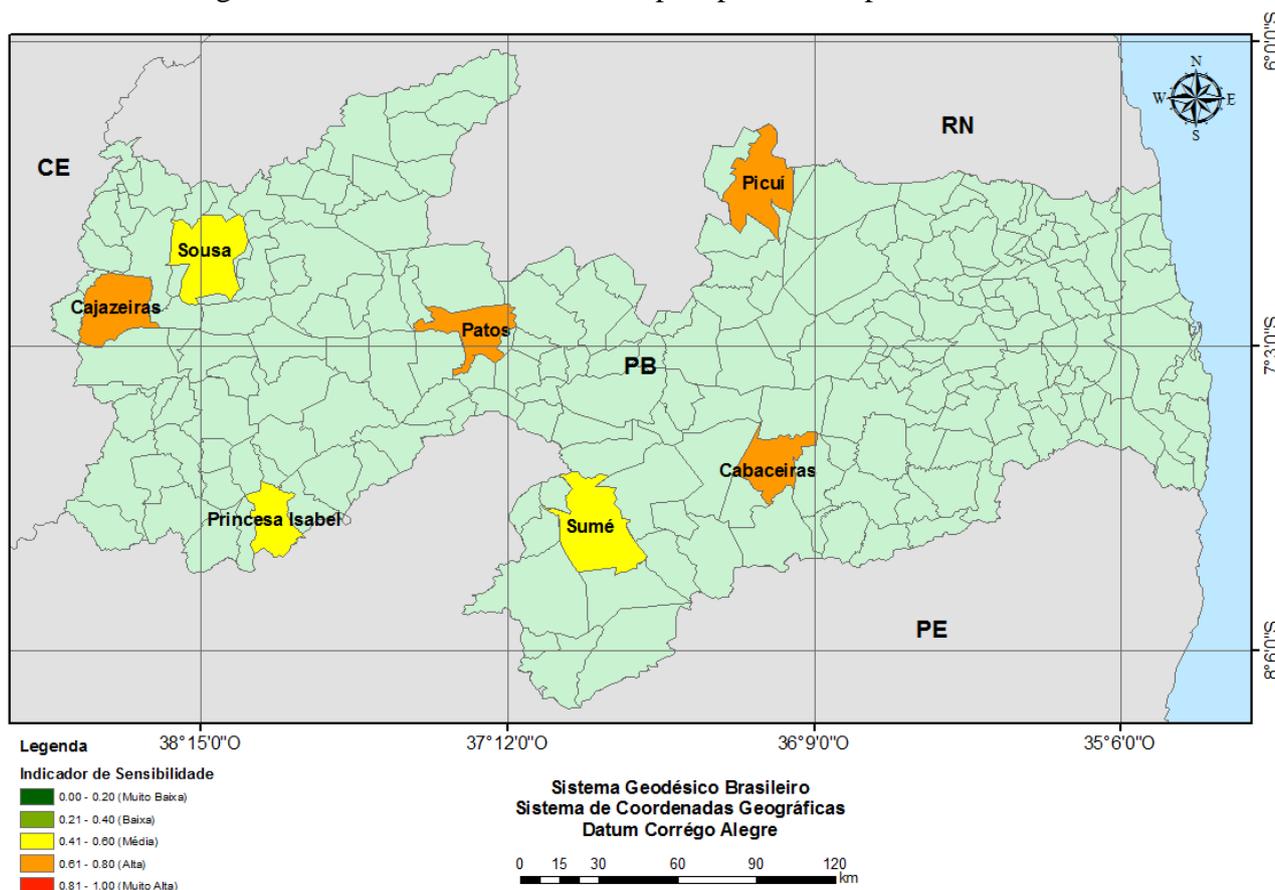


Figura 34- Sensibilidade dos municípios paraibanos para o ano de 2000



5.2.3 Capacidade Adaptativa dos Municípios

O Indicador de Capacidade Adaptativa encontra-se dividido em seis variáveis, que por sua vez são agregados duas a duas, em três subindicadores, nomeadamente: Capacidade Humana, Governabilidade e Meios de Vida. A Capacidade Humana é caracterizada por duas variáveis: o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal e a porcentagem do Produto Interno Bruto Municipal investido em educação e cultura.

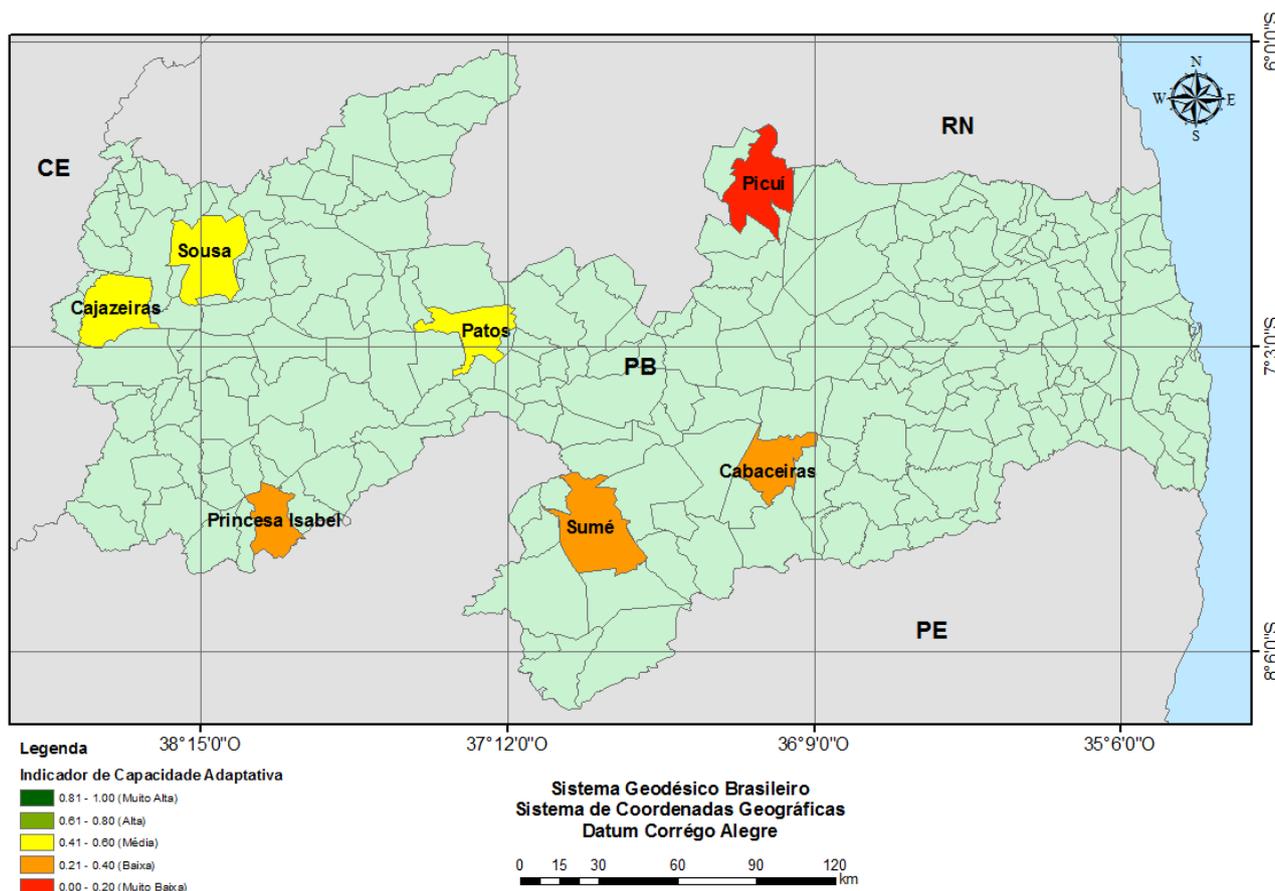
Os municípios que apresentaram melhor desempenho de Capacidade Humana foram os municípios de Patos (0,446) e Cajazeiras (0,406). Todos os demais tiveram resultados que variaram entre 0,200 e 0,300. No quesito Governabilidade, que versa sobre população atendida por Programas Sociais³² e Porcentagem do PIB investido em Educação e Cultura, três municípios apresentaram valores iguais (0,500), foram eles: Cajazeiras, Patos e Sousa. Os outros quatro municípios apresentaram valores mais baixos entre 0,100 e 0,300.

³² Existem grandes diferenças dos programas sociais brasileiros e portugueses. Além da sua abrangência, salientam-se também as diferenças relacionadas aos benefícios assistencialistas aos idosos em idade não produtiva, que não conseguiu ser beneficiado pela aposentadoria. No Brasil, em regra, o valor pago a esse idoso permeia o valor de um salário mínimo, vigente no país. Já em Portugal esse valor é variável e, normalmente, é menor que um salário mínimo português.

Já o que tange ao subindicador Meios de vida, que reflete qual a proporção de pessoas aposentadas e funcionárias públicas no município, todos os municípios apresentaram valores entre 0,160 e 0,180. Pode-se destacar alguns casos intrigantes como são os dos municípios de Sumé e Picuí que apresentaram uma porcentagem elevada de funcionários públicos por habitantes, cerca de 15% e 13%, respectivamente. Isso implica dizer que, por exemplo, no município de Sumé em 2000, a cada 100 habitantes, 15 eram funcionários públicos de uma das três esferas (municipal, estadual e federal).

Por meio da agregação dos subindicadores, obteve-se o Indicador de Capacidade Adaptativa. Esse indicador evidenciou que no ano de 2000 o município de Picuí apresentava a pior Capacidade Adaptativa (0,135), considerada muito baixa. Os outros municípios se limitaram a resultados baixos e medianos. Observa-se ainda que nenhum dos municípios apresentou resultados altos ou muito altos, fator esse muito preocupante (Figura 35).

Figura 35- Capacidade Adaptativa dos municípios paraibanos para o ano de 2000



Nas Figura 36 e Figura 37 são apresentadas as representações gráficas dos conjuntos de subindicadores e seus respectivos valores (plotados em linha vermelha tracejada), que compuseram o indicador de Capacidade Adaptativa para cada município (imagem inferior central) estudado no ano de 2000.

Figura 36 - Gráficos de Capacidade Adaptativa à seca para o ano 2000 dos municípios: Cabaceiras, Cajazeiras, Patos e Picuí

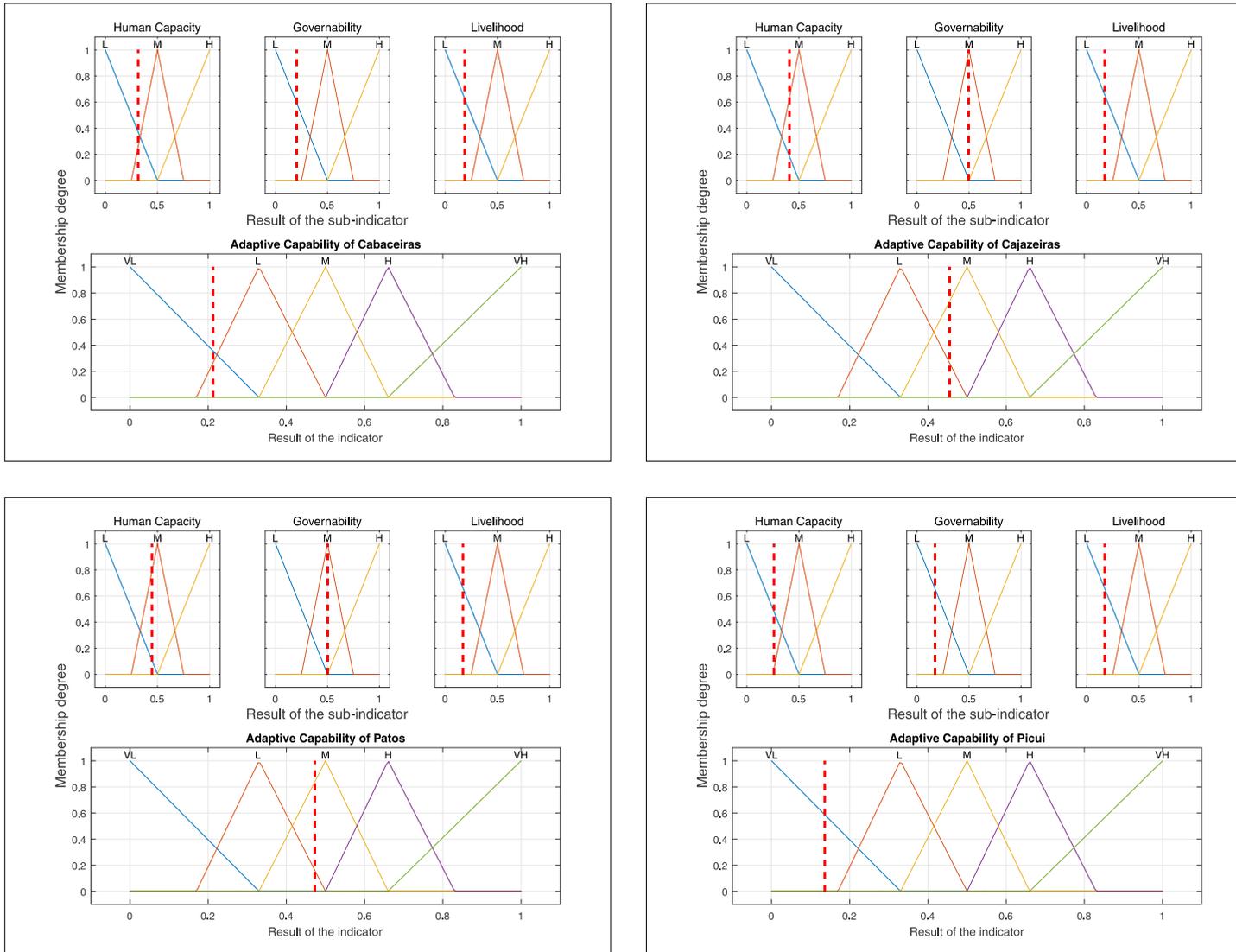
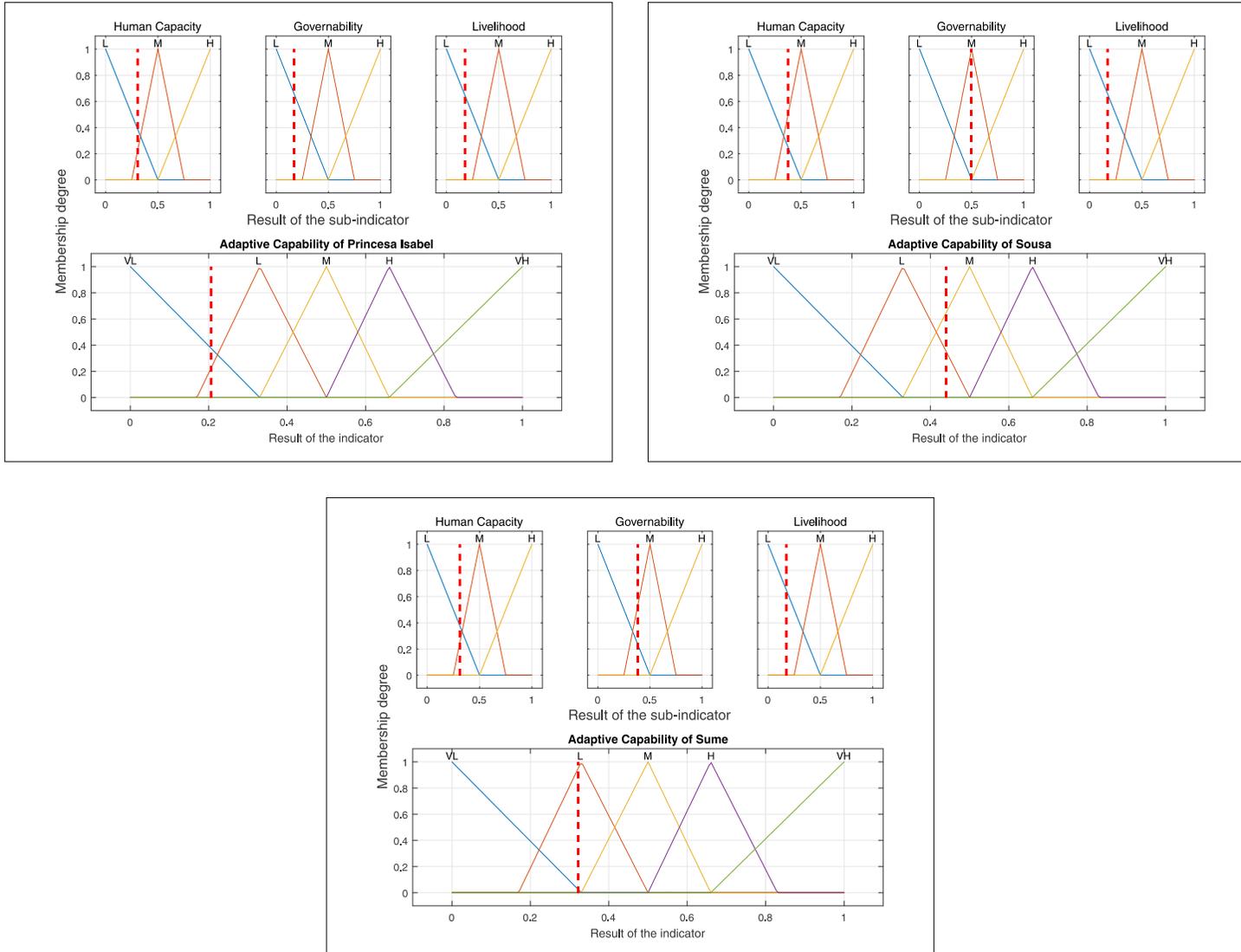


Figura 37 - Gráficos de Capacidade Adaptativa à seca para o ano 2000 dos municípios: Princesa Isabel, Sousa e Sumé



5.2.4 Vulnerabilidade dos Municípios

O Índice de Vulnerabilidade à Seca foi obtido por meio da agregação dos dados dos Indicadores de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa de cada município. Torna-se importante ressaltar que quanto maior for o número obtido nos indicadores de Exposição e Sensibilidade, os municípios encontram-se mais expostos e/ou mais sensíveis ao evento da seca, configurando-se como um fator negativo.

Já em relação ao Indicador de Capacidade Adaptativa ocorre o oposto, ou seja, quanto maior o valor do Indicador de Capacidade Adaptativa, maior será a possibilidade de o município sofrer menores danos frente ao evento da seca, ou mesmo sofrendo danos eles serão menos severos do que os que ocorrerem em municípios com um menor indicador de Capacidade Adaptativa, tendo em vista que a relação de proporção dos indicadores, segue a seguinte lógica:

$$Vulnerabilidade = \frac{Exposição + Sensibilidade + (1 - Capacidade Adaptativa)}{3} \quad (25)$$

Apresenta-se no Quadro 10 os resultados numéricos finais dos indicadores e do índice de Vulnerabilidade de todos os municípios estudados:

Quadro 10 - Indicadores de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa dos municípios brasileiros para o ano de 2000

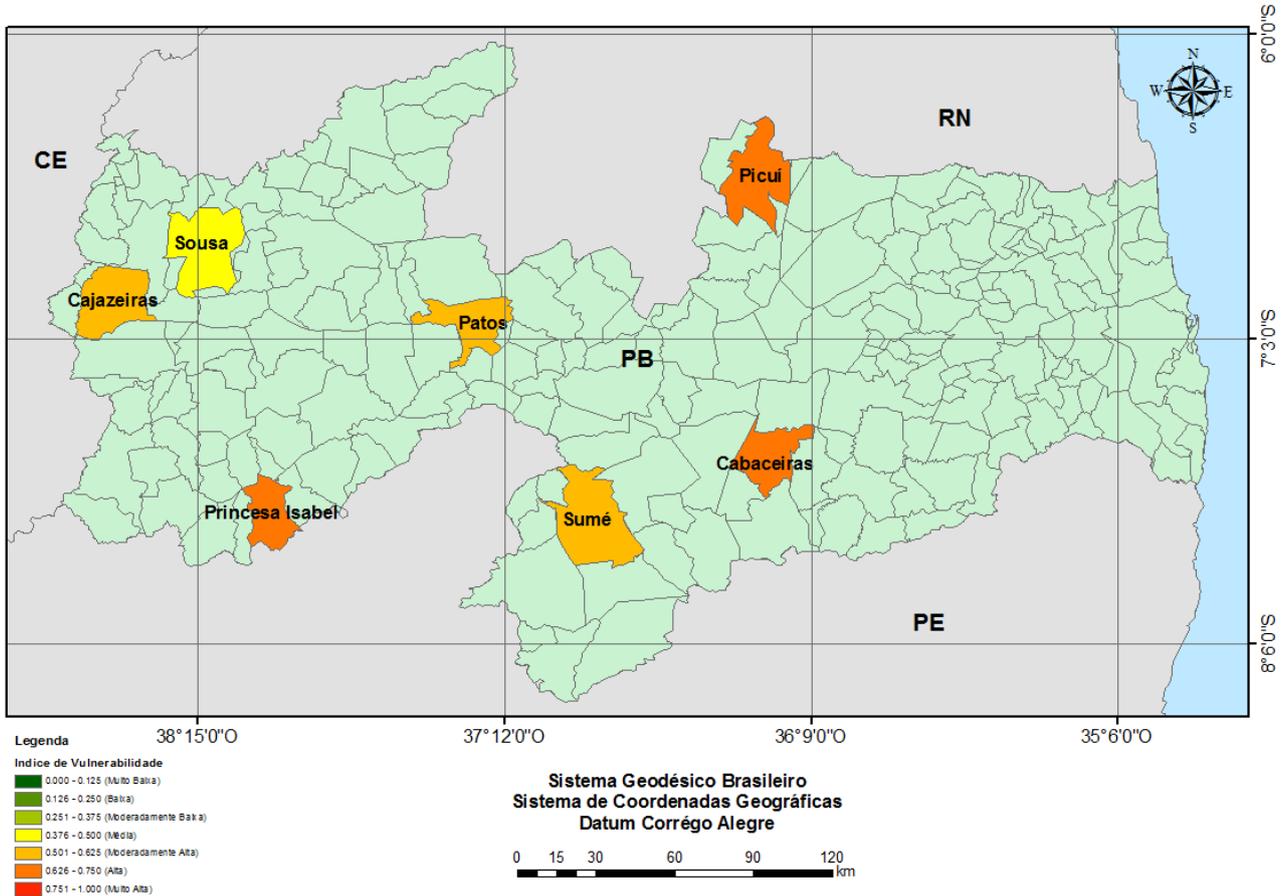
Municípios	Indicadores			Índice
	Exposição	Sensibilidade	Capacidade Adaptativa	Vulnerabilidade
Cabaceiras	0,534	0,663	0,213	0,679
Cajazeiras	0,333	0,663	0,456	0,585
Patos	0,333	0,663	0,472	0,563
Picuí	0,496	0,663	0,136	0,629
Princesa Isabel	0,456	0,522	0,206	0,646
Sousa	0,351	0,520	0,441	0,477
Sumé	0,383	0,496	0,321	0,588

Fonte: Elaboração do autor.

No Quadro 10 observa-se que Cabaceiras, Picuí e Princesa Isabel, obtiveram os maiores índices de Vulnerabilidade, isto devido principalmente aos baixos valores de Capacidade Adaptativa. Ademais Cabaceiras também teve o maior valor de Exposição ao evento da seca, isso fez com que ele obtivesse a maior Vulnerabilidade à seca.

Por meio da agregação dos resultados obtidos nos Indicadores de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa, obteve-se o índice de Vulnerabilidade à Seca, expressos nas Figura 38 e Figura 39.

Figura 38- Vulnerabilidade dos municípios paraibanos para o ano de 2000



Pelo Quadro 10 e Figura 38 pode-se observar que os municípios de Cabaceiras, Picuí e Princesa Isabel apresentaram vulnerabilidade alta. Enquanto os municípios de Cajazeiras, Patos, e Sumé apresentaram vulnerabilidade moderadamente alta e apenas o município de Sousa apresentou vulnerabilidade média.

Nas Figura 39 e Figura 40 são apresentadas as representações gráficas dos conjuntos de indicadores e seus respectivos valores (plotados em linha vermelha tracejada), que compuseram o índice de Vulnerabilidade à seca para cada município (imagem inferior central) estudado no ano de 2000.

Figura 39 - Gráficos de Vulnerabilidade à seca para o ano 2000 dos municípios: Cabaceiras, Cajazeiras, Patos e Picuí

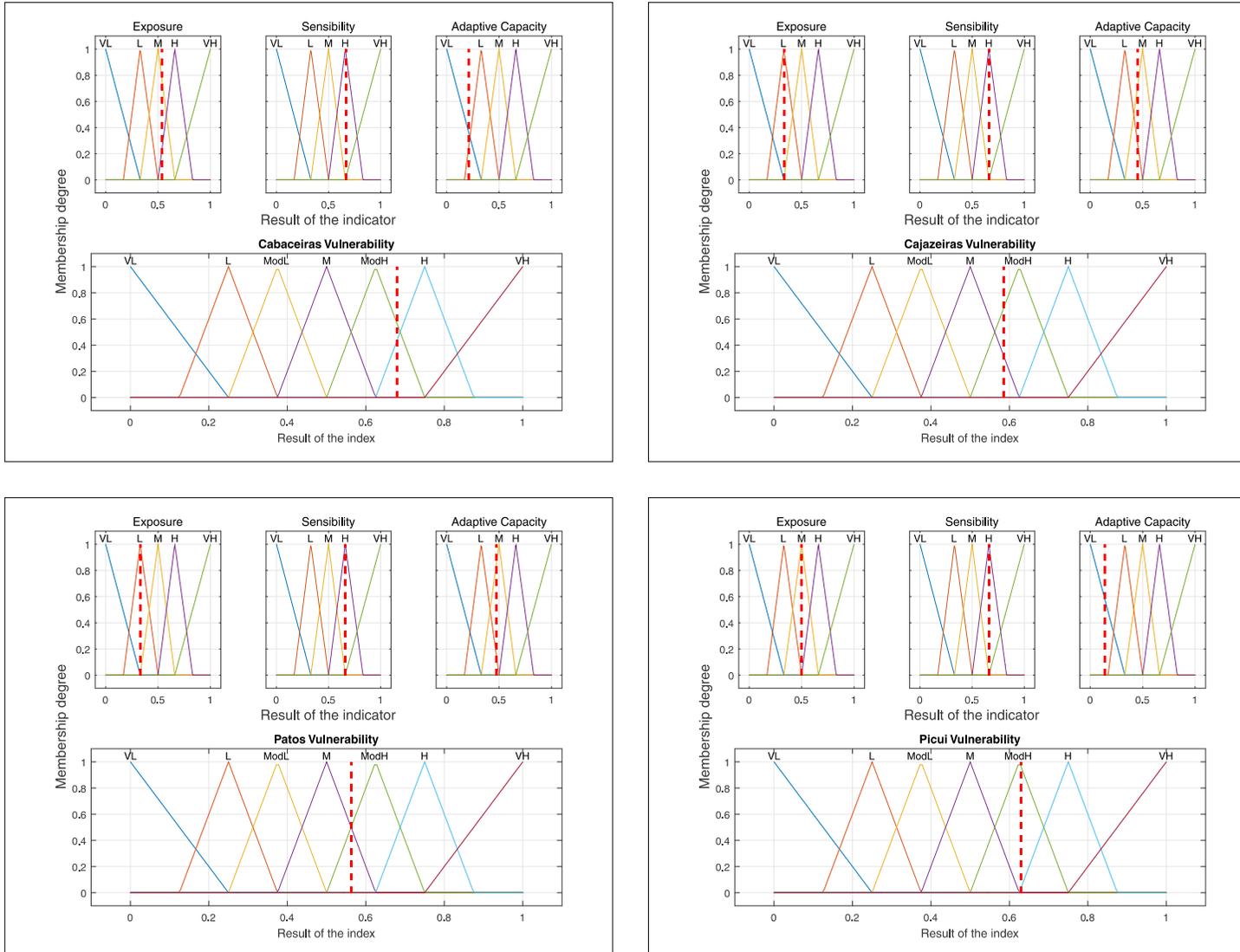
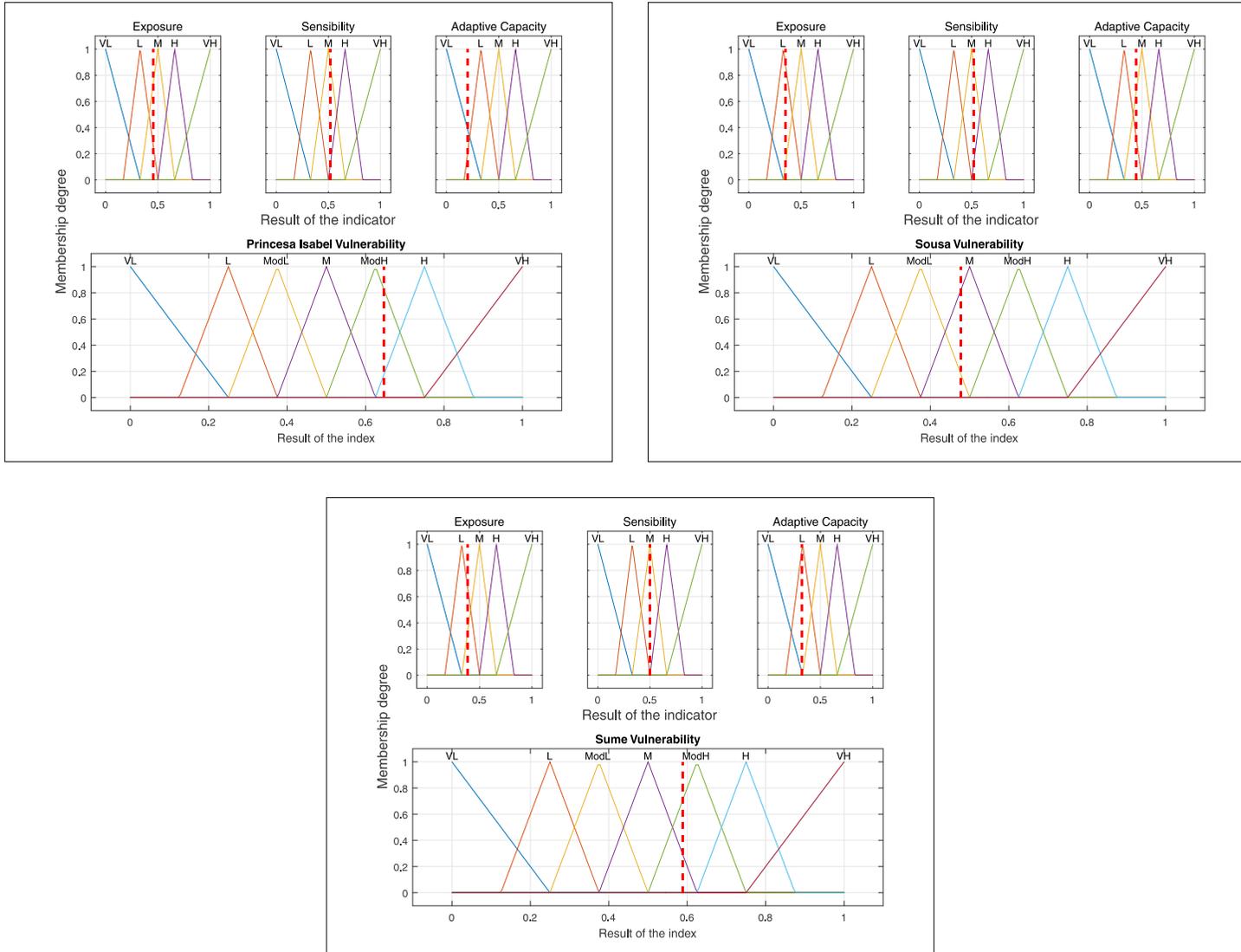


Figura 40 - Gráficos de Vulnerabilidade à seca para o ano 2000 dos municípios: Princesa Isabel, Sousa e Sumé



5.3 Resultados para o ano de 2010

5.3.1 Exposição dos municípios

Em relação às características do evento da seca, o município de Sumé se mostrou o mais exposto (0,521) seguido de perto pelos municípios de Cabaceiras, Patos e Picuí (0,500) devido aos resultados dos Índices de Aridez e dos Índices de Anomalia de Chuva. Os municípios de Cajazeiras e Princesa obtiveram resultados mais baixos (0,250 e 0,325, respectivamente), se configurando como municípios menos expostos às características físicas do evento da seca no ano de 2010.

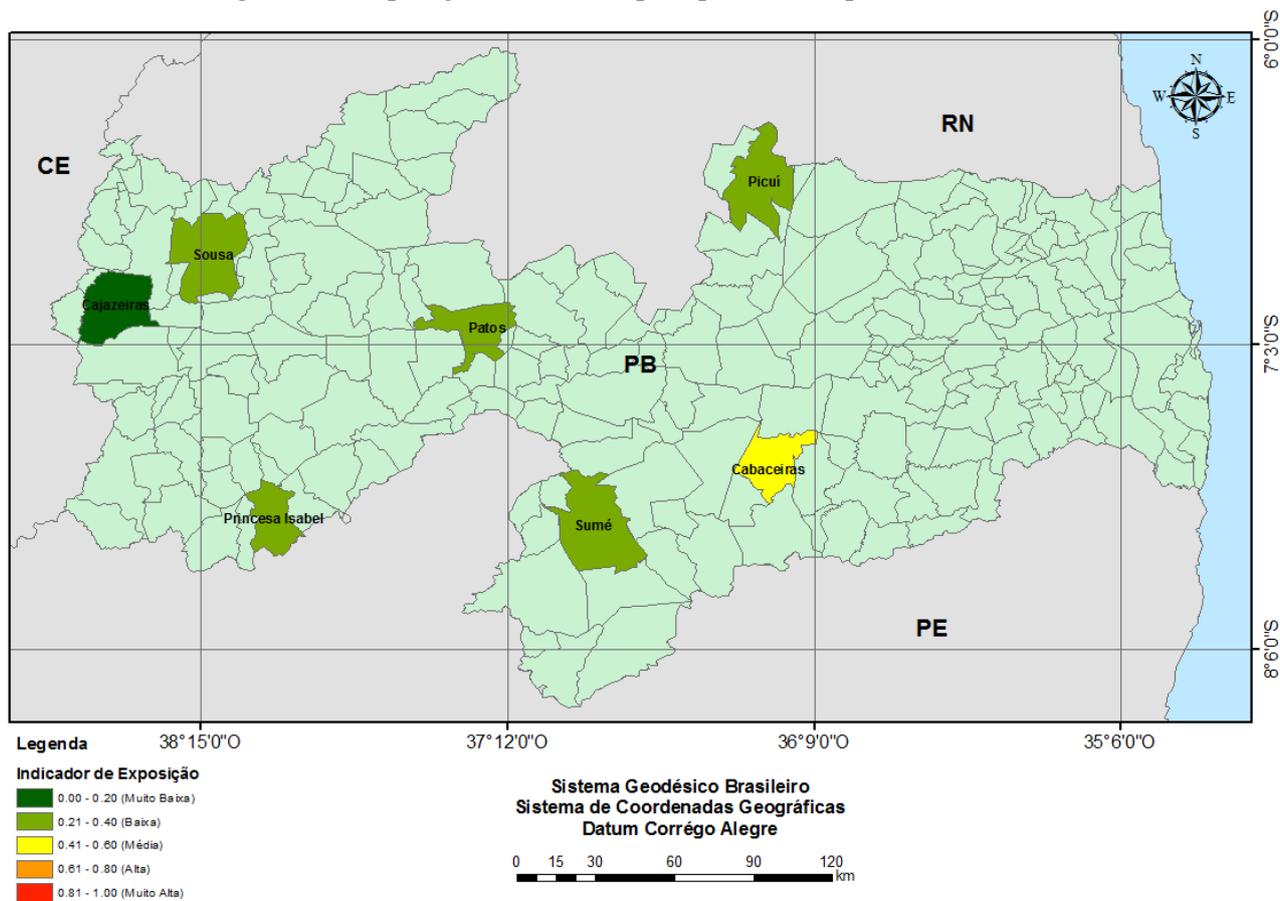
Em relação às Características da População, o município de Cabaceiras, apresentou maior população rural (56% da população total), obtendo também um alto índice de dependência da agricultura. Fator este que reflete a grande exposição de sua economia à seca, tendo em vista que mais de um terço (38%) de sua População Economicamente Ativa (PEA) depende diretamente ou indiretamente da agricultura como modo de obter recursos para seu sustento.

Todos esses fatores fizeram com que o município de Cabaceiras apresentasse maior exposição de sua população (0,450). A economia de Picuí e Sumé também mostrou uma grande dependência da agropecuária, o primeiro com 39% e os dois últimos com 35% de população economicamente ativa empregada na agropecuária.

No tocante às características da Exposição da Agropecuária, relacionado aos tipos de culturas e rebanho, obtido pela média ponderada da necessidade de água da cultura e dos diferentes tipos de rebanho, os municípios como um todo não mostraram ser altamente expostos. Todos os resultados ficaram abaixo de 0,250.

Já quanto ao Indicador de Exposição, o município de Cabaceiras mostrou-se como mais exposto, tendo um resultado numérico de 0,472, classificado como exposição média. Já o município de Cajazeiras mostrou-se como menos exposto (0,126), classificado assim com a exposição muito baixa. Os demais municípios foram classificados como exposição baixa, com valores entre 0,200 e 0,333. Esses valores podem ter sido influenciados principalmente os períodos de precipitação dentro da normalidade, dos anos que circundam o ano de 2010 (Figura 41).

Figura 41- Exposição dos municípios paraibanos para o ano de 2010



Objetivando o melhor entendimento dos resultados do Indicador de Exposição, optou-se por elaborar gráficos dos conjuntos *fuzzy* com o intuito de uma melhor representação das relações entre os indicadores e os subindicadores que o compõe e quais seus limites e áreas de intercessão (Figura 42 e Figura 43).

Figura 42 - Gráficos de Exposição à seca para o ano 2010 dos municípios: Cabaceiras, Cajazeiras, Patos e Picuí

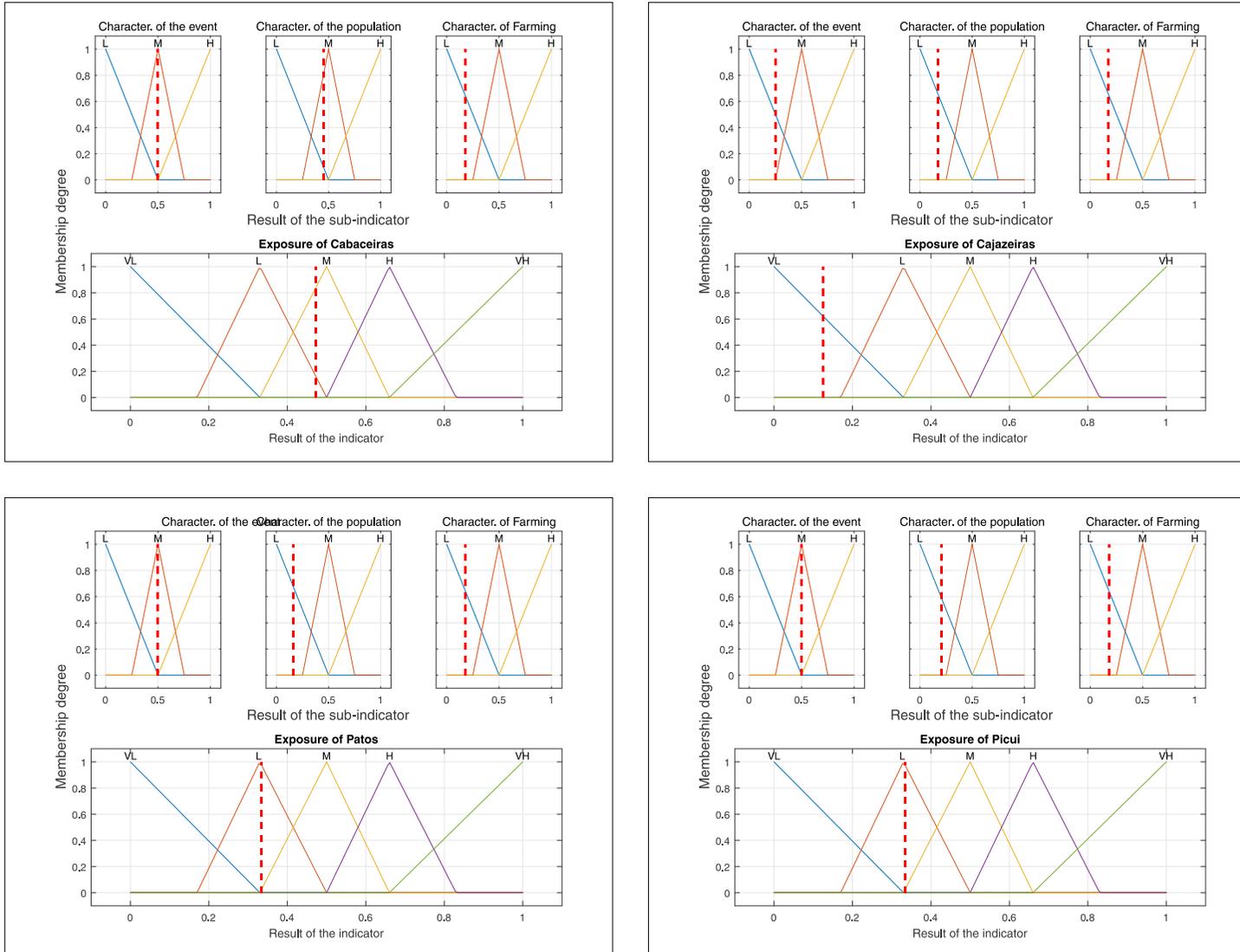
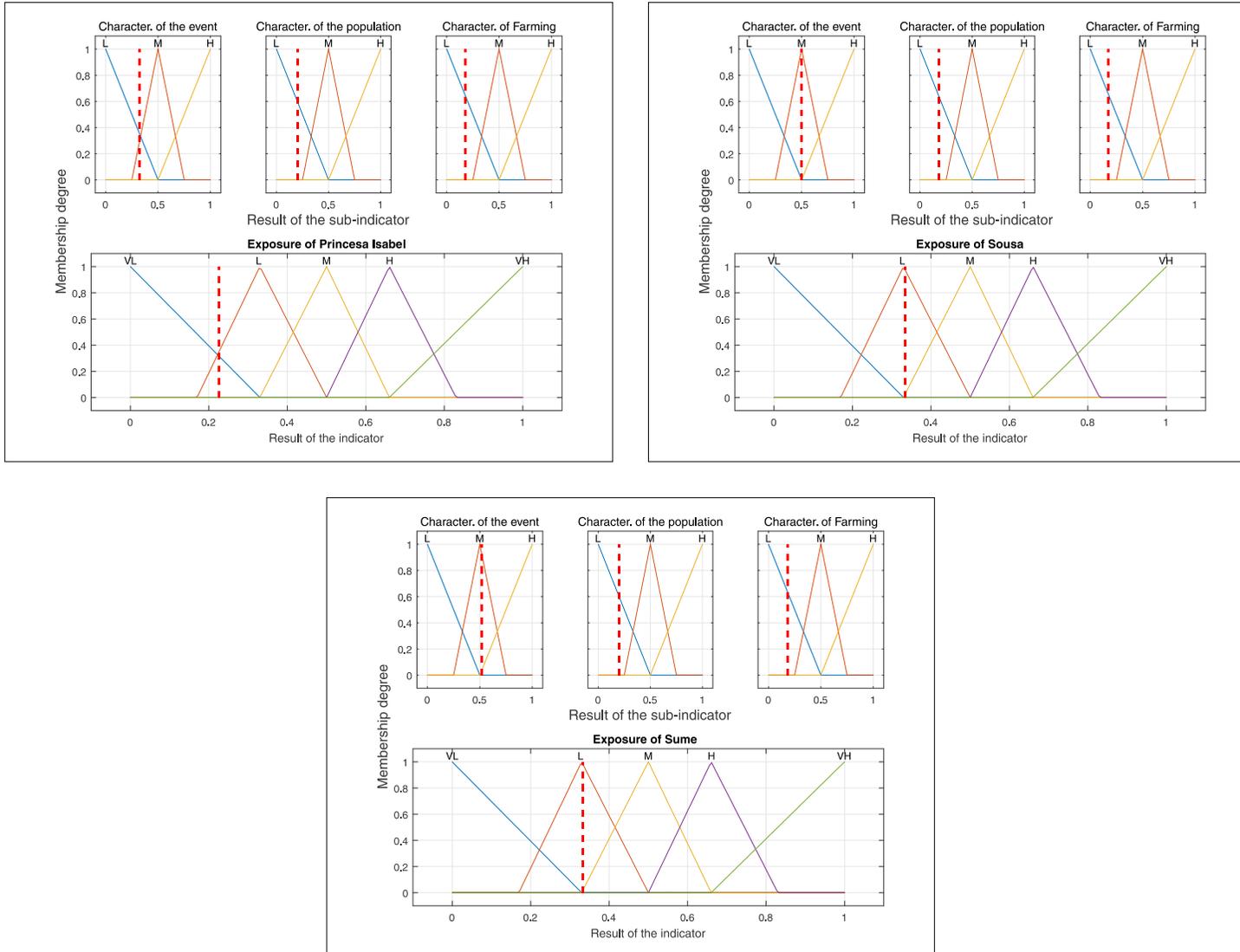


Figura 43- Gráficos de Exposição à seca para o ano 2010 dos municípios: Princesa Isabel, Sousa e Sumé



5.3.2 Sensibilidade dos municípios

Em relação às características socioeconômicas, os municípios de maior poder aquisitivo (Cajazeiras, Patos e Sousa) se destacaram por ter também maior disparidade social. Isso foi analisado pelo coeficiente de Inequidade (Gini). Isso implica dizer que os municípios possuem economias mais desenvolvidas, possuem também uma má distribuição entre a população residente, fator este que aumenta a sensibilidade dos mais pobres aos efeitos das secas, principalmente para a parte da população que depende da agricultura familiar.

No que concerne à porcentagem da população economicamente ativa (PEA) desempregada, ou não empregada formalmente, no ano de 2010, o município que teve maior índice foi o de Sousa, com cerca de 9% da PEA desempregada.

Torna-se importante ressaltar que os parâmetros utilizados pelo IBGE para obter os dados de pessoas desempregadas são um tanto duvidosos. Afirma-se isso devido ao que é considerado como parcela da população que encontra-se desempregada, pois são consideradas somente as pessoas que procuraram trabalho na semana de referência da pesquisa e não o encontraram. (ASSIBGE, 2018). Outro fator que interfere para a diminuição dessa porcentagem é que as pessoas incluídas no “Programa Bolsa Família” na maioria das vezes não são consideradas desempregadas, pois a maioria afirma não está à procura de emprego, sendo assim classificadas como “desalentados”³³, não compoem o índice de desempregados (EXAME, 2011; ASSIBGE, 2018).

A realidade é que se um beneficiário do Programa Bolsa Família for oficialmente admitido como empregado, com carteira de trabalho “assinada”, dependendo da renda per capita da família, poderá perder o benefício (EXAME, 2011), isso pode induzir os beneficiários a responderem que não estão à procura de um emprego formal.

Então acredita-se que os valores oficiais disponibilizados pelo IBGE sejam uma mera abstração da realidade vivida em todos os municípios brasileiros. No presente trabalho, tentou-se minimizar essa “deficiência” pela utilização da variável “População atendida por programas sociais no município”, no Indicador de Capacidade Adaptativa.

No tópico referente às Características Tecnológicas empregadas no meio rural, o índice de porcentagem do volume dos reservatórios atingido no fim do quadrimestre chuvoso para o ano de 2010, o município de Cajazeiras representou o pior cenário, com pouco mais da metade de seus reservatórios preenchidos (51%). O que obteve melhor resultado foi o município de Cabaceiras com 88% da reserva total.

Apesar de apresentar o menor armazenamento de água em seus reservatórios, Cabaceiras foi o município com maior número de poços por família (cerca de um poço para cada 21 famílias). Em

³³ Este grupo é formado por pessoas que estão sem emprego e desistiram de procurar uma nova oportunidade.

relação à porcentagem das famílias atendidas por cisternas rurais, os municípios que tiveram melhor resposta foram os municípios de Picuí (36%), Sumé (32%) e Cabaceiras com (19%).

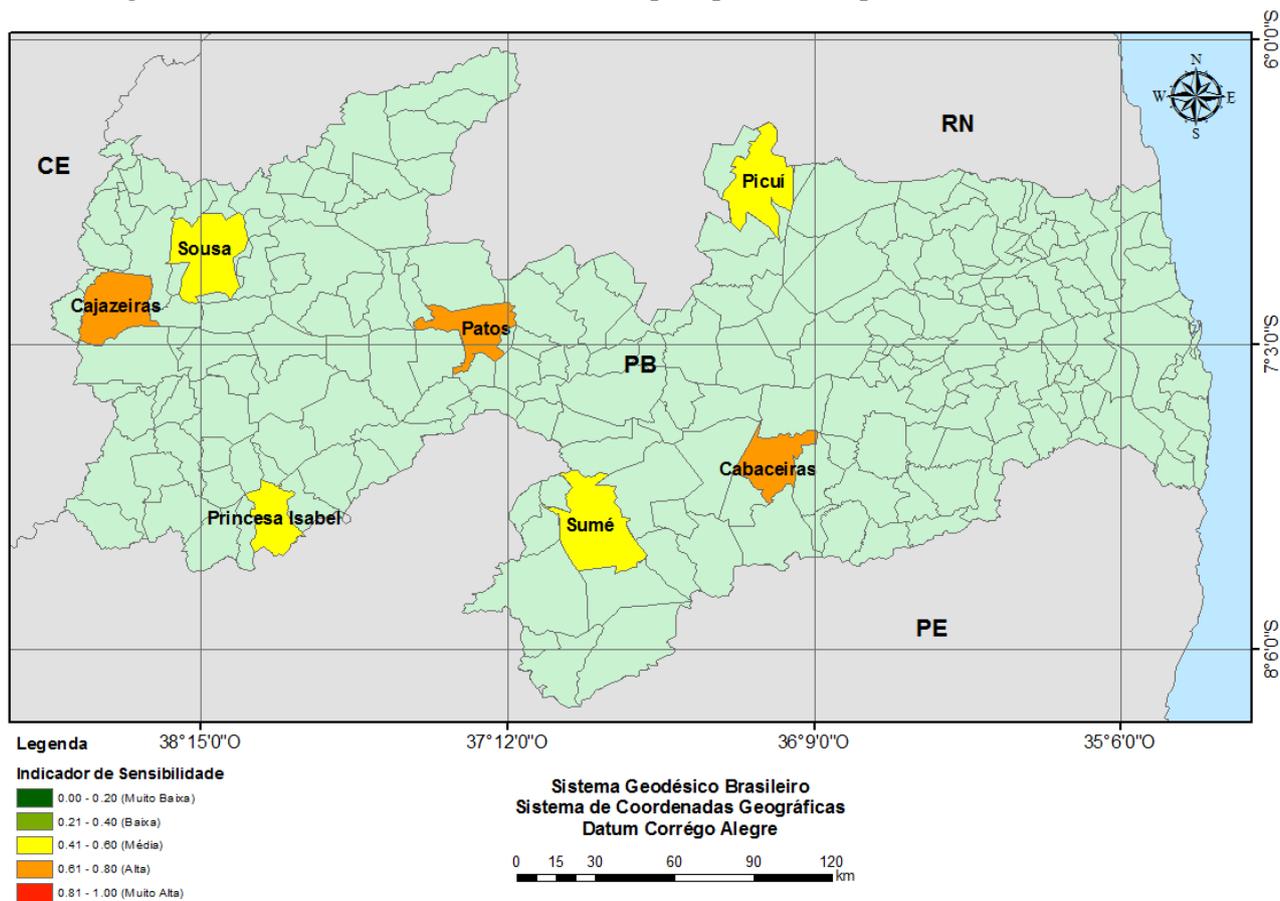
Notou-se através desta pesquisa que os municípios não tinham uma gestão regular dos reservatórios de grande porte (açudes) e de pequeno porte (cisternas) e ainda pode-se observar como e onde era realizada extração de água do subsolo (através de diversos tipos de poços).

Ainda no que tange à gestão das cisternas (manutenção e instalação de novas cisternas), notou-se certo tipo de inconsistência e ausência de dados por parte dos agentes executores destes programas (Programa um Milhão de Cisternas-PIMC e Programa Uma Terra e Duas Águas - P1+2), tendo em vista que não foi encontrada uma organização que concentre todas as informações sobre esses programas.

Torna-se importante ressaltar ainda que o principal “site” utilizado para a obtenção de dados sobre cisternas, no início desta pesquisa, denominado de “Observatório da Seca”, hoje se encontra fora do ar. Tentou-se por mais de uma vez o contato com a Casa Civil do Governo Brasileiro (por telefone e por e-mail) e não se obteve resposta alguma sobre o porquê do “site” ter sido tirado do ar.

Em relação ao Indicador de Sensibilidade propriamente dito, nenhum dos municípios apresentou resultados baixos ou muito baixos. Todos os municípios foram classificados como médios, com exceção de Cabaceiras, Cajazeiras e Patos que apresentaram os valores próximos a 0,660 considerados como alto (Figura 44).

Figura 44- Sensibilidade à seca dos municípios paraibanos para o ano de 2010



Na Figura 45 e Figura 46 são apresentados os resultados numéricos dos subindicadores e indicadores de sensibilidade de cada município em questão.

Figura 45 - Gráficos de Sensibilidade à seca para o ano 2010 dos municípios: Cabaceiras, Cajazeiras, Patos e Picuí

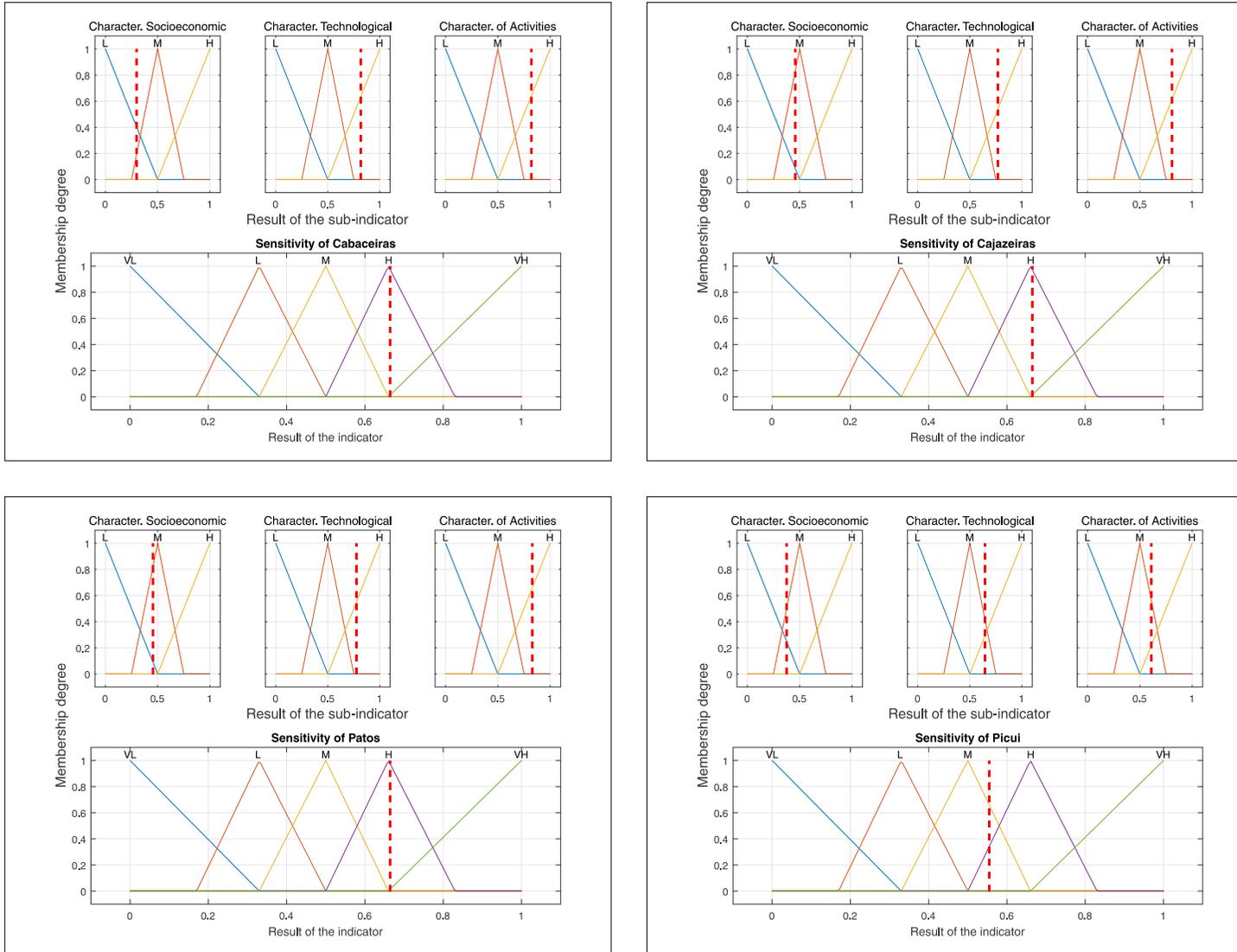
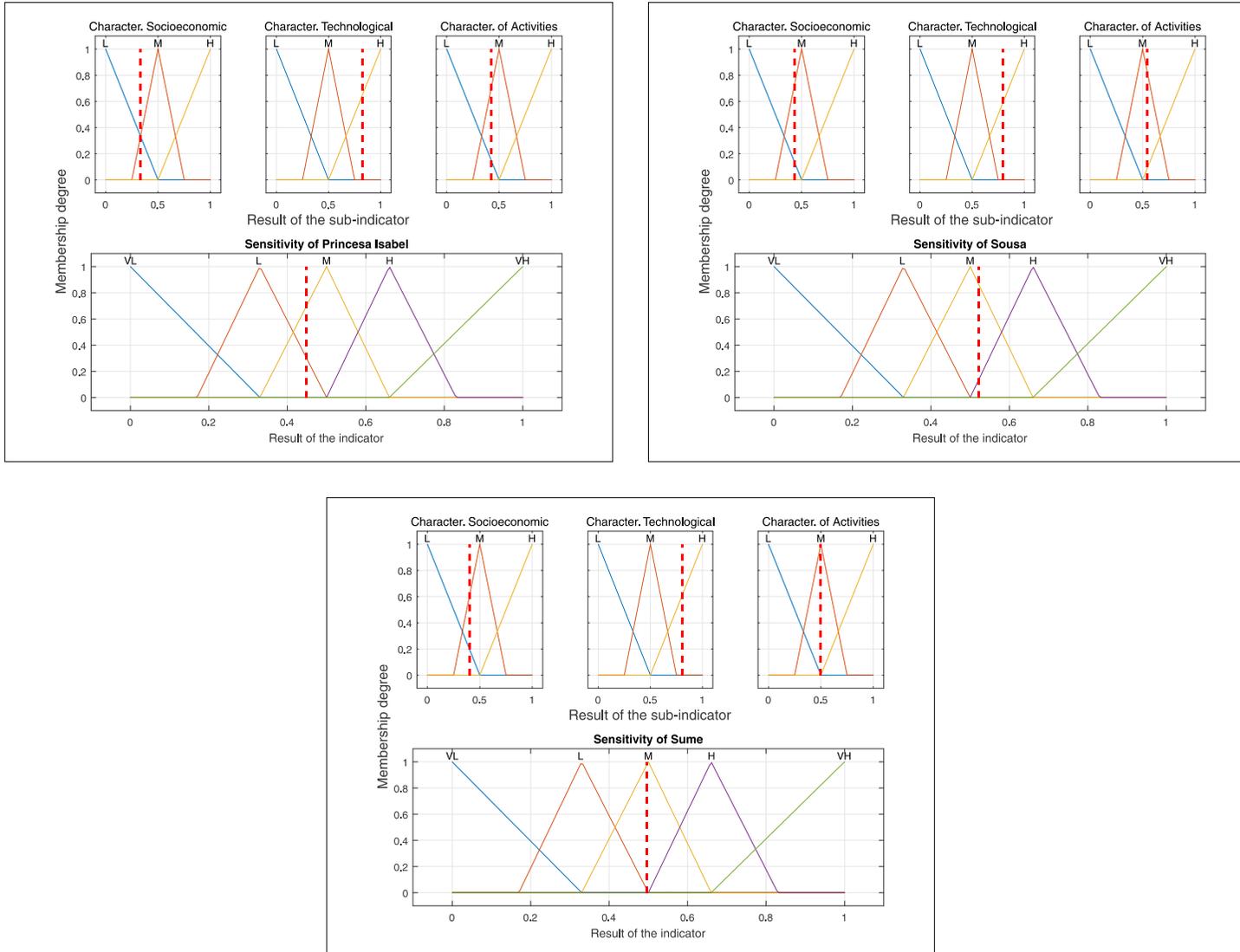


Figura 46 - Gráficos de Sensibilidade à seca para o ano 2010 dos municípios: Princesa Isabel, Sousa, e Sumé



5.3.3 Capacidade Adaptativa dos Municípios

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM caracteriza três grandes áreas do desenvolvimento humano, isto é, a vida longa e saudável, o acesso ao conhecimento e o padrão de vida. Com o passar dos anos nota-se no Brasil uma melhoria acentuada nessas áreas.

Segundo a classificação adotada pela ONU, apenas Patos teve um IDHM (2010) considerado alto (entre 0,700 e 0,799), enquanto que os demais municípios foram considerados como médio (valores que variam entre 0,600 e 0,699).

No quesito porcentagem do Produto Interno Bruto (PIB) investido em educação e cultura, Sousa teve o pior desempenho dos sete municípios, visto que investiu em 2010 apenas 2% do PIB em educação, enquanto o município de Sousa investiu 9,9%.

Ao se falar em porcentagem da população inserida em Programas Sociais Financiados pelo Ministério do Desenvolvimento Social (MDS) (PBF + BPC + RMV)³⁴, o município de Sousa volta a se destacar como o que possui maior população atendida por esses três programas sociais, com cerca de 19,63% da população inserida em algum tipo de programa de assistência social, seguido pelo município de Sumé com 18,4% da população. Já os municípios de Princesa Isabel e Picuí possuem 14,11% e 14,81% respectivamente.

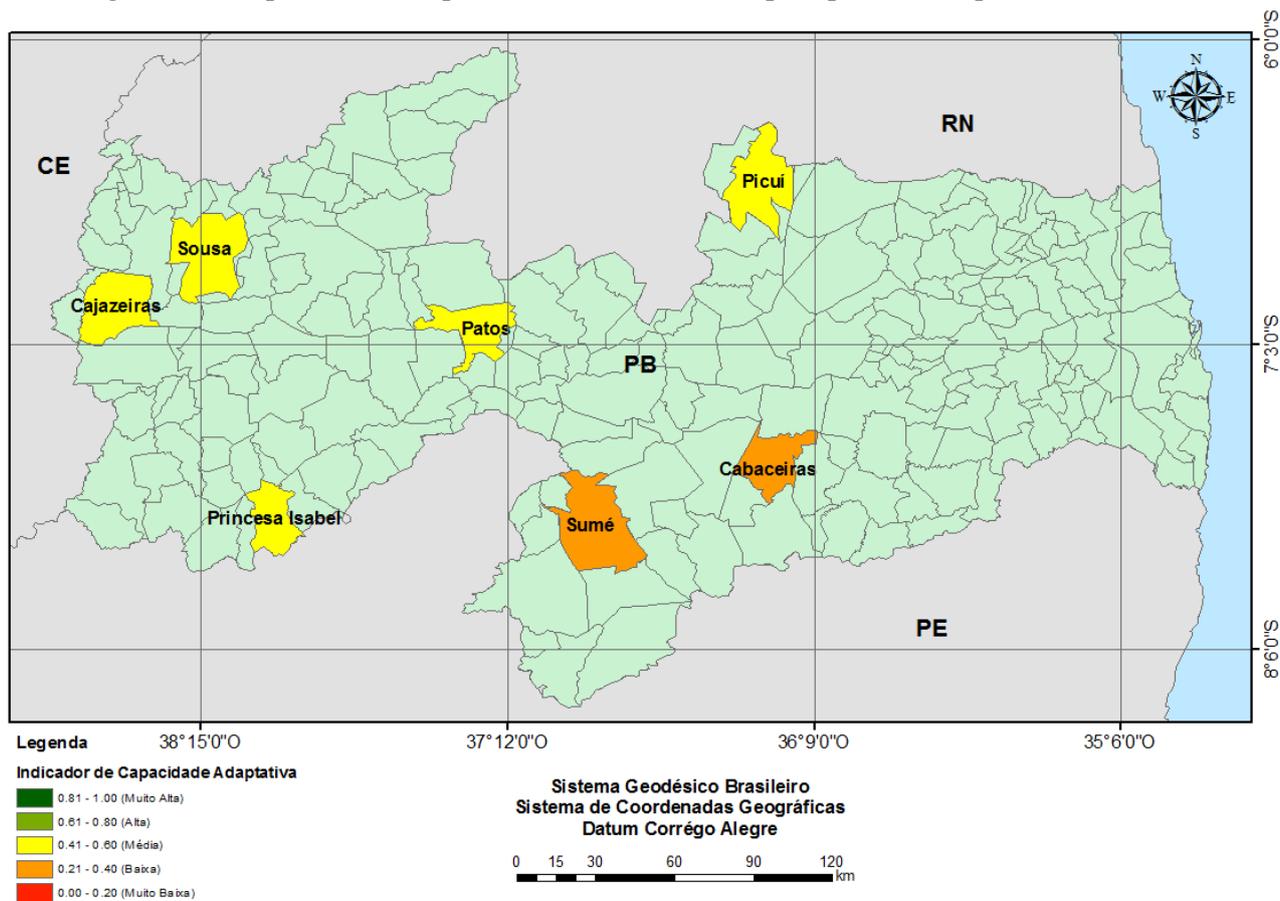
Em relação ao PIB municipal per capita, dentre os sete municípios, Sousa obteve o maior índice (R\$ 8.910,38). Sousa obteve quase duas vezes o valor do PIB municipal per capita do município de Picuí, que foi de R\$ 4.638,84, município este com menor PIB per capita. Porém torna-se importante lembrar que Sousa possui a pior distribuição de renda (Índice de Gini).

Em relação à população aposentada, os municípios Cajazeiras e Sousa obtiveram os maiores índices com cerca de 30% e 29% respectivamente. Em relação à porcentagem de funcionários públicos nos municípios, o que apresentou maior porcentagem foi o município de Sumé com cerca de 4% da população formada por funcionários da iniciativa pública. Já Cabaceiras apresentou menos de um por cento em 2010.

Na Figura 47, pode-se ver os resultados obtidos da interação entre os subindicadores Características Socioeconômicas, Características Tecnológicas e Características das Atividades e resultando no Indicador de Capacidade Adaptativa de cada município.

³⁴ PBF - Programa Bolsa Família, BPC - Benefício de Prestação Continuada e RMV - Renda Mensal Vitalícia.

Figura 47 - Capacidade Adaptativa à seca dos municípios paraibanos para o ano de 2010



Já nas Figura 48 e Figura 49 são apresentadas as representações gráficas dos conjuntos de subindicadores e seus respectivos valores, e o Indicador de Capacidade Adaptativa para o ano de 2010.

Figura 48 - Gráficos de Capacidade Adaptativa à seca para o ano 2010 dos municípios: Cabaceiras, Cajazeiras, Patos e Picuí

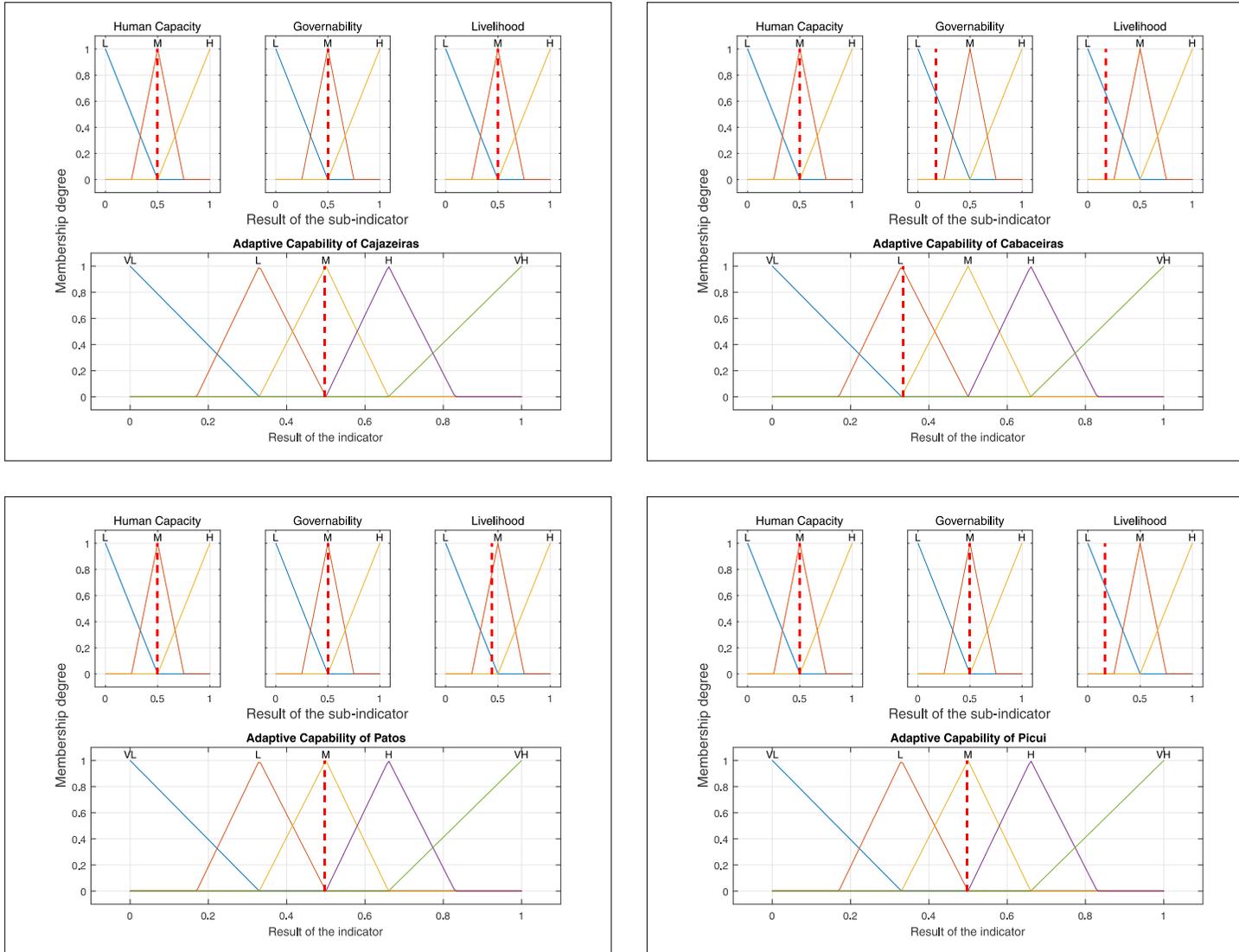
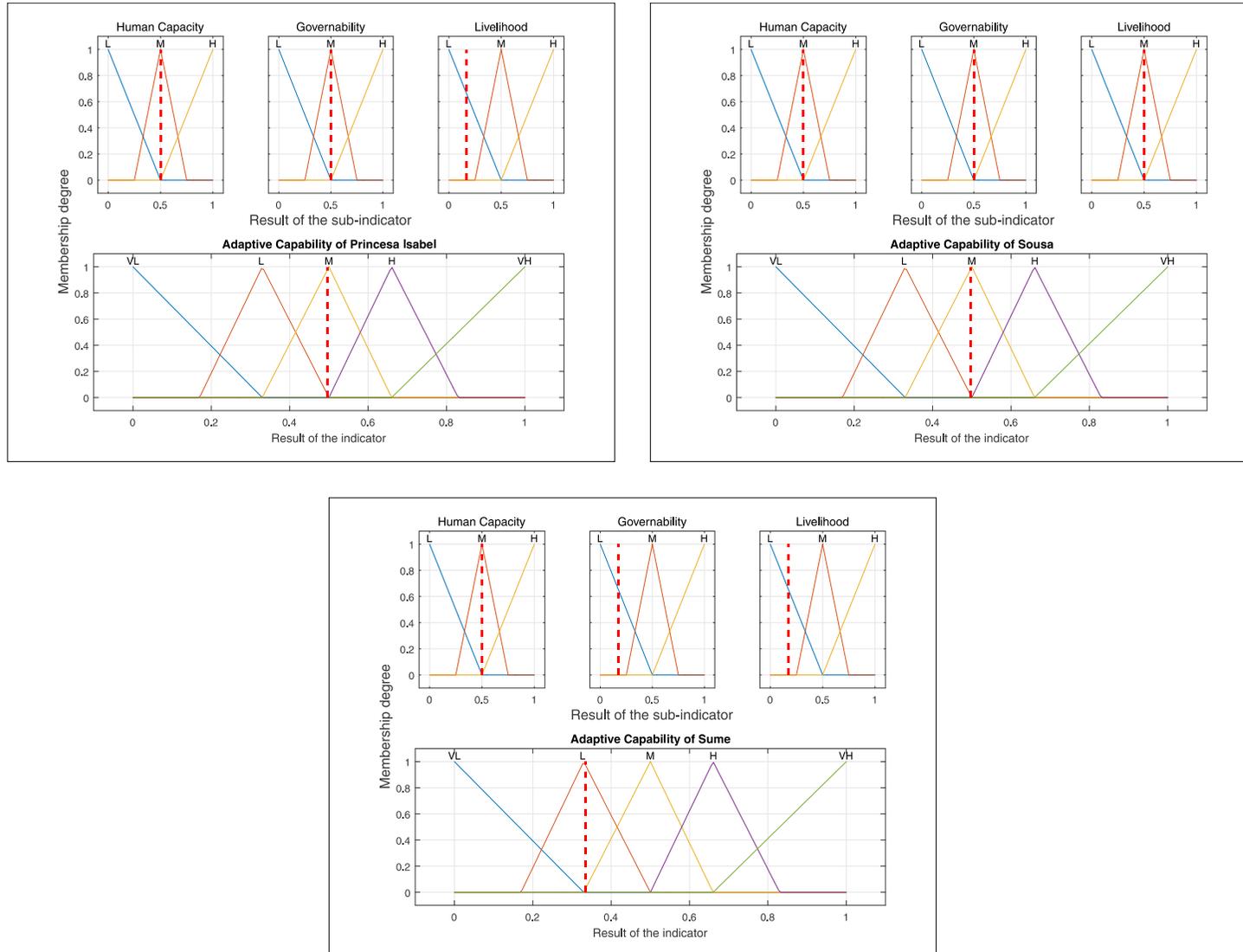


Figura 49 - Gráficos de Capacidade Adaptativa à seca para o ano 2010 dos municípios: Princesa Isabel, Sousa, e Sumé



5.3.4 Vulnerabilidade dos Municípios

Sobre os resultados do Índice de Vulnerabilidade à Seca, torna-se importante lembrar que eles foram obtidos por meio da agregação dos dados dos Indicadores de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa (Quadro 11) de cada município alvo do estudo.

Quadro 11 - Indicadores de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa dos municípios brasileiros o ano de 2010

Municípios	Indicadores			Índice
	Exposição	Sensibilidade	Capacidade Adaptativa	Vulnerabilidade
Cabaceiras	0,472	0,664	0,333	0,646
Cajazeiras	0,126	0,663	0,496	0,506
Patos	0,333	0,663	0,496	0,510
Picuí	0,333	0,554	0,496	0,433
Princesa Isabel	0,226	0,447	0,496	0,322
Sousa	0,333	0,520	0,496	0,409
Sumé	0,333	0,496	0,333	0,506

Fonte: elaboração do autor.

Ao analisar o Quadro 11, observa-se que quatro dos municípios obtiveram um mesmo Indicador de Exposição (0,333), que Cabaceiras obteve o maior valor (0,472) e Cajazeiras obteve o menor resultado (0,126).

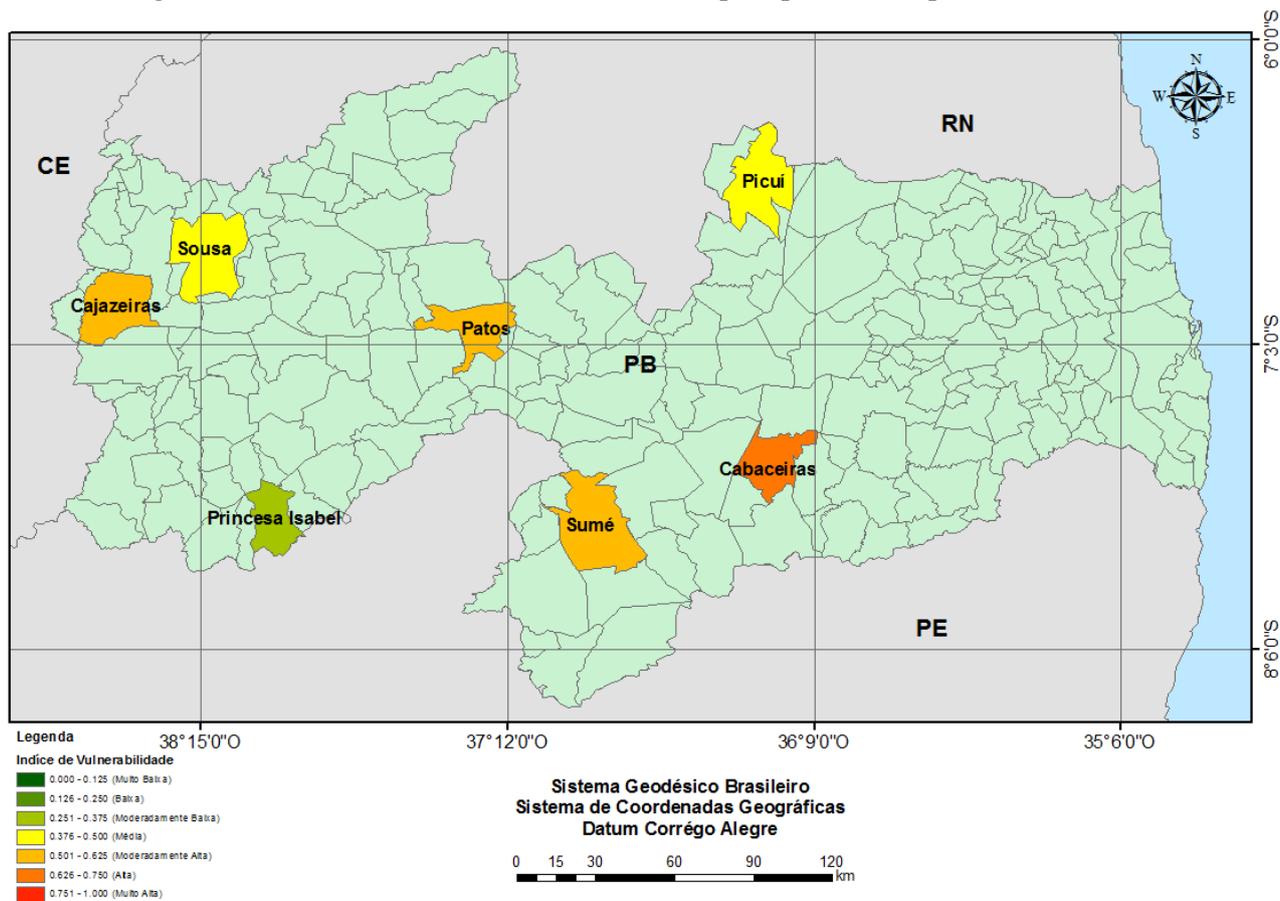
No que concerne aos indicadores de Sensibilidade obtidos pelos municípios, Cabaceiras, Cajazeiras e Patos se configuraram como os mais sensíveis com um valor de 0,66, enquanto que Princesa Isabel apresentou o menor valor 0,447.

Cabaceiras e Sumé apresentaram o menor resultado de Capacidade Adaptativa (0,333), enquanto os outros obtiveram o mesmo resultado (0,496).

Por meio da agregação dos resultados obtidos nos Indicadores de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa, obteve-se o índice de Vulnerabilidade à Seca, expressos nas Figura 50, sendo Cabaceiras o mais Vulnerável (0,646).

Na Figura 50, pode-se observar que apenas o município de Cabaceiras apresentou uma vulnerabilidade alta, enquanto os municípios de Cajazeiras, Patos e Sumé apresentaram uma vulnerabilidade moderadamente alta. Picuí e Sousa uma vulnerabilidade média e o município de Princesa Isabel apresentou uma vulnerabilidade moderadamente baixa.

Figura 50 - Vulnerabilidade à seca dos municípios paraibanos para o ano de 2010



Na Figura 51 e Figura 52 são apresentadas as representações gráficas dos conjuntos de indicadores e seus respectivos valores (plotados em linha vermelha tracejada), que compuseram o índice de Vulnerabilidade à seca para cada município (imagem inferior central) estudado no ano de 2010.

Figura 51 - Gráficos de Vulnerabilidade à seca para o ano 2010 dos municípios: Cabaceiras, Cajazeiras, Patos e Picuí

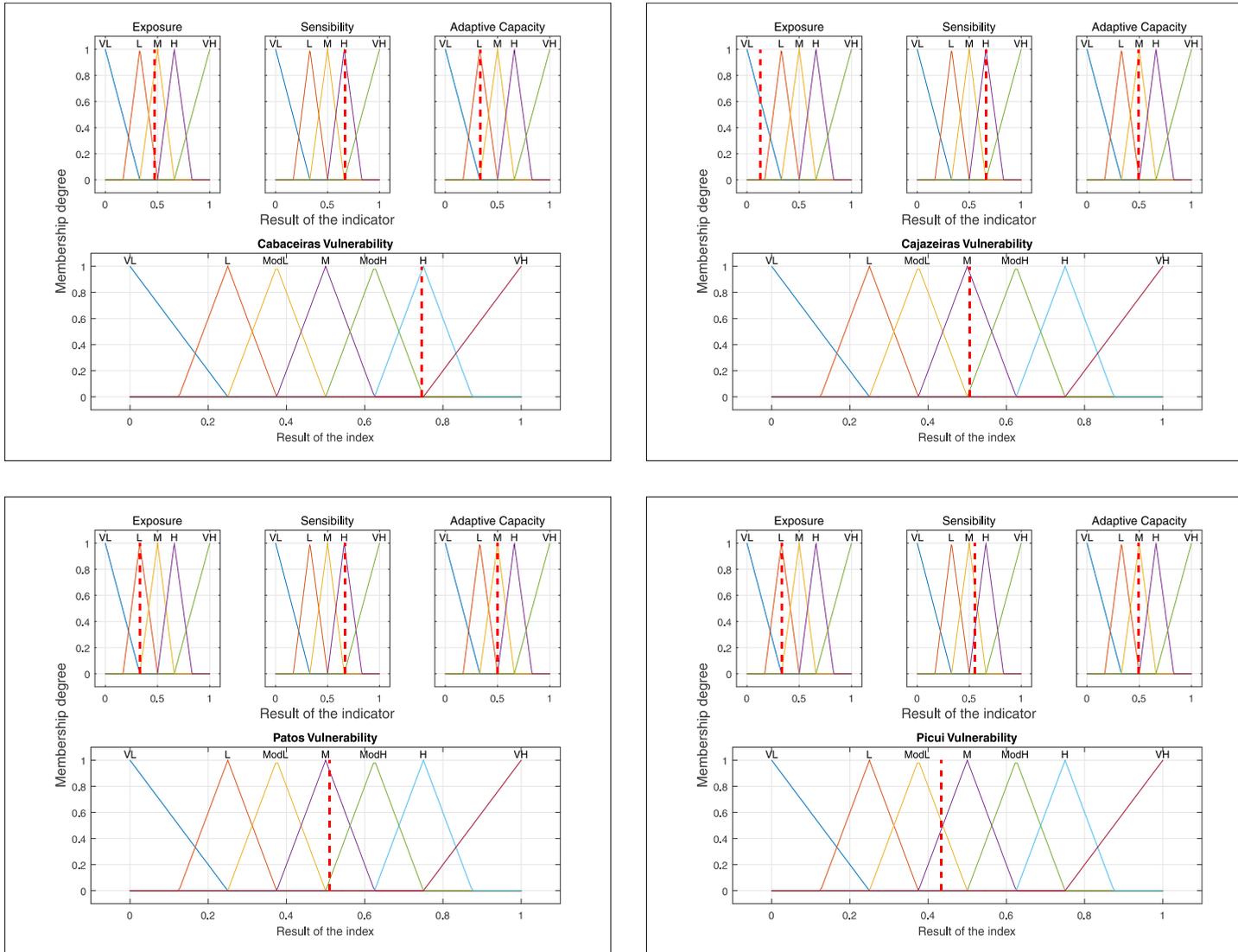
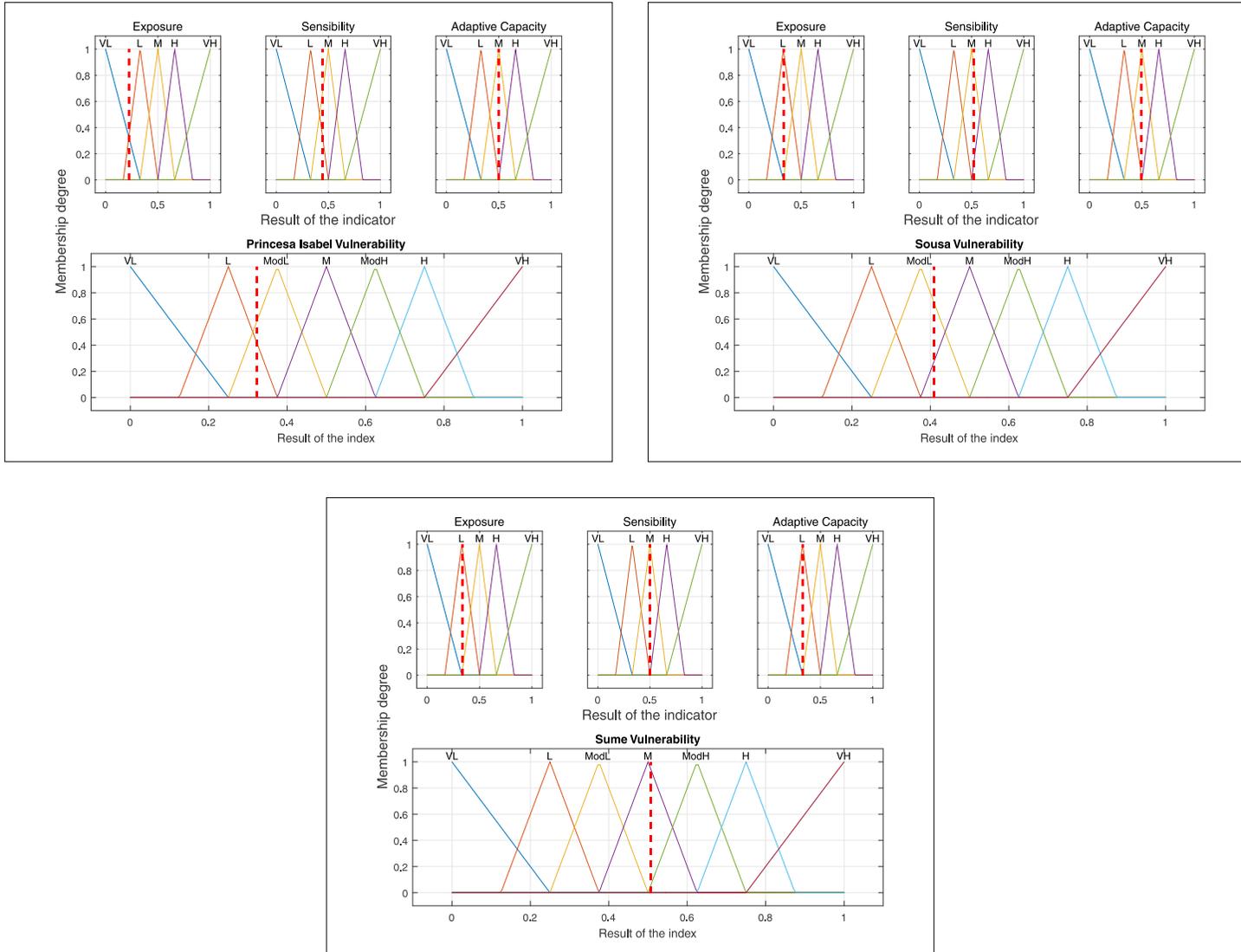


Figura 52 - Gráficos de Vulnerabilidade à seca para o ano 2010 dos municípios: Princesa Isabel, Sousa, e Sumé



5.4 Resultados em Portugal

Para Portugal o estudo tomou três anos como base de cálculo: 2000, 2004 e 2010. Os dados utilizados compreenderam em sua maioria os anos base, com exceção de alguns dados que foram produzidos em anos próximos.

Sobre as características pluviométricas desses anos, o ano de 2000 se caracteriza por ser um ano de seca (1998-1999-2000)³⁵ e por possuir precipitações amenas. O ano de 2004 também é considerado de seca, em particular é considerada umas das piores secas em Portugal continental. Já o ano de 2010 foi dentro da normalidade com precipitações próximas e até superiores à média histórica. O intuito de utilizar dados de períodos diferentes foi o de comparar os resultados de três épocas distintas, com processos sociais e ambientais diferentes.

Os cálculos foram realizados para os 32 municípios que possuem alguma parte inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana (BHRG). Porém, como alguns dados foram oriundos do Projecto Sistema de Previsão e Gestão de Seca (SPGS), que teve como área de estudo a BHRG, alguns dados ao serem extrapolados para os níveis municipais, podem estar subestimados ou sobrestimados, dependendo da porcentagem de área inserida dentro da bacia hidrográfica.

Portanto, neste capítulo serão apresentados os resultados de todos os 32 municípios (por meio de mapas e alguns apontamentos). Porém, a discussão principal se dará em torno dos 10 municípios que se encontram totalmente inseridos na BHRG, tendo em vista uma maior fidedignidade e confiabilidade de seus resultados.

5.5 Resultados para o ano de 2000

5.5.1 Exposição dos Municípios

Como já explicitado anteriormente, o subindicador de Características do Evento (seca) é composto por duas variáveis: Índice de Anomalia de Chuva e Índice de Aridez. Apesar de haver diferença entre esses dados em cada município, elas não mostraram uma grande discrepância (variaram entre 0,5 e 0,4), resultando assim em um mesmo valor de características do evento (0,500).

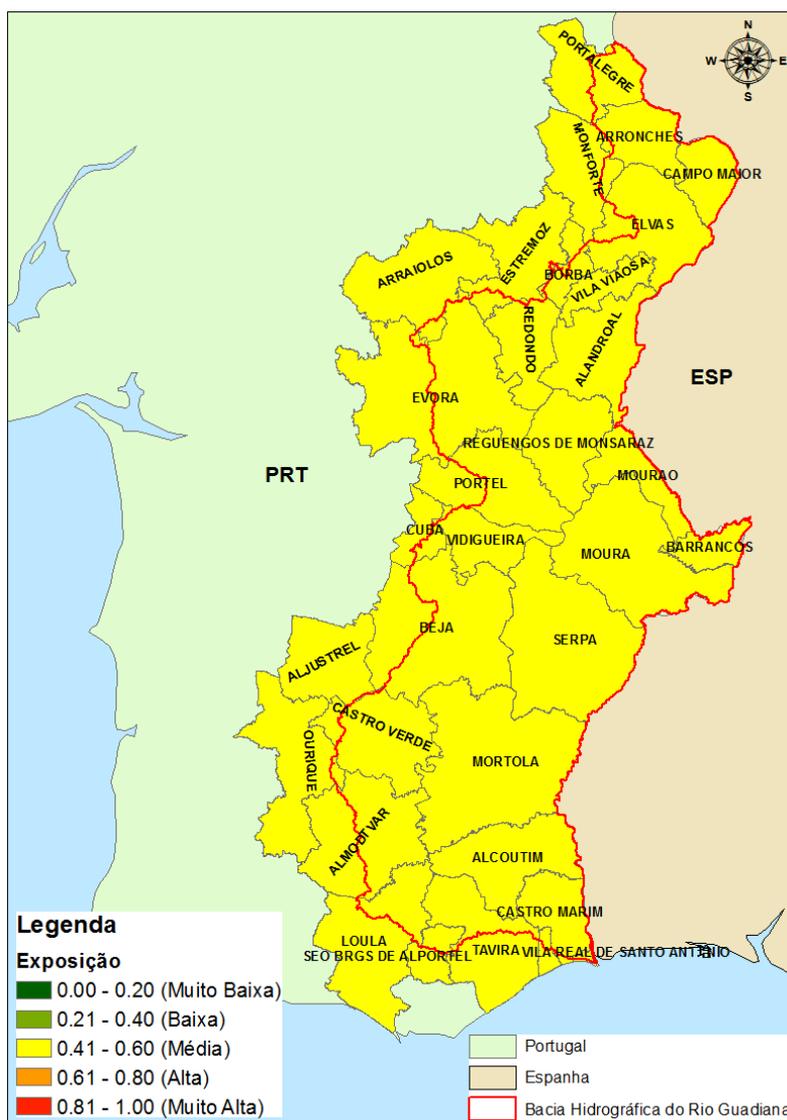
Em relação ao subindicador Características da População, os municípios de Alandroal e Alcantil se mostram mais dependentes da Agricultura, resultando em um valor mais elevado (0,513) do que os outros oito municípios (0,500).

³⁵ Quadro 2, página 57.

No que concerne ao subindicador Características da Agropecuária, o município de Serpa, mostrou uma maior exposição de seu rebanho, resultando em uma maior exposição de sua agropecuária (0,559), em relação aos outros municípios.

Tendo em vista que a região apresentou variáveis muito semelhantes entre si para o ano de 2000, o Indicador de Exposição refletiu um resultado semelhante (0,496) para todos os dez municípios estudados e, inclusive, para os 22 municípios parcialmente incluídos (Figura 53), classificando-os como Exposição média.

Figura 53 - Exposição dos municípios da BHRG para o ano de 2000



A seguir encontram-se apresentadas as representações gráficas dos conjuntos dos subindicadores e seus respectivos valores (plotados em linha vermelha tracejada) que compuseram o indicador de Exposição para cada município (imagem inferior central) estudado no ano de 2000 (Figura 54 e Figura 55).

Figura 54 - Gráficos de Exposição à seca para o ano 2000 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola

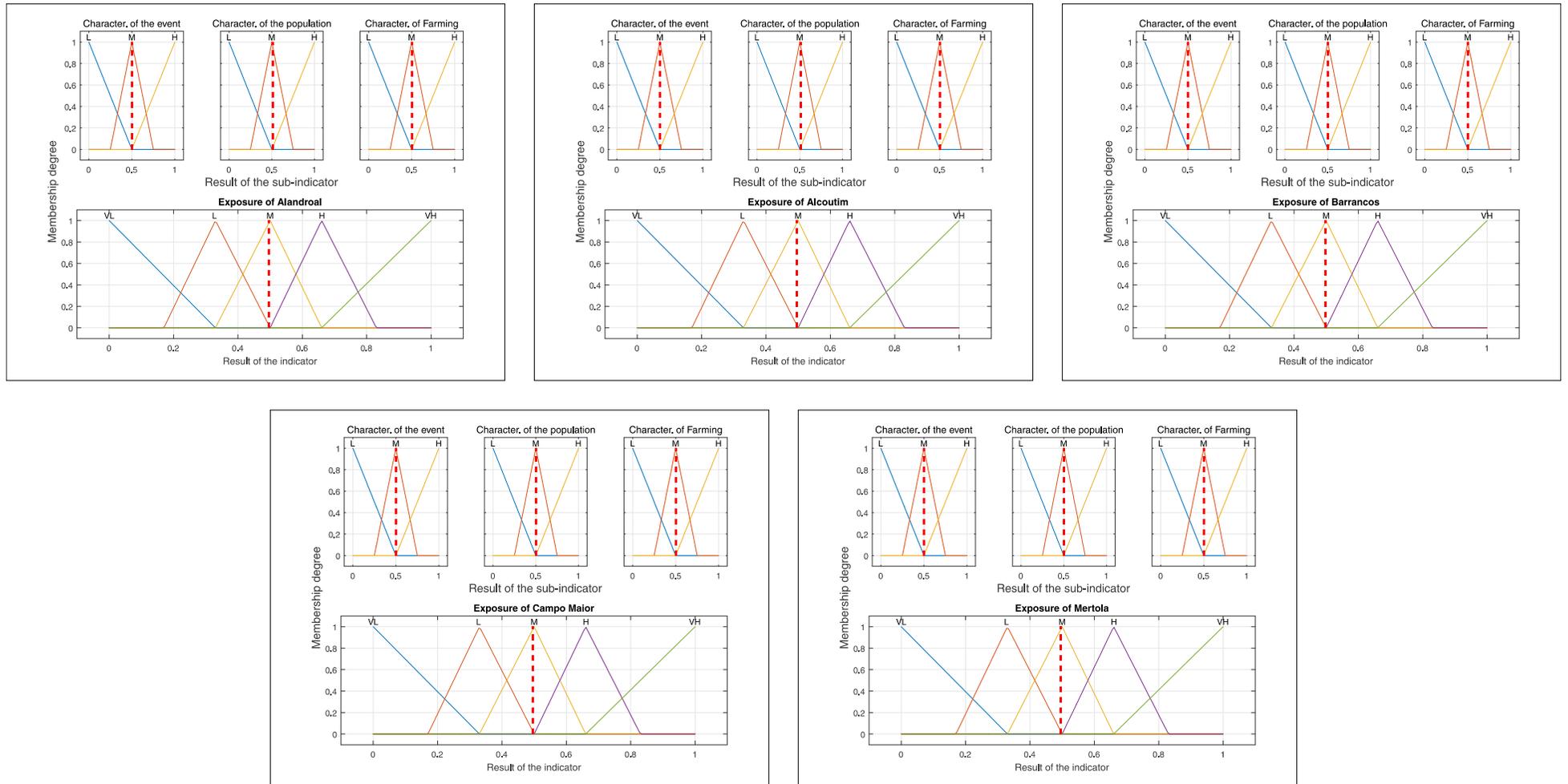
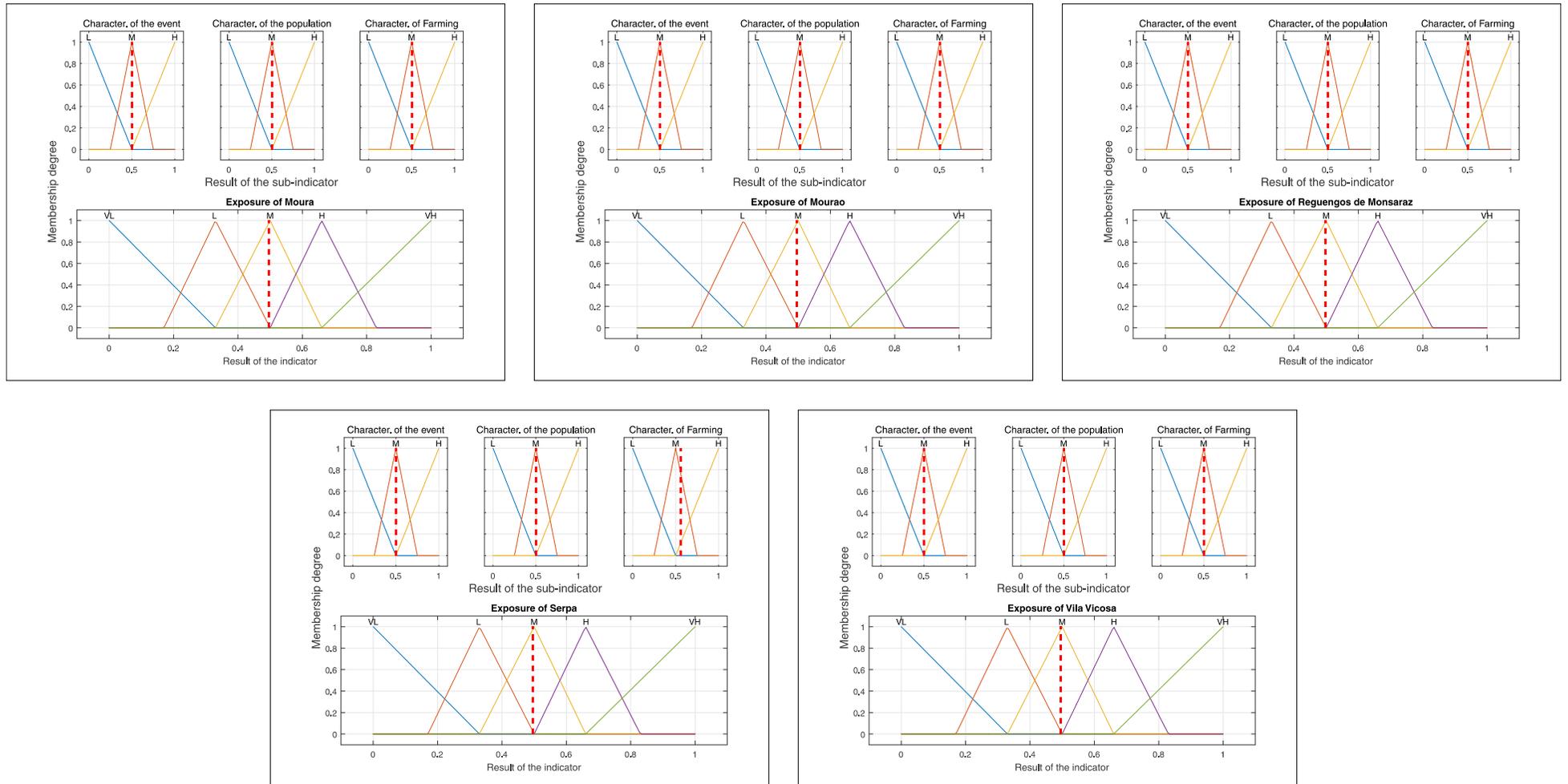


Figura 55 - Gráficos de Exposição à seca para o ano 2000 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa



5.5.2 Sensibilidade dos Municípios

Em relação às Características Socioeconômicas, os resultados foram considerados médios. Um fator a ser considerado é que os valores de Poder de Compra Per capita foram considerados baixos³⁶, por se tratar de uma variável inversamente proporcional. Isso fez com que o resultado fosse elevado, mesmo havendo um pequeno percentual de desempregados na maioria dos municípios (inclusive os municípios parcialmente inseridos na BHRG).

O subindicador de Características Tecnológicas também apresentou resultados médios para toda a região, tendo em vista a situação das áreas com irrigação, poços/furos e capacidade dos reservatórios.

Com relação às Características das Atividades produtivas na época de 2000, os municípios também apresentaram valores medianos, fator que representa uma grande dependência da economia em relação à produção agrícola e pecuária, tendo elevadas taxas de População Economicamente Ativa empregada na agricultura. Outro fator importante analisado por esse subindicador é a porcentagem de áreas degradadas, em especial pelos fogos (queimadas), que para esse ano de estudo (2000) o município de Barrancos apresentou cerca de 20% de todo o seu território atingido por fogos.

O Indicador de Sensibilidade (Figura 56) apresentou resultados medianos (0,490) para todos os municípios. Nas Figura 57 e Figura 58 são apresentados os resultados gráficos dos subindicadores e Indicador de Sensibilidade para os dez municípios estudados.

³⁶ Em relação aos outros 32 municípios estudados.

Figura 56- Sensibilidade dos municípios da BHRG para o ano de 2000

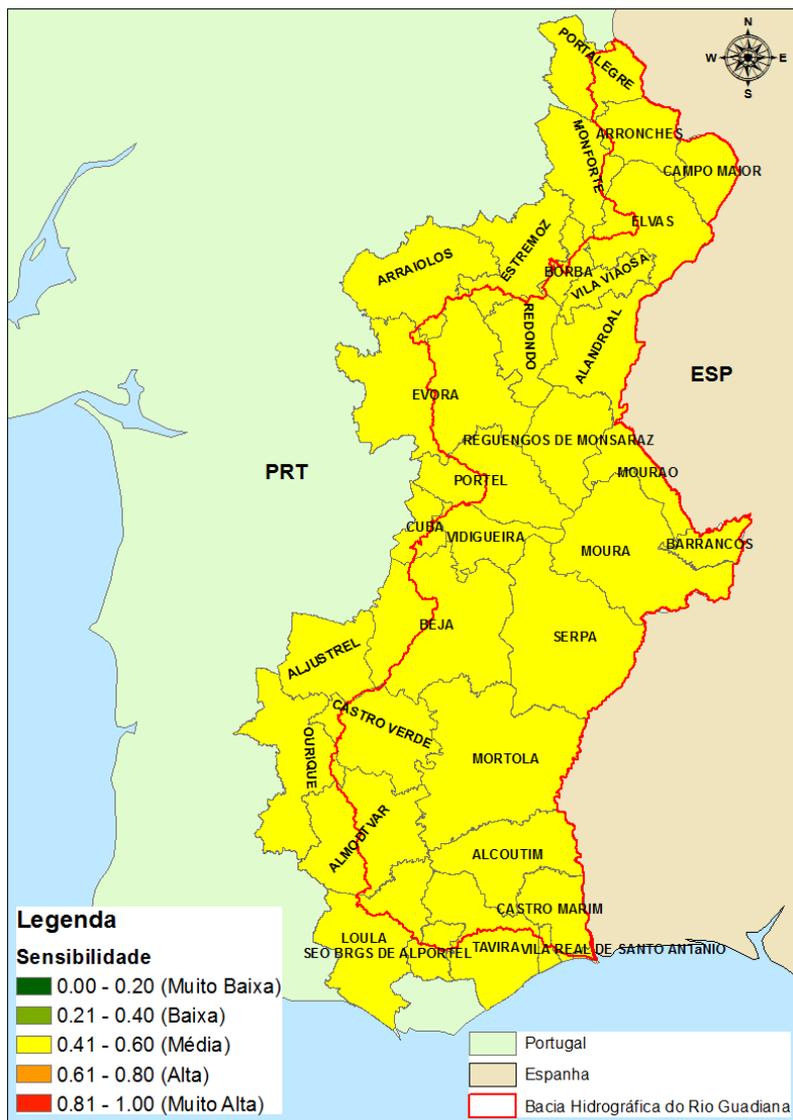


Figura 57 - Gráficos de sensibilidade à seca para o ano 2000 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola

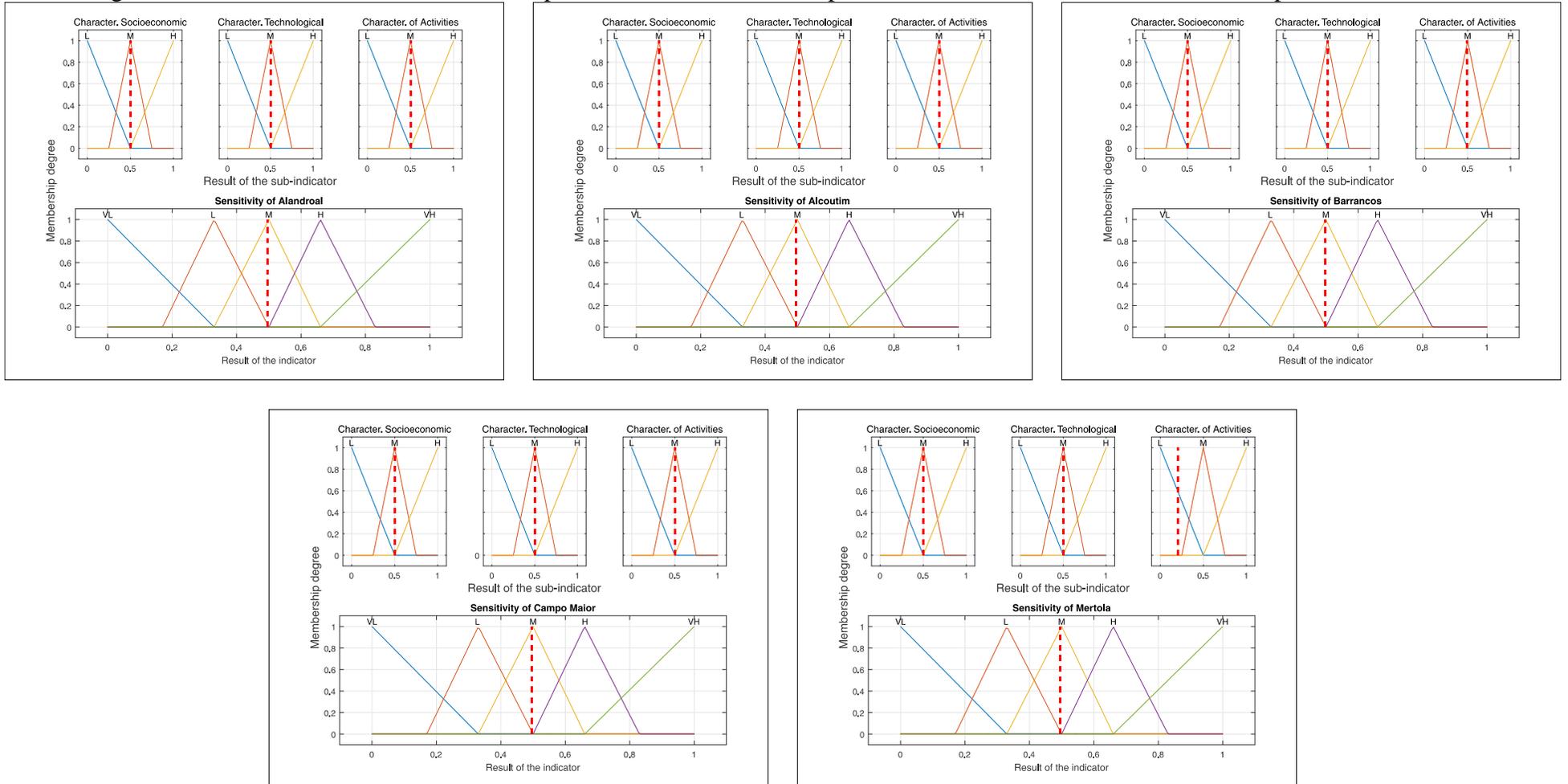
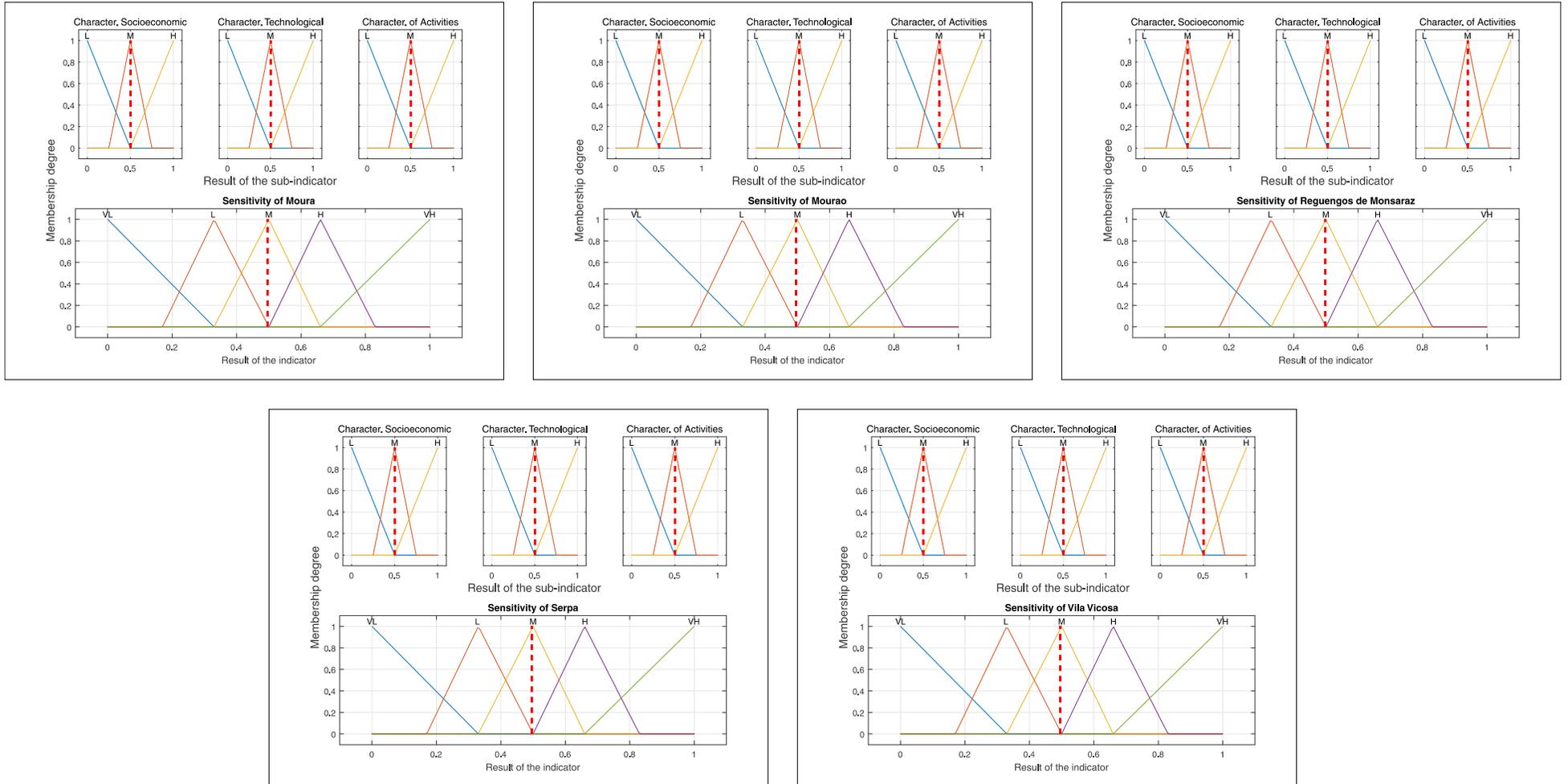


Figura 58 - Gráficos de sensibilidade à seca para o ano 2000 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa



5.5.3 Capacidade Adaptativa dos Municípios

A Capacidade Humana representada pelo IDHM e pela porcentagem do PIB investido em educação cultura e desporto apresentou um resultado semelhante em todos os municípios estudados (0,500), tendo em vista que a maioria dos municípios apresentaram índices de desenvolvimento humanos entre 0,760 e 0,790.

Já o subindicador de Governabilidade, que leva em conta os habitantes do município incluídos em Programas Sociais³⁷ e o Poder de Compra Per Capita, apresentou resultados baixos que variaram entre 0,215 e 0,165 para os dez municípios. Um fato relevante a ser levantado é que alguns municípios parcialmente incluídos apresentaram valores mais elevados, como foi o caso dos municípios de Aljustrel, Évora, Loule e Ourique (variaram entre 0,500 e 0,441). O subindicador de Meios de Vida também apresentou resultados baixos (0,165) para todos os 32 municípios.

A Capacidade Adaptativa de todos os municípios totalmente incluídos na BHRG foi considerada baixa (Figura 59). Um fator importante a ser analisado diz respeito aos municípios de Aljustrel, Évora, Loulé e Ourique (parcialmente incluídos na BHRG). Estes apresentaram valores de Capacidade Adaptativa média (0,460 e 0,496). Isso provavelmente ocorreu devido aos resultados mais elevados obtidos nos subindicadores.

Nas Figura 60 e Figura 61 são apresentados os gráficos referentes aos subindicadores que compuseram o Indicador de Capacidade Adaptativa (também representado na imagem).

³⁷ Existem grandes diferenças dos programas sociais brasileiros e portugueses, além da sua abrangência, salientam-se também as diferenças relacionadas aos benefícios assistencialistas aos idosos em idade não produtiva, que não conseguiu ser beneficiado pela aposentadoria. No Brasil, em regra, o valor pago a esse idoso permeia o valor de um salário mínimo, vigente no país. Já em Portugal esse valor é variável e normalmente é menor que um salário mínimo português.

Figura 60 - Gráficos de Capacidade Adaptativa à seca para o ano 2000 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola

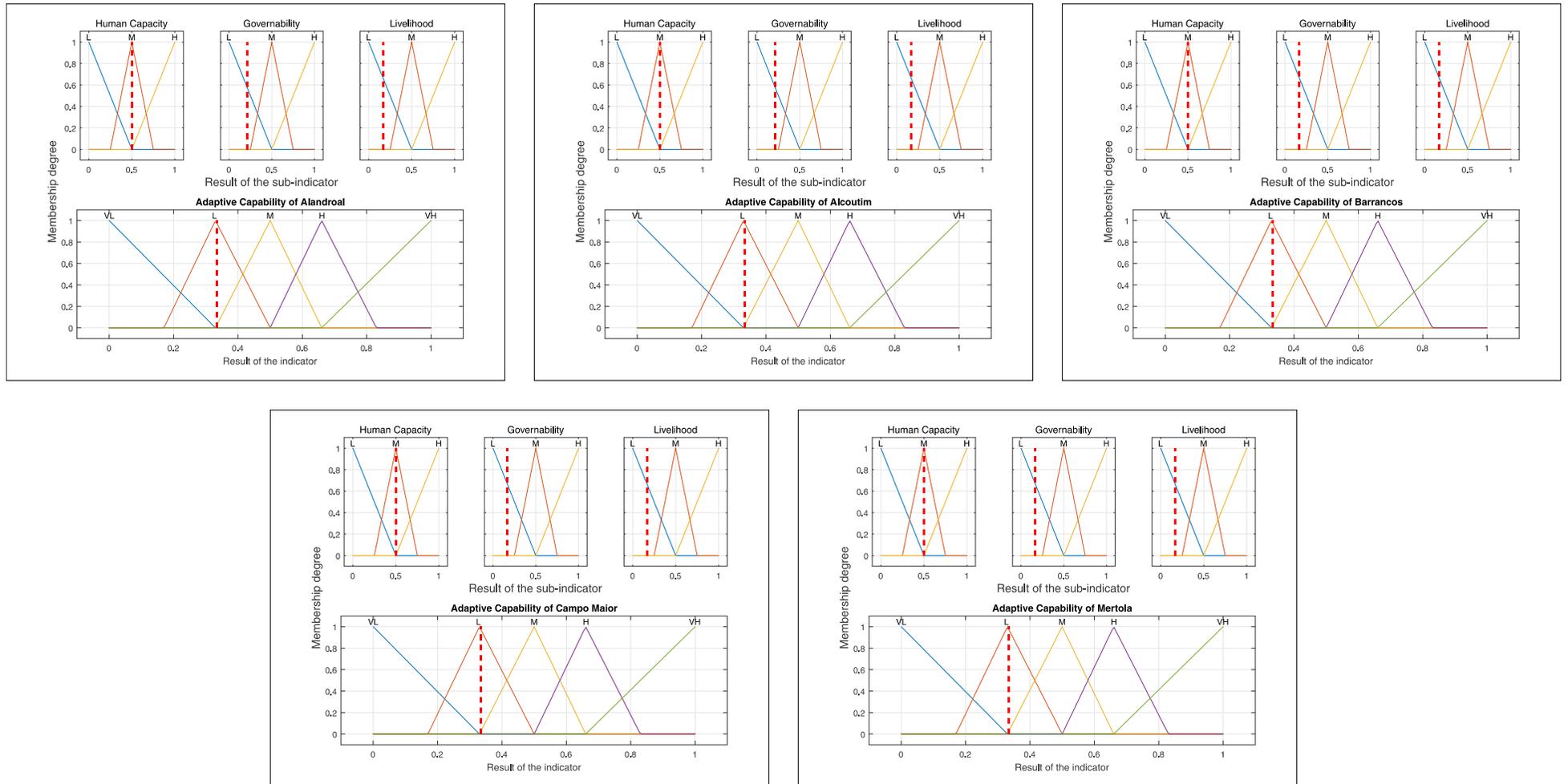
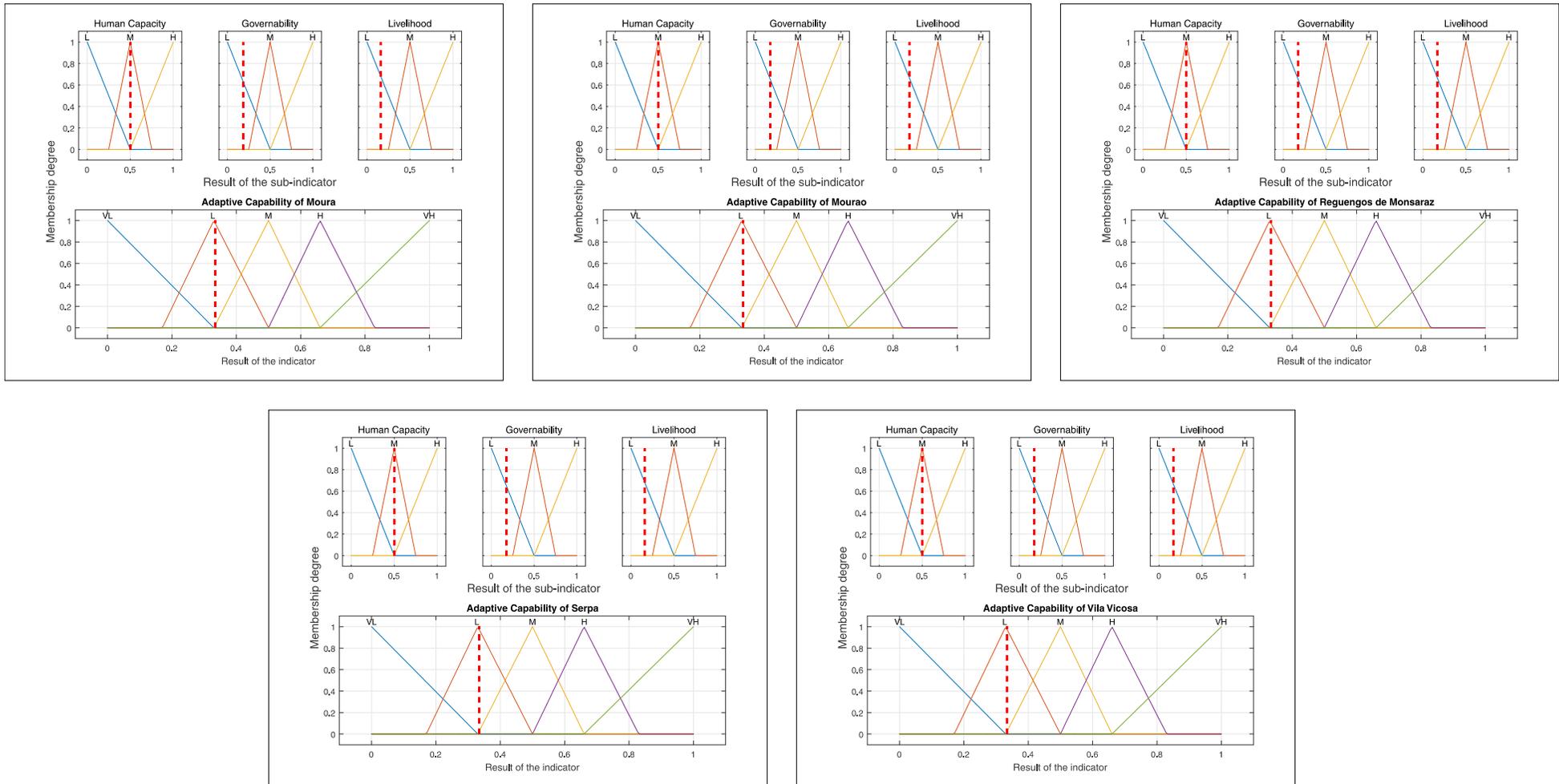


Figura 61 - Gráficos de Capacidade Adaptativa à seca para o ano 2000 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa



5.5.4 Vulnerabilidade dos Municípios

Os resultados do Índice de Vulnerabilidade à Seca para o ano de 2000 (Quadro 12) foram obtidos por meio da agregação dos dados dos Indicadores de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa apresentaram-se como altos (Quadro 12). Na Figura 62, observa-se que alguns municípios, parcialmente incluídos na BHRG, apresentaram valores menos elevados, classificados como moderadamente altos.

Quadro 12 - Indicadores de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa dos municípios portugueses para o ano de 2000

Municípios	Indicadores			Índice
	Exposição	Sensibilidade	Capacidade Adaptativa	Vulnerabilidade
Alandroal	0,496	0,496	0,333	0,732
Alcoutim	0,496	0,496	0,333	0,732
Barrancos	0,496	0,496	0,333	0,733
CampoMaior	0,496	0,496	0,333	0,733
Mértola	0,496	0,496	0,333	0,731
Moura	0,496	0,496	0,333	0,733
Mourão	0,496	0,496	0,333	0,733
Reguengos de Monsaraz	0,496	0,496	0,333	0,733
Serpa	0,496	0,496	0,333	0,732
Vila Viçosa	0,496	0,496	0,333	0,733

Fonte: elaboração do autor.

Nas Figura 63 e Figura 64 são apresentados os gráficos de dos Indicadores de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa, além do resultado do Índice de Vulnerabilidade para os dez municípios estudados.

Acredita-se que a maioria dos dados apresentaram valores semelhantes devido a generalização de alguns dados oriundos do Projecto Sistema de Previsão e Gestão de Seca (SPGS), que apresentava dados da BHRG, sendo assim alguns dados ao serem extrapolados para os níveis municipais, podem estar subestimados ou sobrestimados, dependendo da porcentagem de área inserida dentro da bacia hidrográfica, como já mencionado anteriormente.

Figura 62- Vulnerabilidade dos municípios da BHRG para o ano de 2000

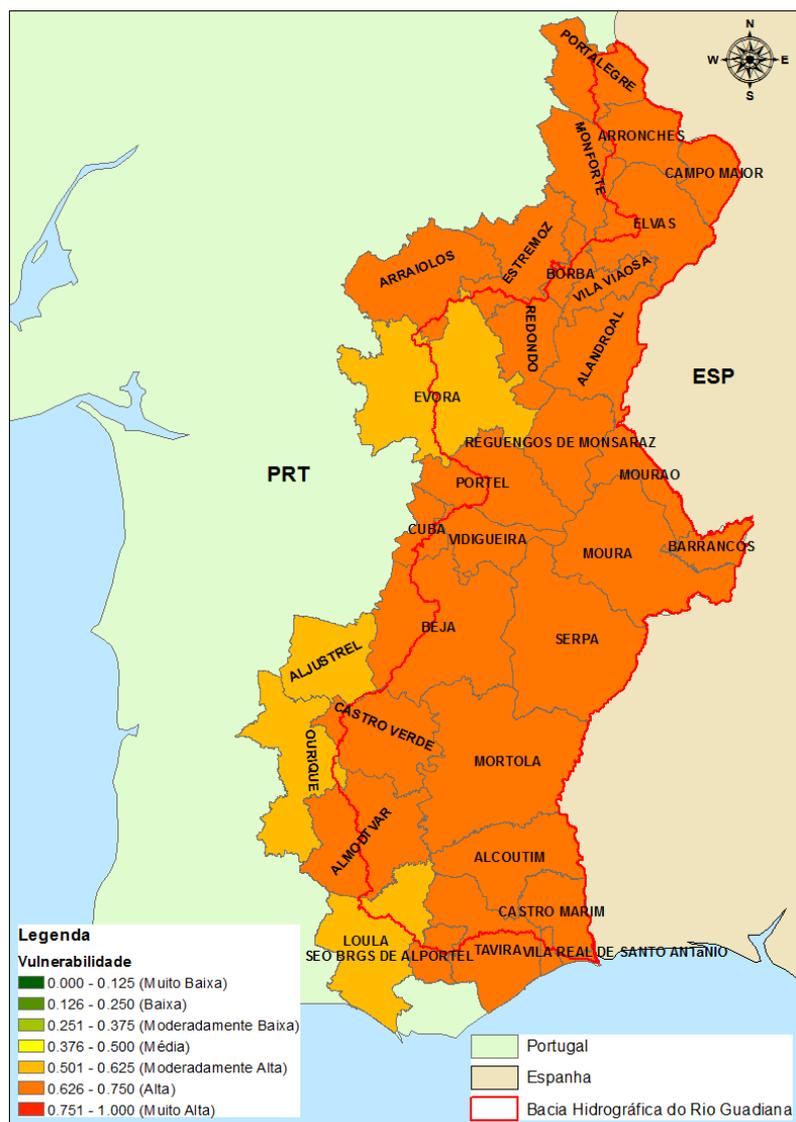


Figura 63 - Gráficos de Vulnerabilidade à seca para o ano 2000 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola

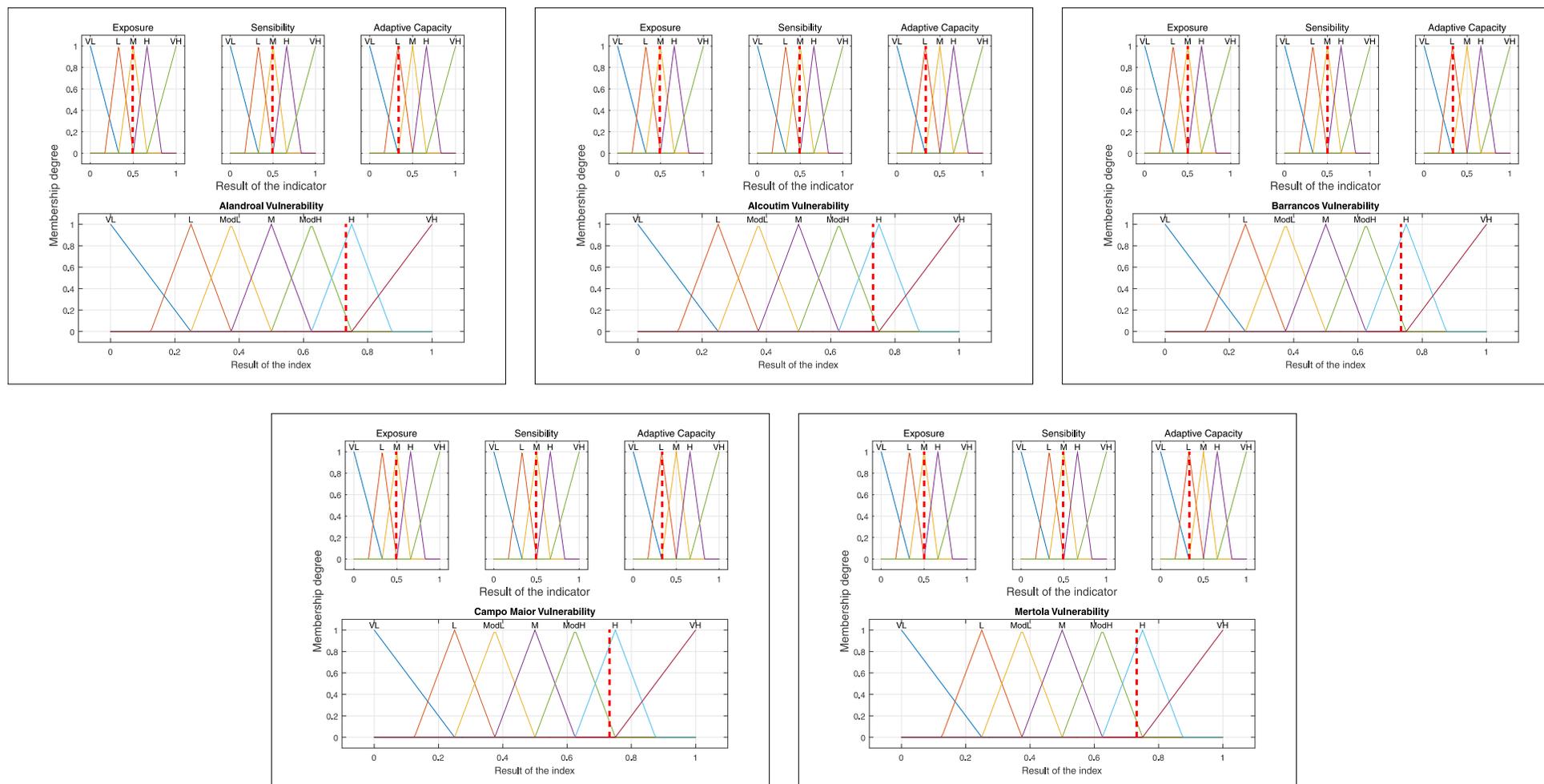
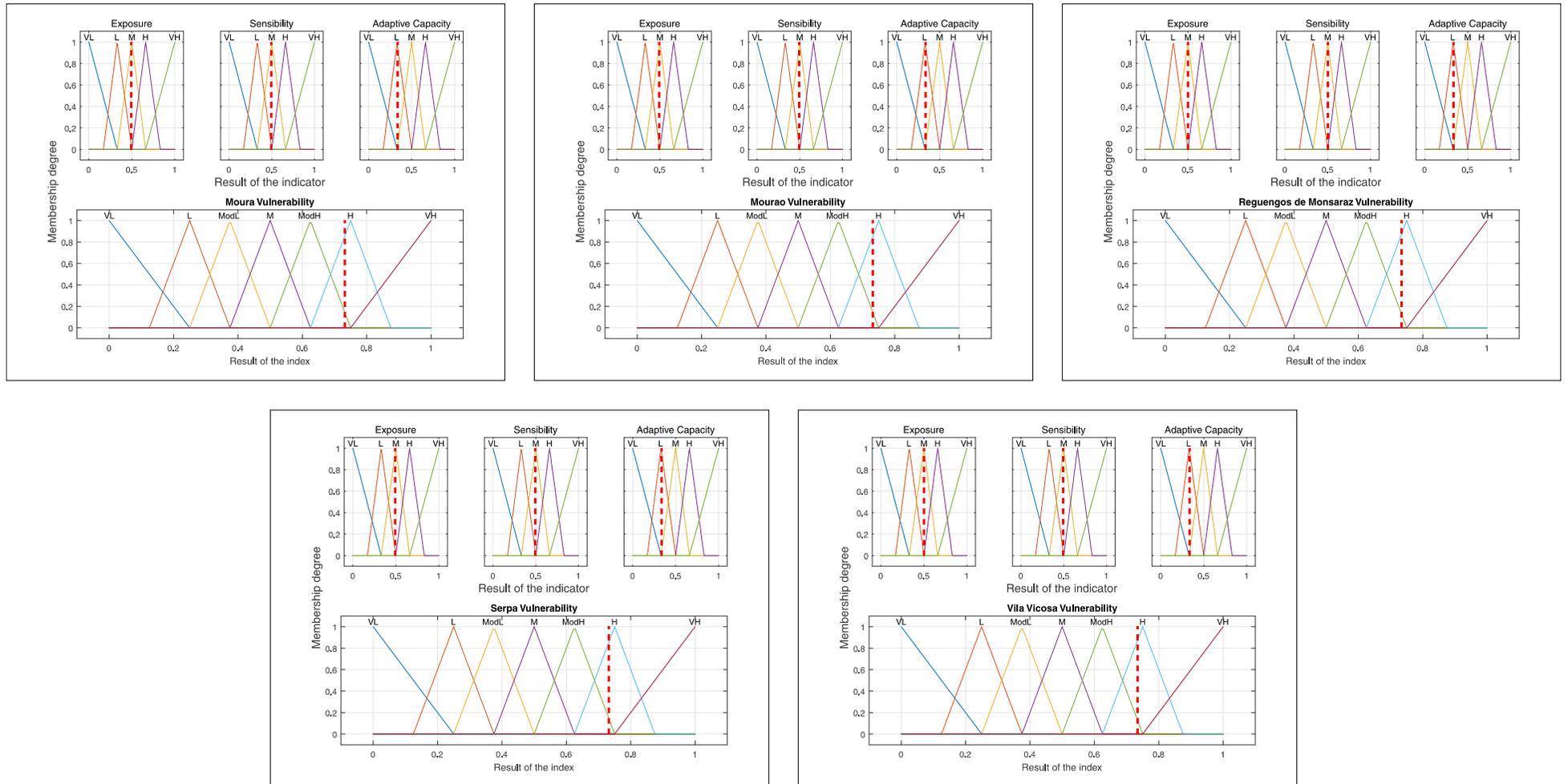


Figura 64 - Gráficos de Vulnerabilidade à seca para o ano 2000 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa



5.6 Resultados para o ano de 2004

5.6.1 Exposição dos Municípios

Os valores obtidos no subindicador de Características do Evento para o ano de 2004 se mostraram como os mais elevados dos três anos estudados (2000, 2004 e 2010), apresentando valores acima de 0,800, com exceção do município de Campo Maior, que apresentou um valor de 0,500. Esses resultados se deram, principalmente, devido à grande seca ocorrida nesse ano que elevou e muito os valores do Índice de Anomalia de Chuva de 2004.

Os valores das Características da População também foram mais elevados do que os apresentados em 2000, exceto os municípios de Barrancos e Vila Viçosa, que apresentaram os mesmos valores.

Com exceção dos municípios de Alandroal, Moura e Serpa (0,6049, 0,702, 0,788, respectivamente), todos os outros municípios totalmente inseridos dentro da BHRG apresentaram valores medianos para o subindicador de exposição da agropecuária.

Os valores encontrados para o Indicador de Exposição para todos 32 municípios variaram entre médios e moderadamente altos (Figura 65). Nas Figura 66 e Figura 67 podem ser observados os gráficos *fuzzy*, referente aos subindicadores e ao Indicador de Exposição dos 10 municípios estudados.

Figura 65 - Exposição dos municípios da BHRG para o ano de 2004

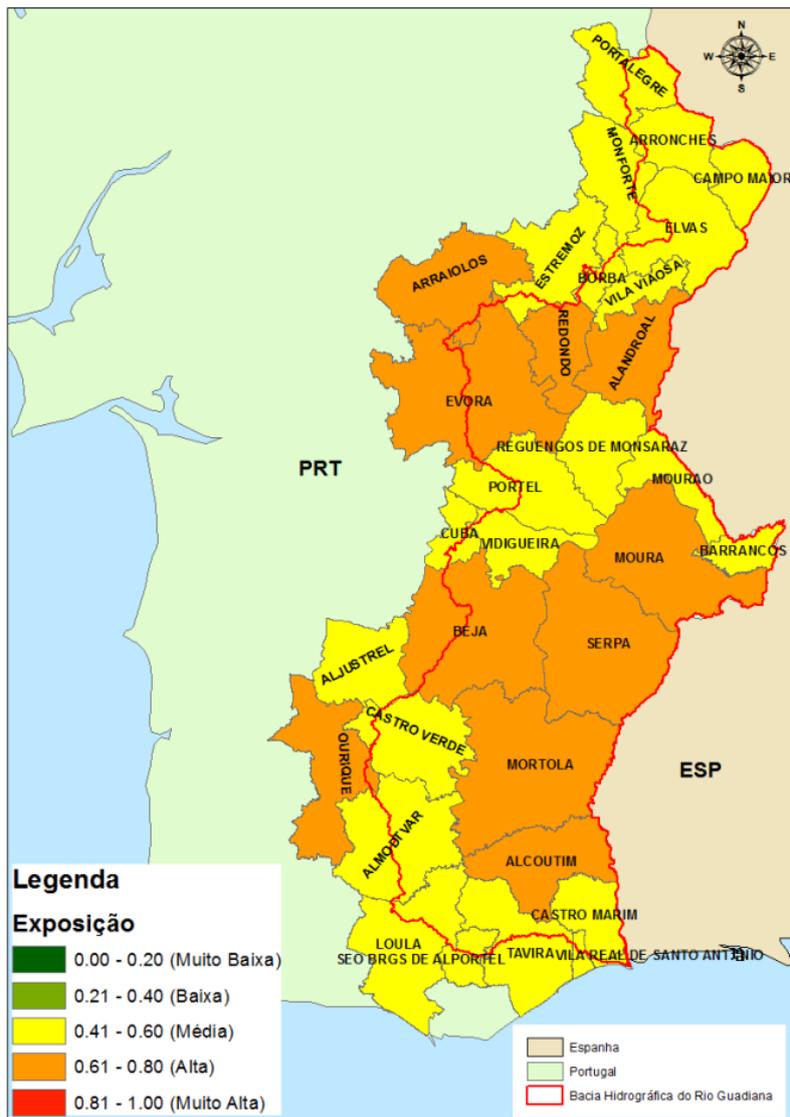


Figura 66 - Gráficos de Exposição à seca para o ano 2004 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola

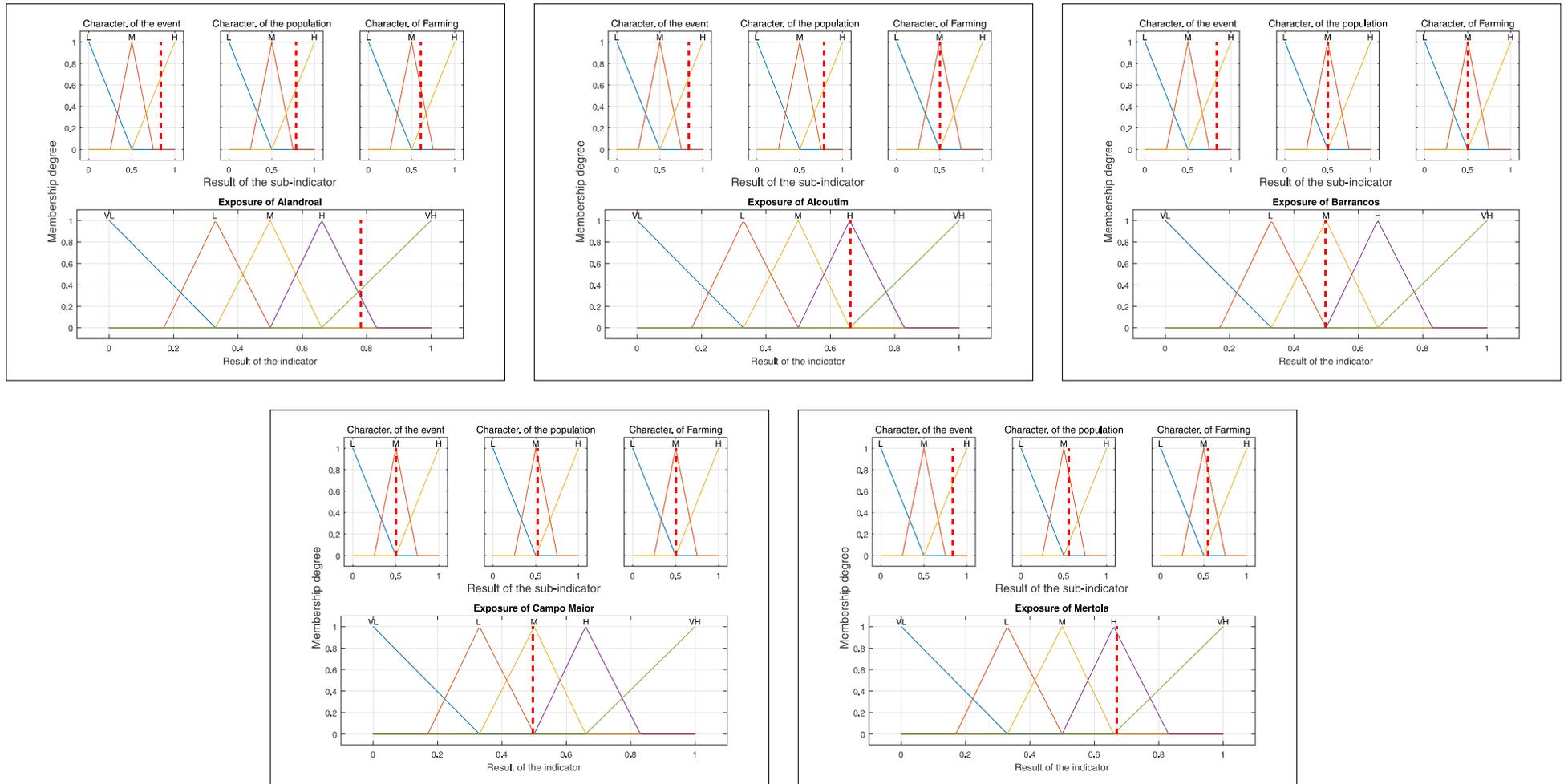
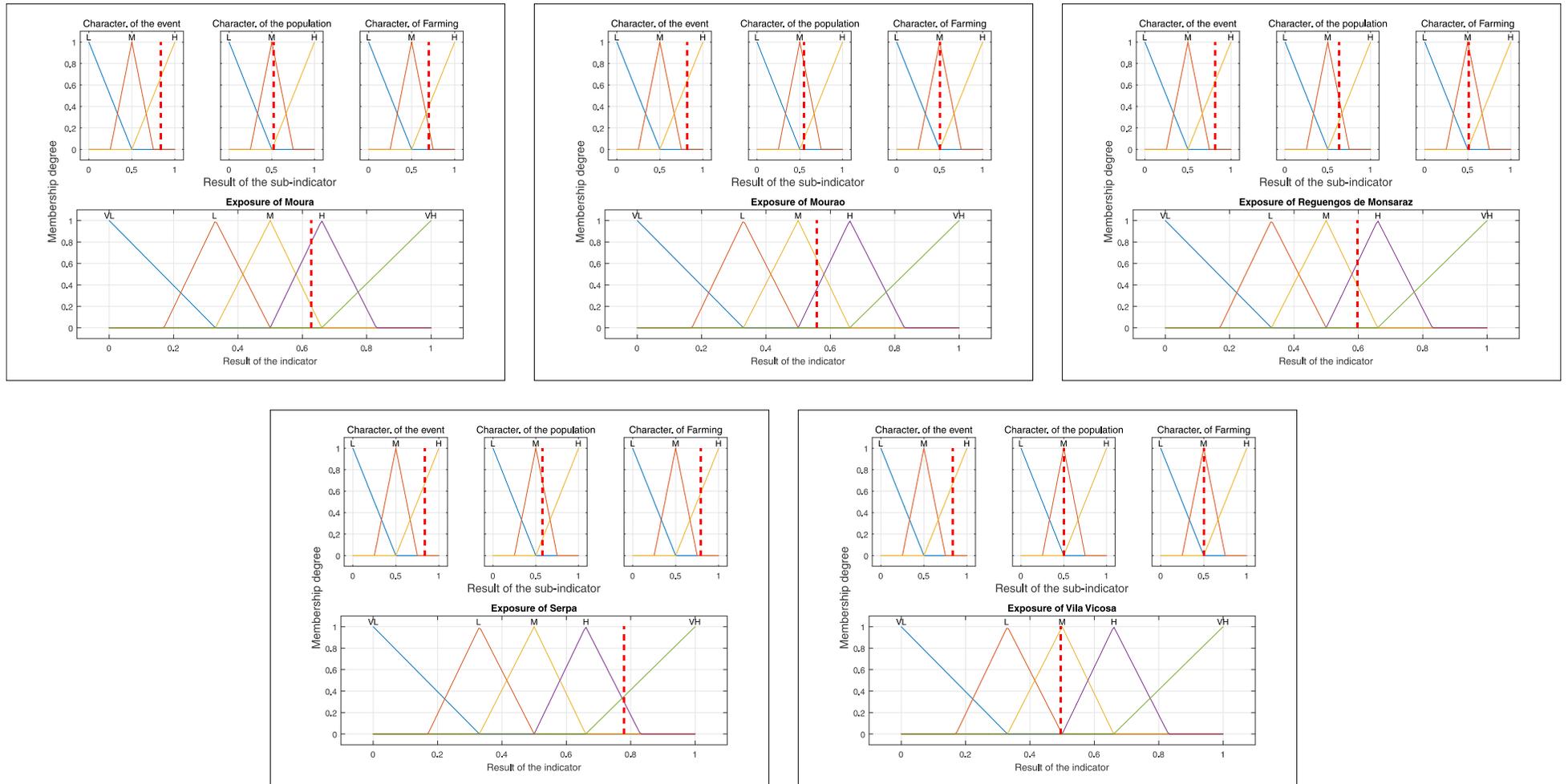


Figura 67 - Gráficos de Exposição à seca para o ano 2004 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa



5.6.2 Sensibilidade dos Municípios

Em relação às variáveis que compõem o subindicador de Características Socioeconômicas, é importante frisar que para a variável Poder de compra per capita, o município de Alcoutim foi o que apresentou maior resultado (1). Isso representa que ele possuía, em 2004, o pior poder de compra entre os 32 municípios estudados. Já o município de Campo Maior apresentou o valor de 0,540, sendo considerado o melhor poder de compra dos municípios totalmente inseridos na BHRG.

Dentre as variáveis que compõe o subindicador de Características Tecnológicas, torna-se importante realçar que todos os municípios apresentavam porcentagens de armazenamento nos reservatórios entre 31 e 61% do volume total, ao fim do período chuvoso (2004/2005). Isso fez com que o resultado do subindicador fosse classificado como médio.

Em relação Características das Atividades, como em 2000, os municípios apresentaram resultados medianos a baixos, com exceção do município de Mértola (0,204).

Por fim, tem-se que no ano de 2004 todos os municípios apresentavam resultados medianos de Sensibilidade (Figura 68). Nas Figura 69 e Figura 70 são apresentadas as representações gráficas dos conjuntos de subindicadores e seus respectivos valores (plotados em linha vermelha tracejada) que compuseram o indicador de Sensibilidade para cada município (imagem inferior central) estudado no ano de 2004.

Figura 68- Sensibilidade dos municípios da BHRG para o ano de 2004

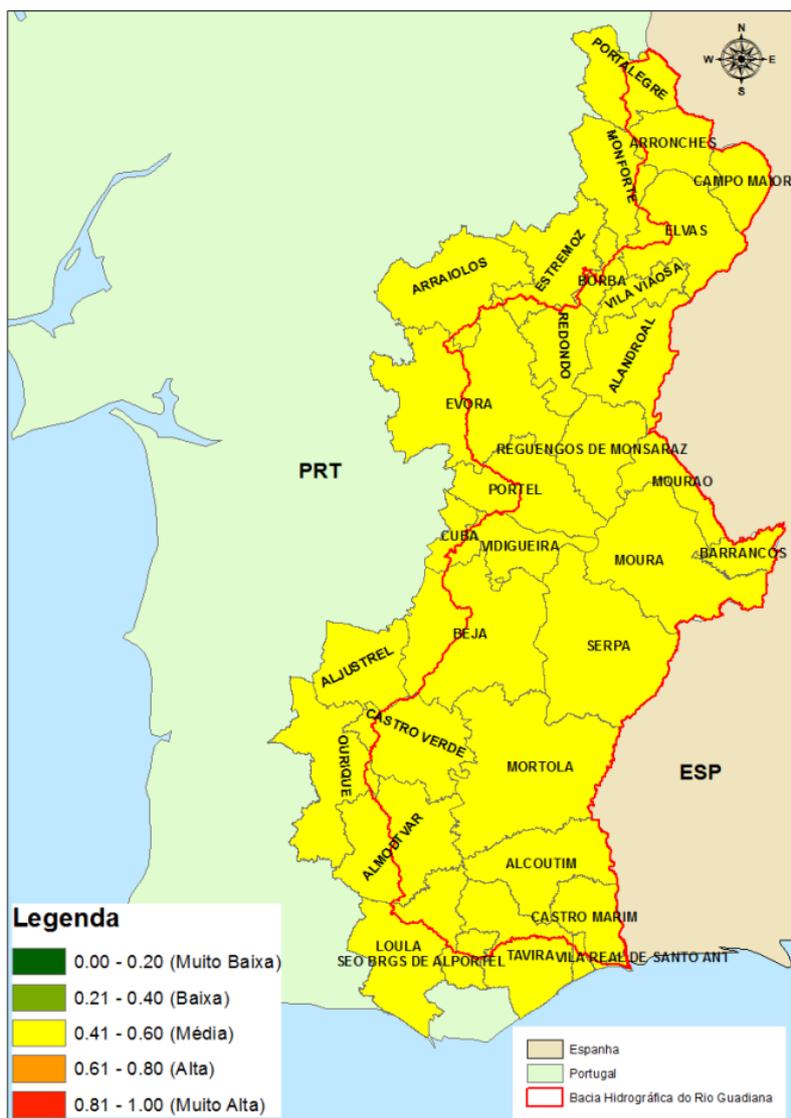


Figura 69 - Gráficos de Sensibilidade à seca para o ano 2004 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola

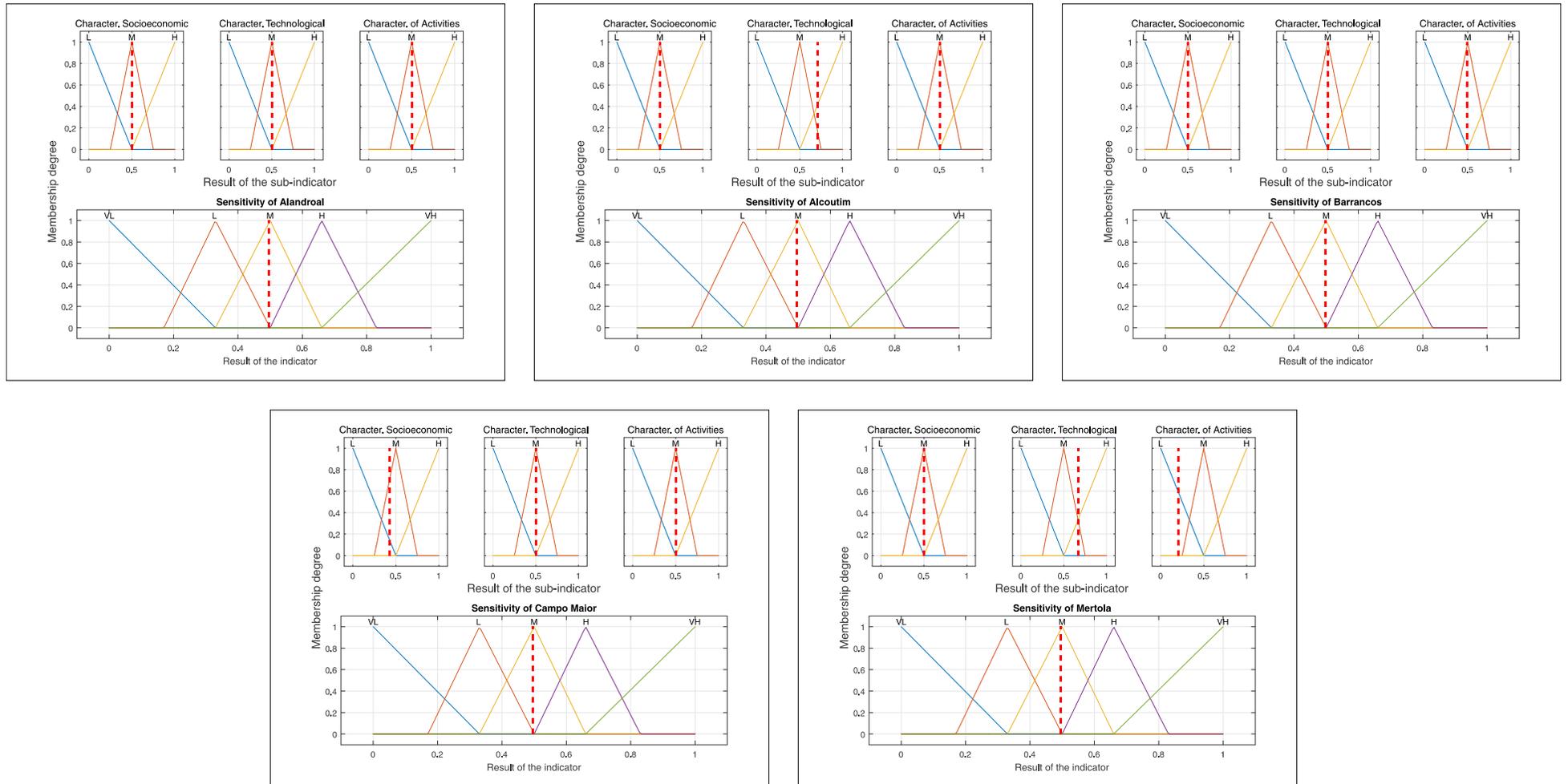
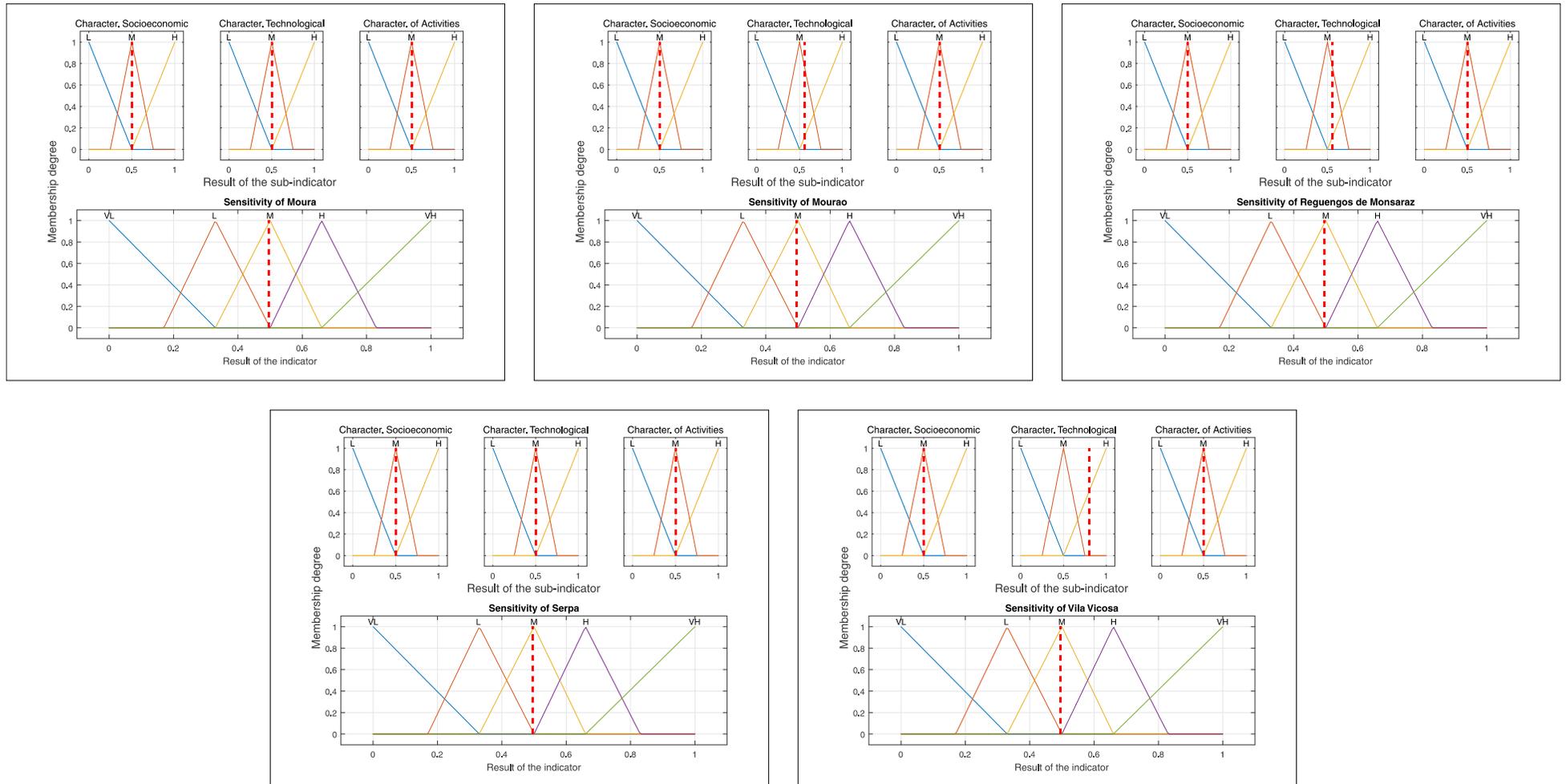


Figura 70 - Gráficos de Sensibilidade à seca para o ano 2004 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa



5.6.3 Capacidade Adaptativa dos Municípios

Segundo a classificação adotada pela ONU todos os municípios tiveram um IDHM (2004) considerado alto (entre 0,700 e 0,799). Isso fez com que todos os municípios apresentassem valores médios para o subindicador de Capacidade Humana.

Ao se falar em porcentagem da população inserida em Programas Sociais, o município de Moura apresentou maior valor. No que concerne ao PIB Per Capita, os municípios de Barranco, Campo Maior e Mértola apresentaram os piores valores em relação aos 32 municípios estudados. Loulé apresentou o maior valor. Em relação à população aposentada nos municípios, os 10 totalmente inseridos na BHRG apresentaram valores parecidos que variaram entre 3 a 7% da população. Nas Figura 71, Figura 72 e Figura 73, podem ser vistos os resultados obtidos pela interação entre os subindicadores Características Socioeconômicas, Características Tecnológicas e Características das Atividades e o resultando no Indicador de Capacidade Adaptativa de cada município.

Figura 71 - Capacidade Adaptativa dos municípios da BHRG para o ano de 2004

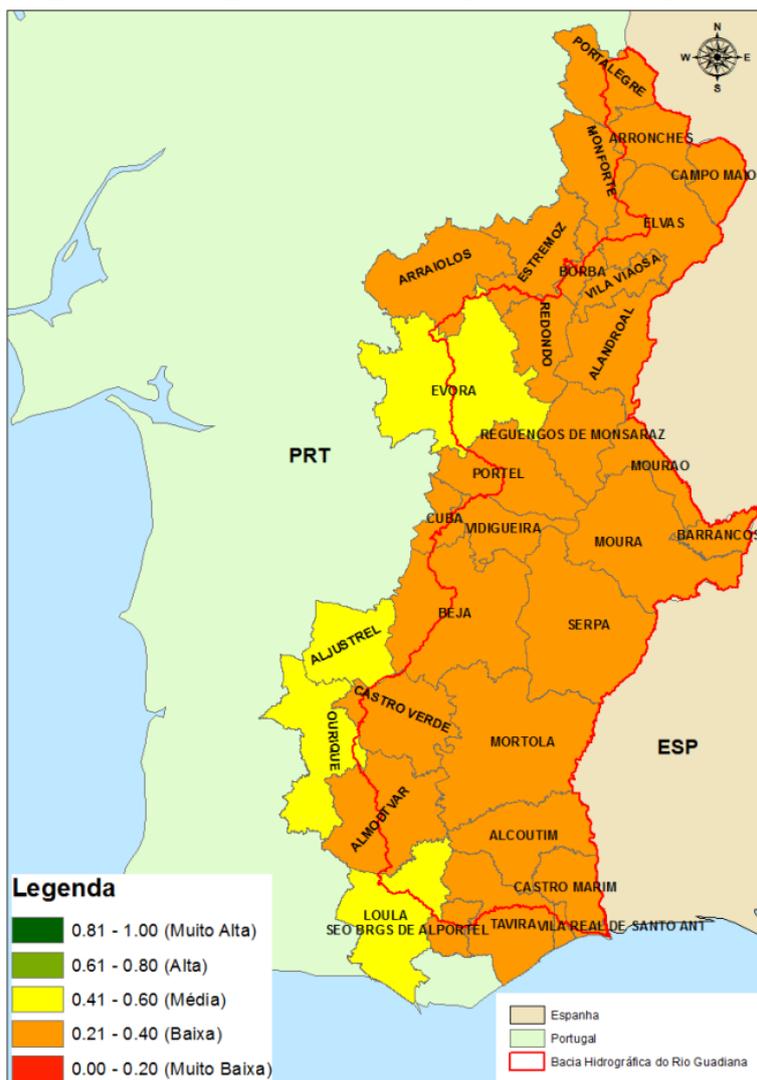


Figura 72 - Gráficos de Capacidade Adaptativa à seca para o ano 2004 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola

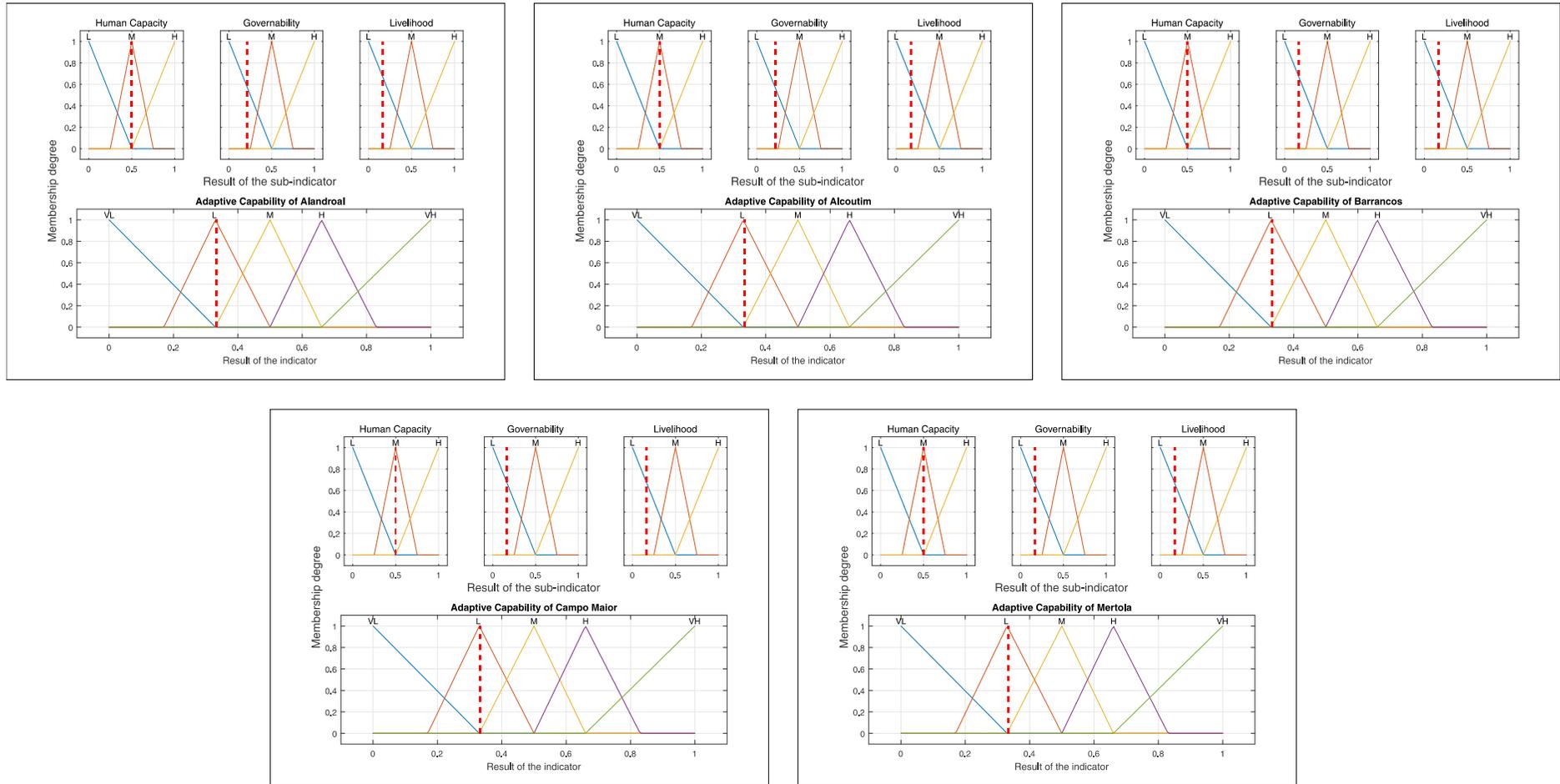
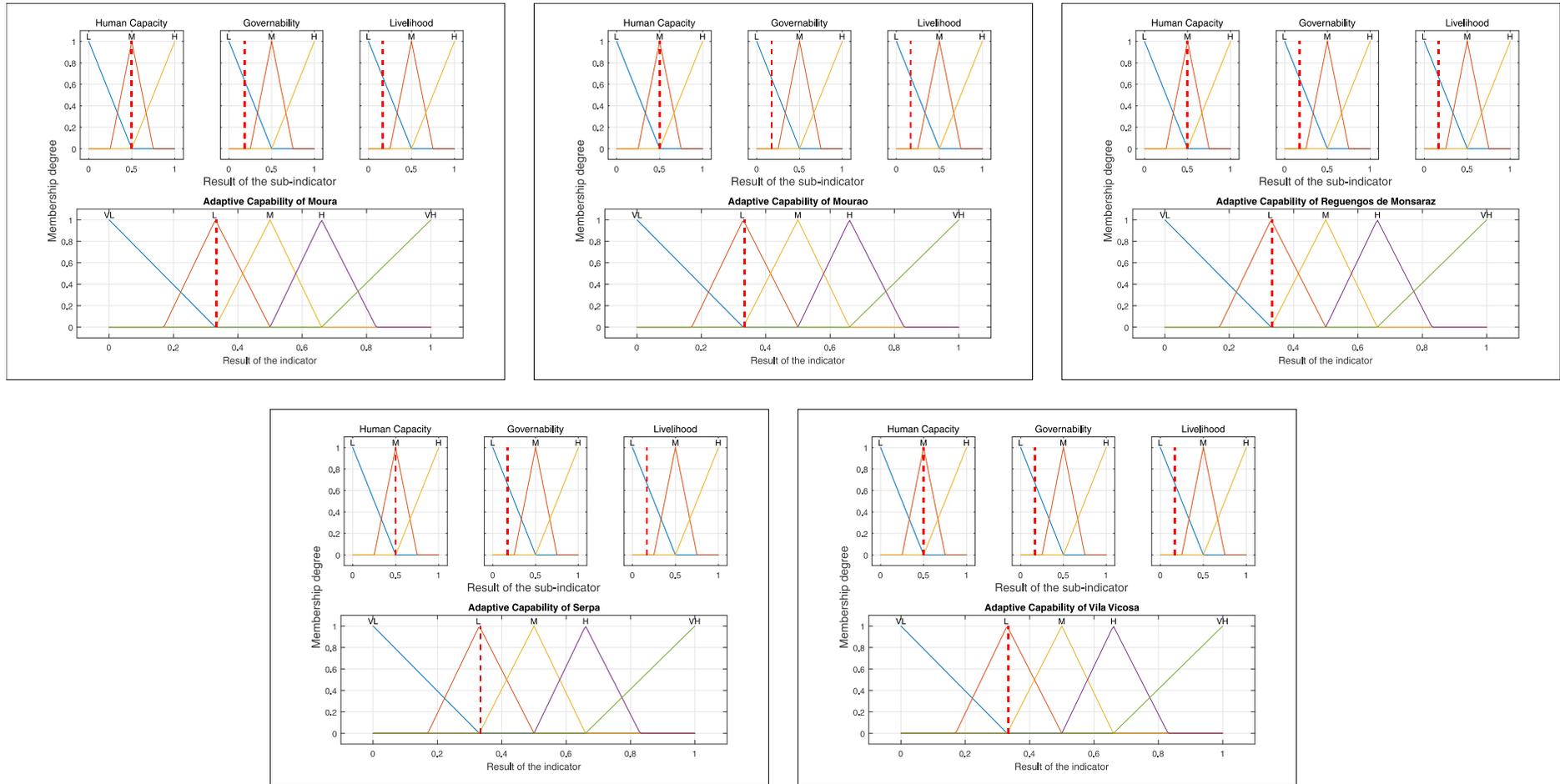


Figura 73 - Gráficos de Capacidade Adaptativa à seca para o ano 2004 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa



5.6.4 Vulnerabilidade dos Municípios

Os resultados do Índice de Vulnerabilidade à seca apresentaram-se altos (Quadro 13). Já na Figura 74, observa-se que alguns municípios, parcialmente incluídos na BHRG, apresentaram valores menos elevados, apresentando valores moderadamente altos.

Quadro 13 - Indicadores de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa dos municípios portugueses para o ano de 2004

Municípios	Indicadores			Índice
	Exposição	Sensibilidade	Capacidade Adaptativa	Vulnerabilidade
Alandroal	0,782	0,496	0,333	0,680
Alcoutim	0,663	0,495	0,333	0,746
Barrancos	0,496	0,496	0,333	0,733
Campo Maior	0,496	0,496	0,333	0,732
Mértola	0,668	0,495	0,333	0,745
Moura	0,628	0,496	0,333	0,740
Mourão	0,557	0,496	0,333	0,738
Reguengos de Monsaraz	0,596	0,496	0,333	0,738
Serpa	0,778	0,496	0,333	0,683
Vila Viçosa	0,496	0,496	0,333	0,732

Fonte: elaboração do autor.

Nas Figura 75 e Figura 76 são apresentados os gráficos dos Indicadores de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa, além do resultado do Índice de Vulnerabilidade para os dez municípios estudados.

Figura 74- Vulnerabilidade dos municípios da BHRG para o ano de 2004

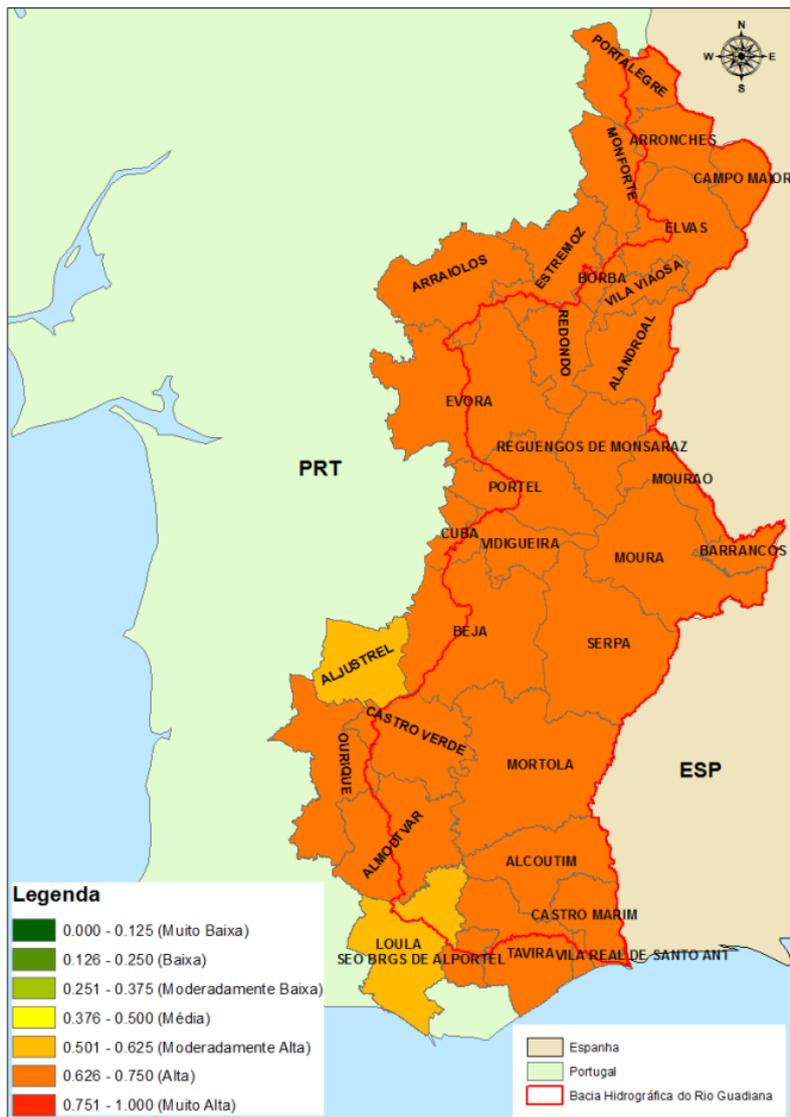


Figura 75 - Gráficos de Vulnerabilidade à seca para o ano 2004 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola

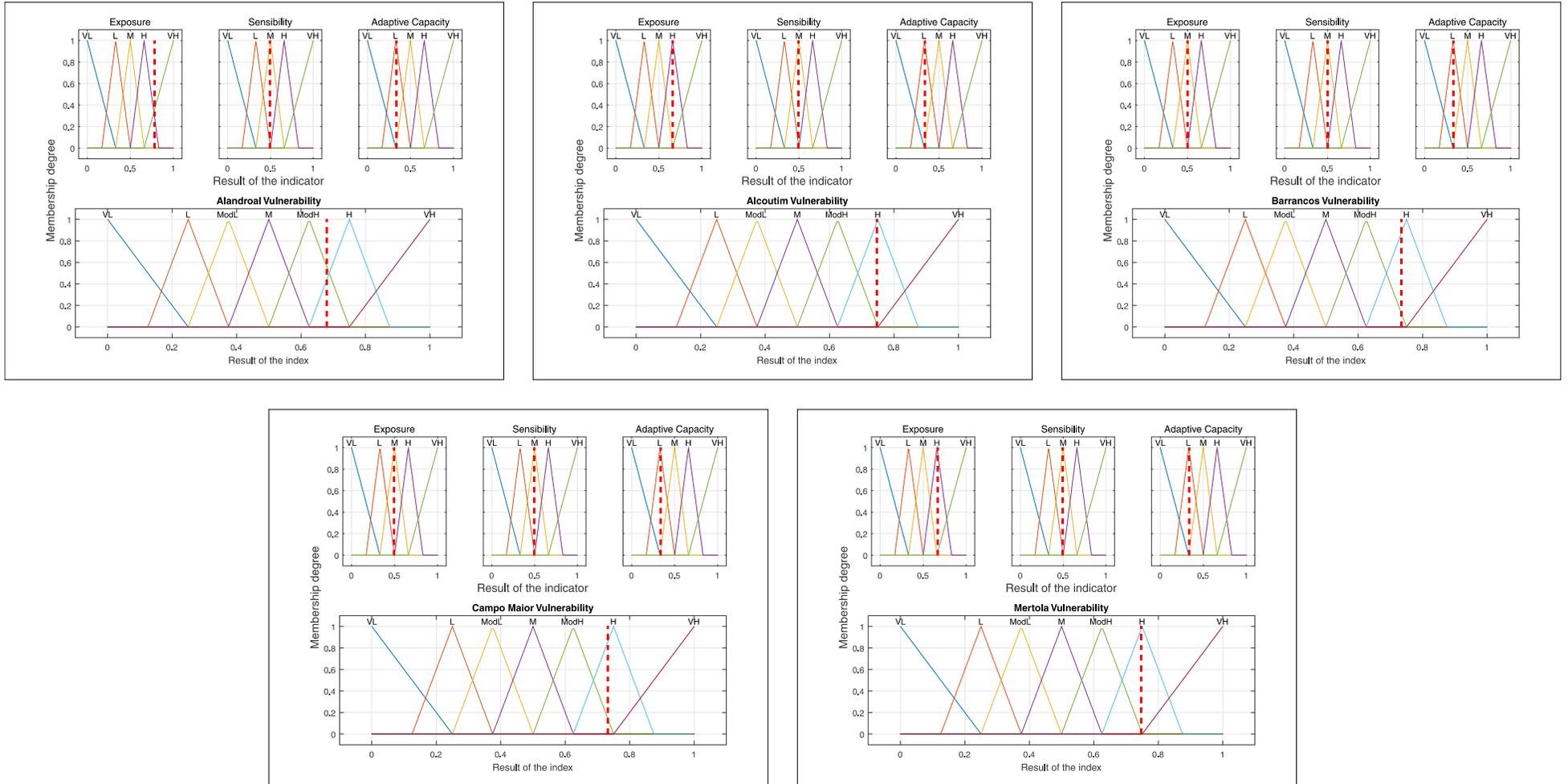
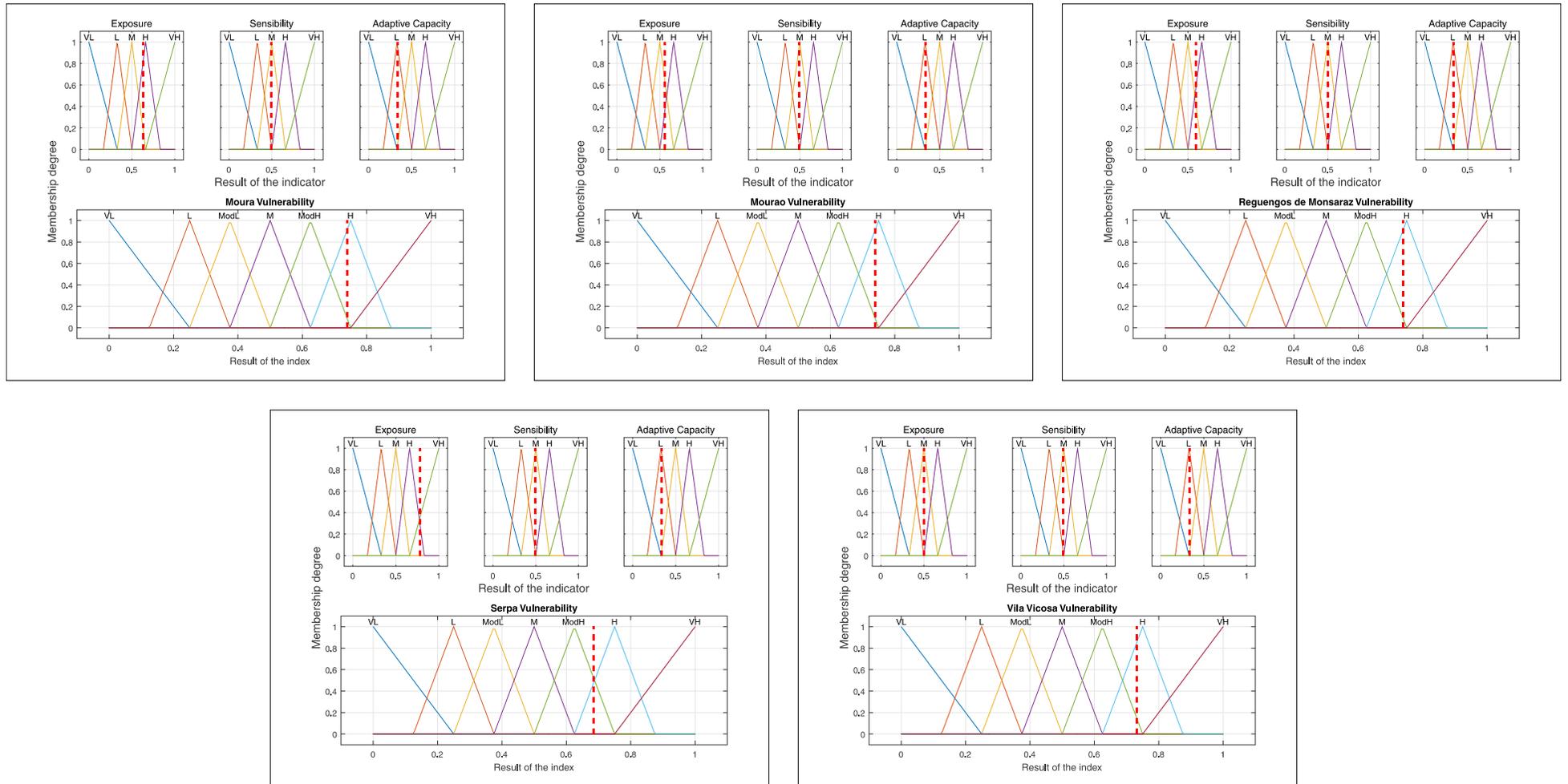


Figura 76 - Gráficos de Vulnerabilidade à seca para o ano 2004 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa



5.7 Resultados para o ano de 2010

5.7.1 Exposição dos Municípios

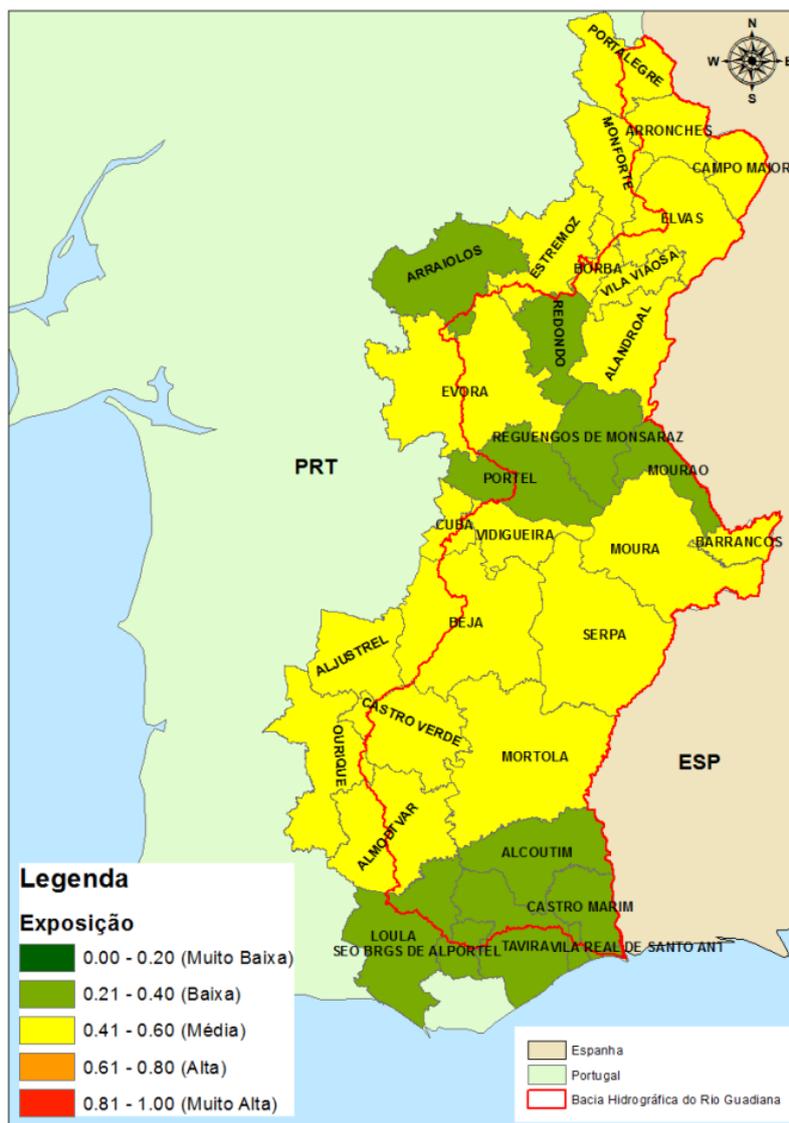
O subindicador de Características do Evento para o ano de 2010 variou entre 0,297 (Alcoutim, Mourão e Reguengos de Monsaraz) e 0,558 (Alandroal e Vila Viçosa). Isso se deu porque na maioria dos municípios, o índice de anomalia de chuva mostrou-se menor do que o total precipitado no ano de 2004, porém maior que do ano de 2000.

O subindicador de Características da População obteve para todos os municípios o resultado de 0,500, com exceção do município de Alcoutim, que obteve o valor de 0,678.

Já o subindicador de Características da Agropecuária variou entre 0,100 e 0,200, com exceção dos municípios de Moura e Serpa que apresentaram valores de 0,605 e 0,592, respectivamente.

Tendo em vista todas as características já apresentadas, a Exposição dos municípios, em média, foi considerada a menor exposição dos três anos estudados, apresentando municípios com baixa exposição, a exemplo dos municípios de Mourão e Reguengos de Monsaraz (Figura 77).

Figura 77 - Exposição dos municípios da BHRG para o ano de 2010



Nas Figura 78 e Figura 79 são apresentados os gráficos dos subindicadores e do Indicador de Exposição para os municípios no ano de 2010.

Figura 78 - Gráficos de Exposição à seca para o ano 2010 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola

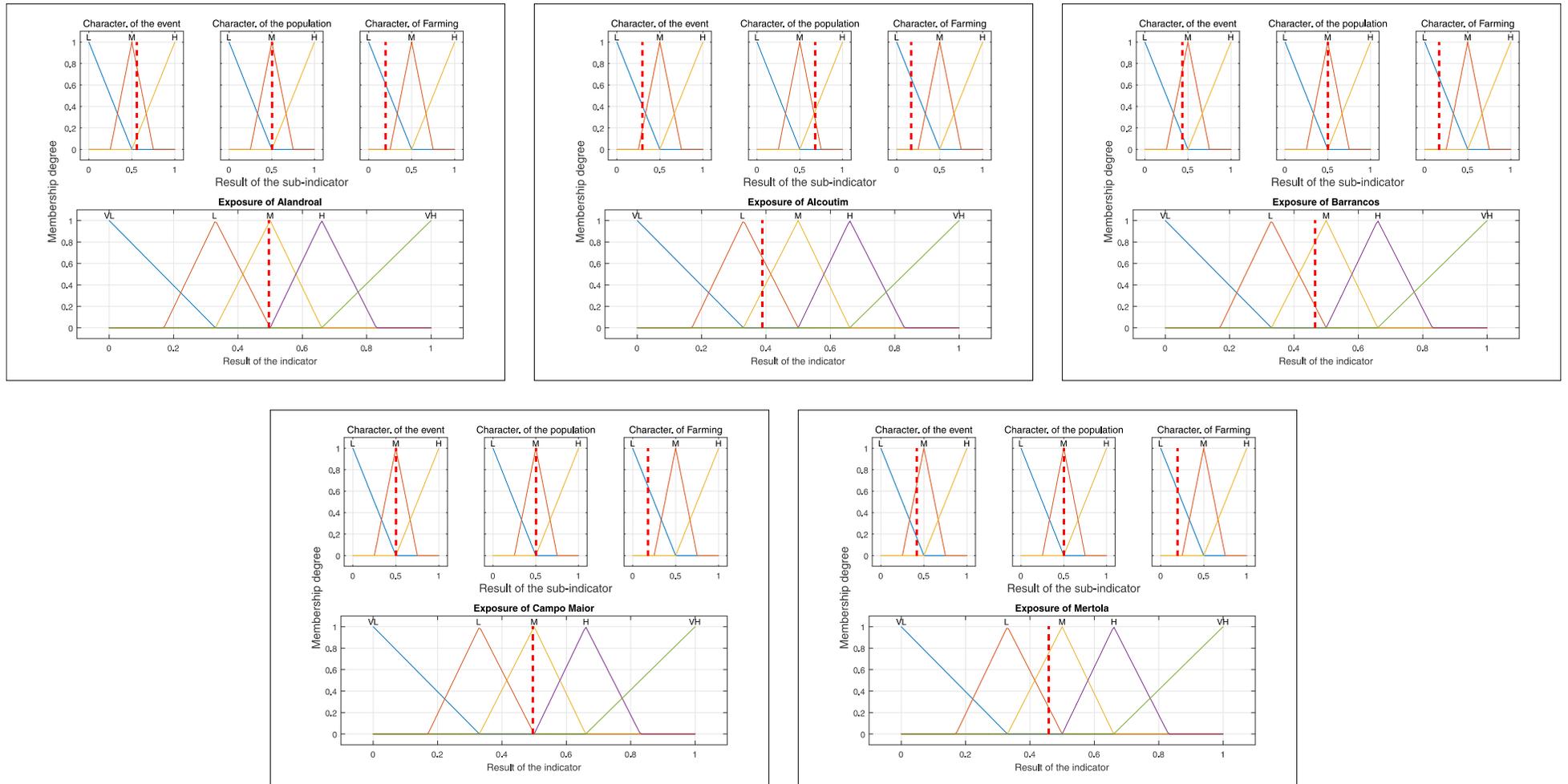
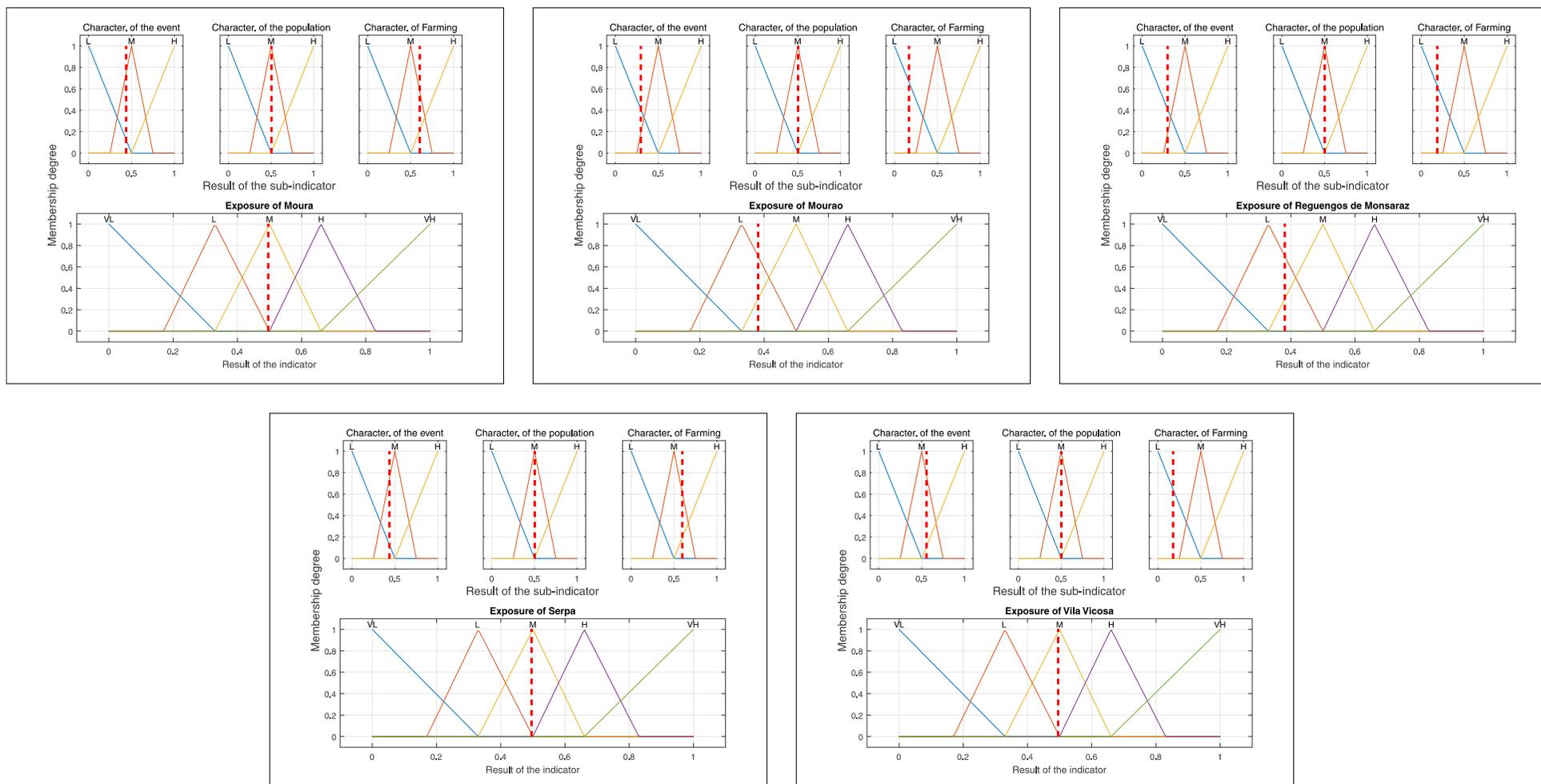


Figura 79 - Gráficos de Exposição à seca para o ano 2004 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa



5.7.2 Sensibilidade dos Municípios

No que concerne às Características Socioeconômicas, o ano de 2010 foi um dos piores anos já analisados, tendo em vista que uma expressiva parte da população estava desocupada³⁸ e o Poder de compra caiu consideravelmente.

Em relação às Características Tecnológicas, no ano de 2010, vários dos reservatórios tinham seus volumes próximos ao máximo, com exceção do município de Alandroal que estava com cerca de 40% do volume total.

No ano de 2010, por ser considerado um ano de chuvas próximas da normalidade e os incêndios (fogos) não agirem tão tragicamente, como em outros anos, as Características das Atividades se apresentaram como baixas a médias.

O Indicador de Sensibilidade para o ano de 2010 foi considerado médio, com exceção do município de Castro Verde (não inserido totalmente na BHRG) (Figura 80) Nota-se que apesar de outros fatores serem mais favoráveis do que em outros anos, a crise em que Portugal se encontrava inserida fez com que sua sensibilidade permanecesse média, igual aos anos anteriores.

Nas Figura 81 e Figura 82 são apresentados os gráficos dos subindicadores e do Indicador de Sensibilidade para os municípios no ano de 2010.

³⁸ Acredita-se que esses resultados sejam frutos da grande crise em que Portugal se encontrava por volta de 2009-2014, frutos da crise financeira mundial.

Figura 80 - Sensibilidade dos municípios da BHRG para o ano de 2010

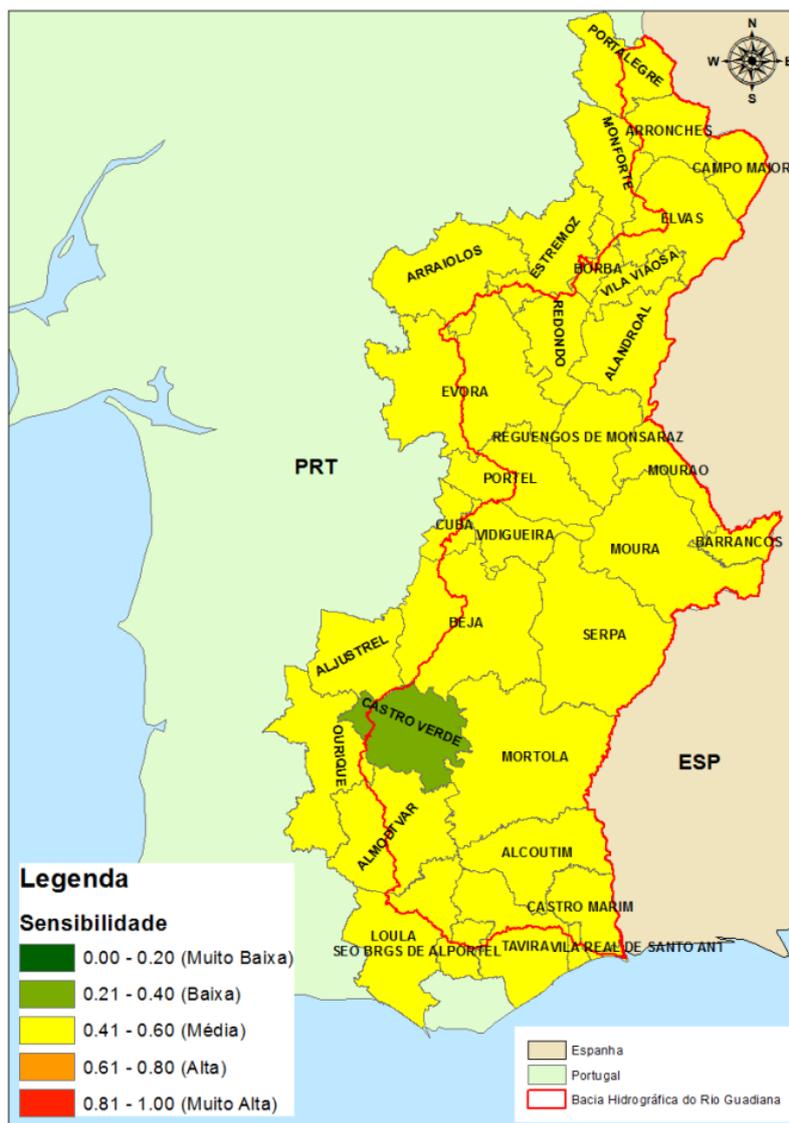


Figura 81 - Gráficos de Sensibilidade à seca para o ano 2010 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola

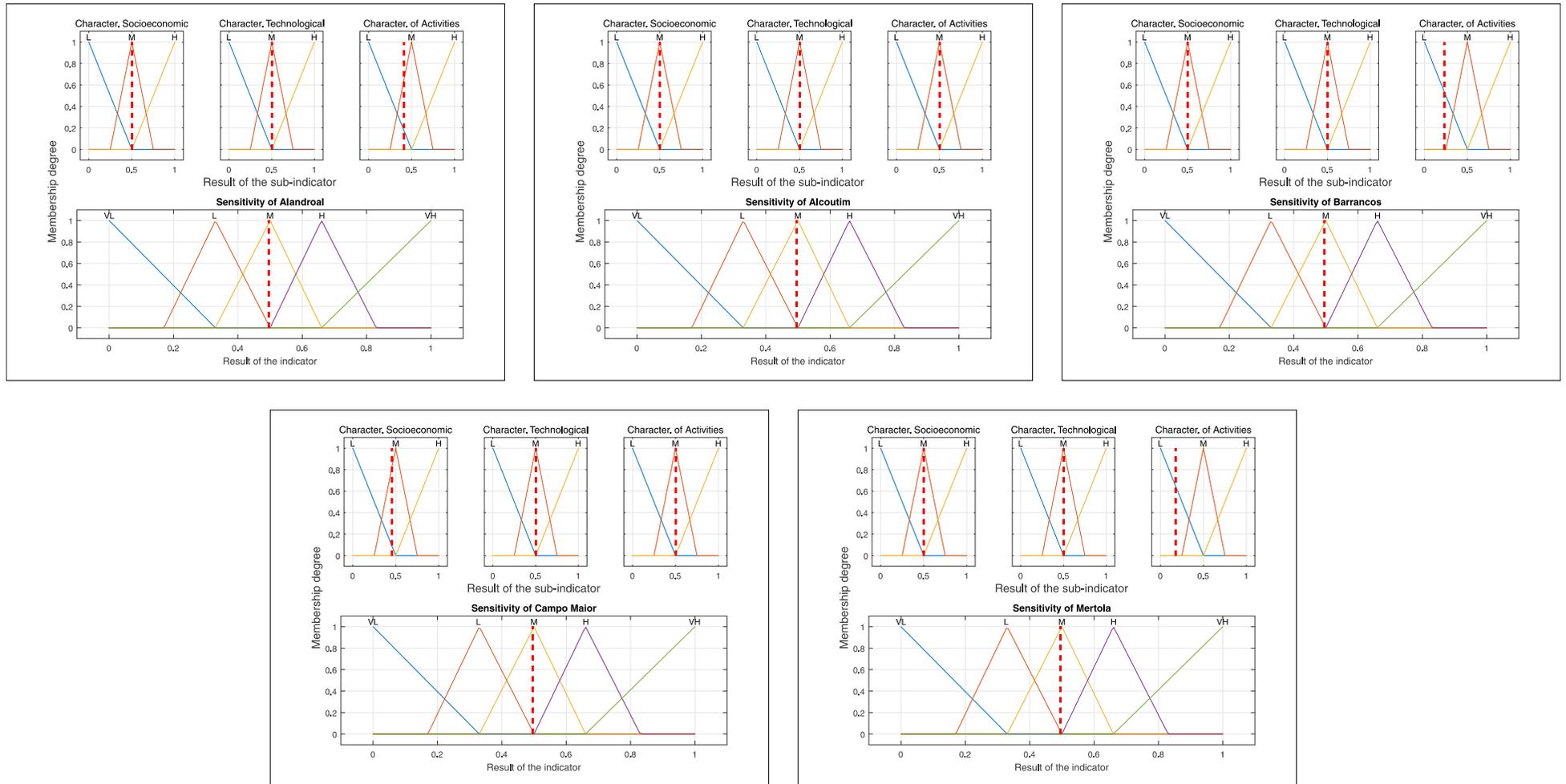
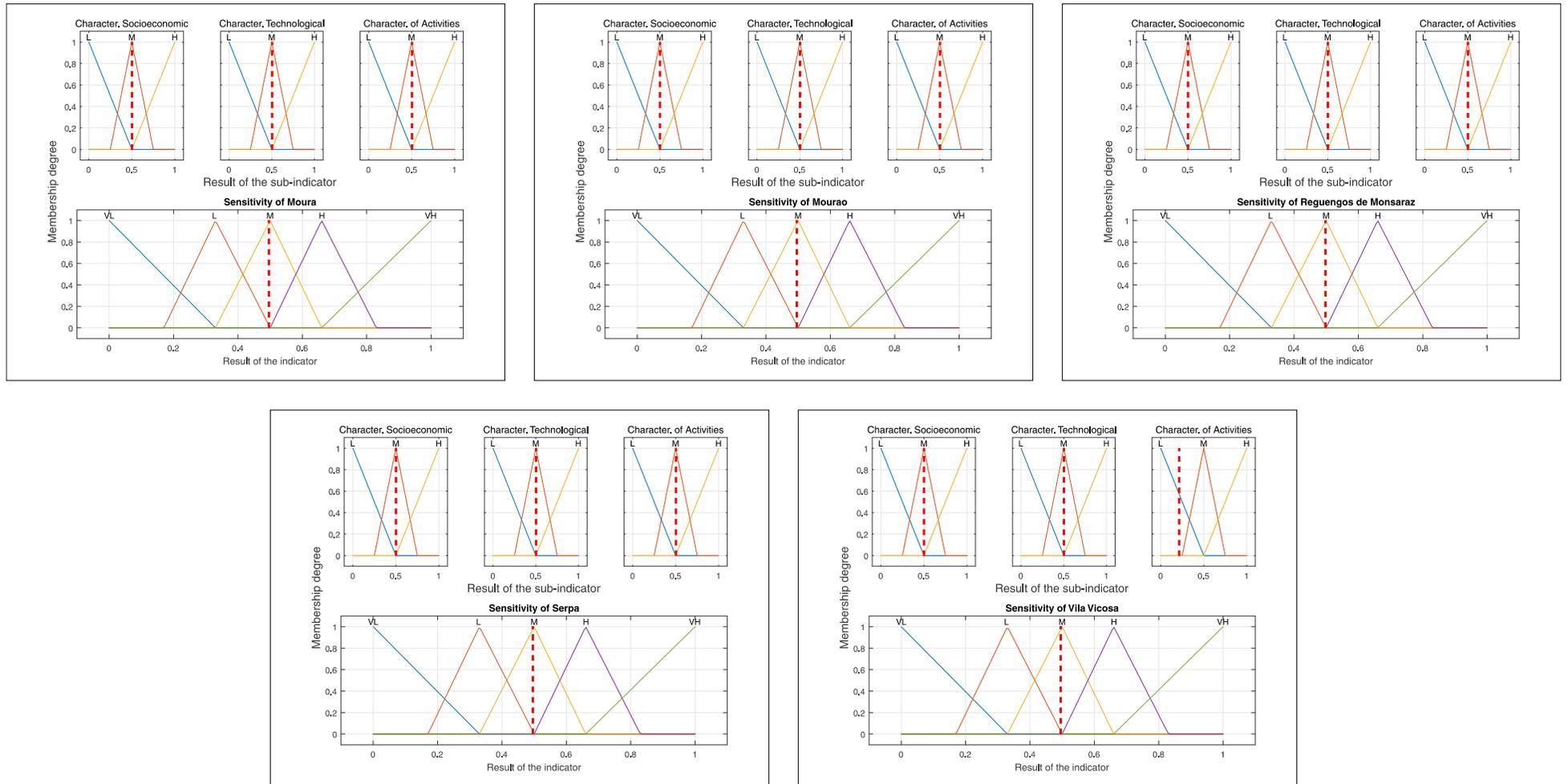


Figura 82 - Gráficos de Sensibilidade à seca para o ano 2004 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa



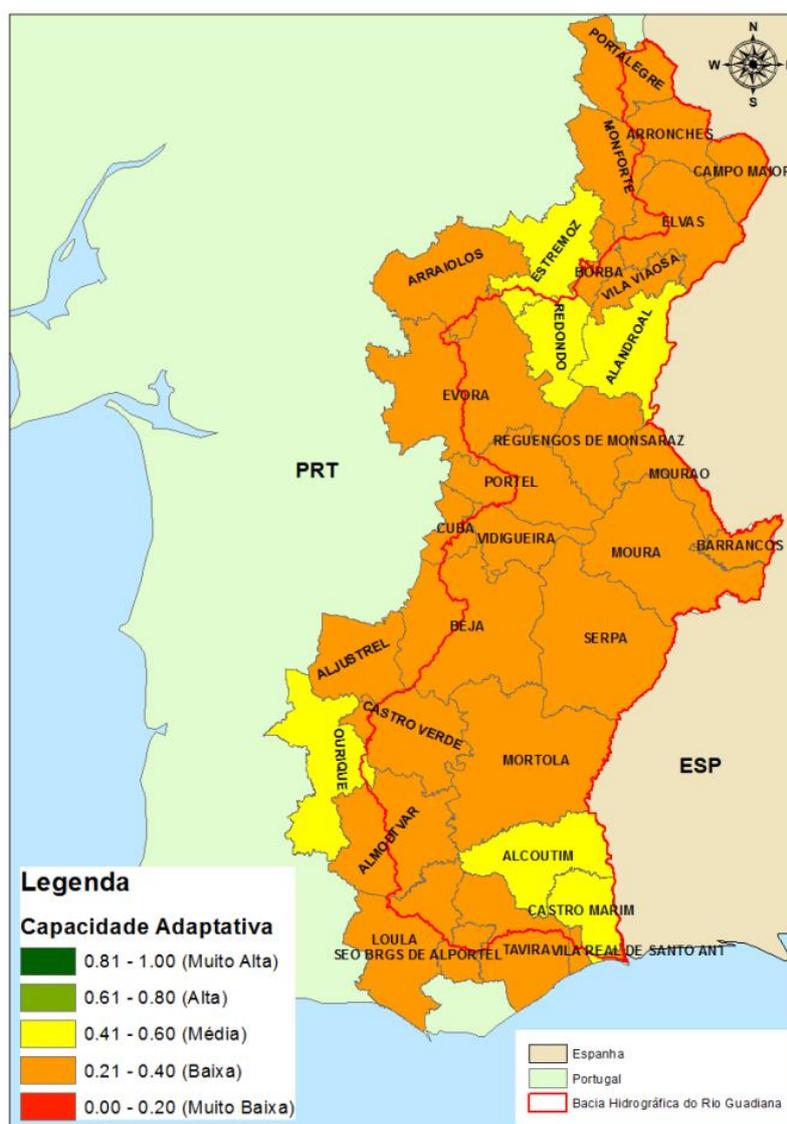
5.7.3 Capacidade Adaptativa dos Municípios

Em relação ao subindicador de Capacidade Humana os valores de IDHM foram mais elevados do que os anos anteriores. Porém a porcentagem do PIB em educação e cultura tendeu a se reduzir, resultando em valores médios.

Os resultados obtidos pelo subindicador de Governabilidade foram baixos e se mantiveram entre 0,169 e 0,500, tendo em vista que o PIB veio a diminuir. Já o subindicador de meios de vida se manteve baixo como em outros anos.

O Indicador de Capacidade Adaptativa para o ano de 2010 resultou em valores médios e moderadamente baixos. Dos dez municípios totalmente inseridos na BHRG, somente dois conseguiram apresentar resultados médios (Alandroal e Alcoutim) (Figura 83).

Figura 83 - Capacidade Adaptativa dos municípios da BHRG para o ano de 2010



Nas Figura 84 e Figura 85, são apresentados os gráficos referentes aos subindicadores que compuseram o Indicador de Capacidade Adaptativa (também representado na imagem).

Figura 84 - Gráficos de Capacidade Adaptativa à seca para o ano 2010 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola

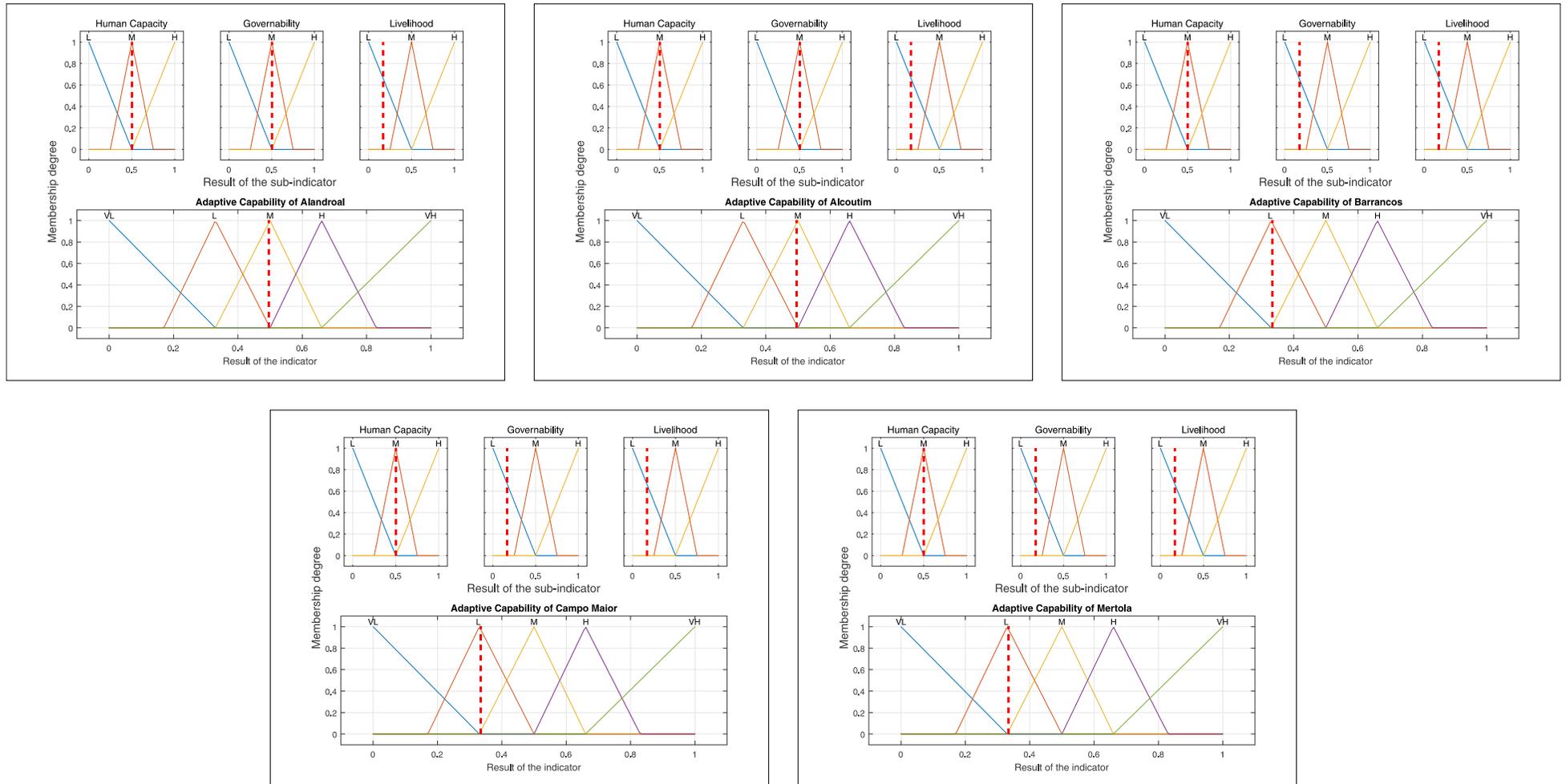
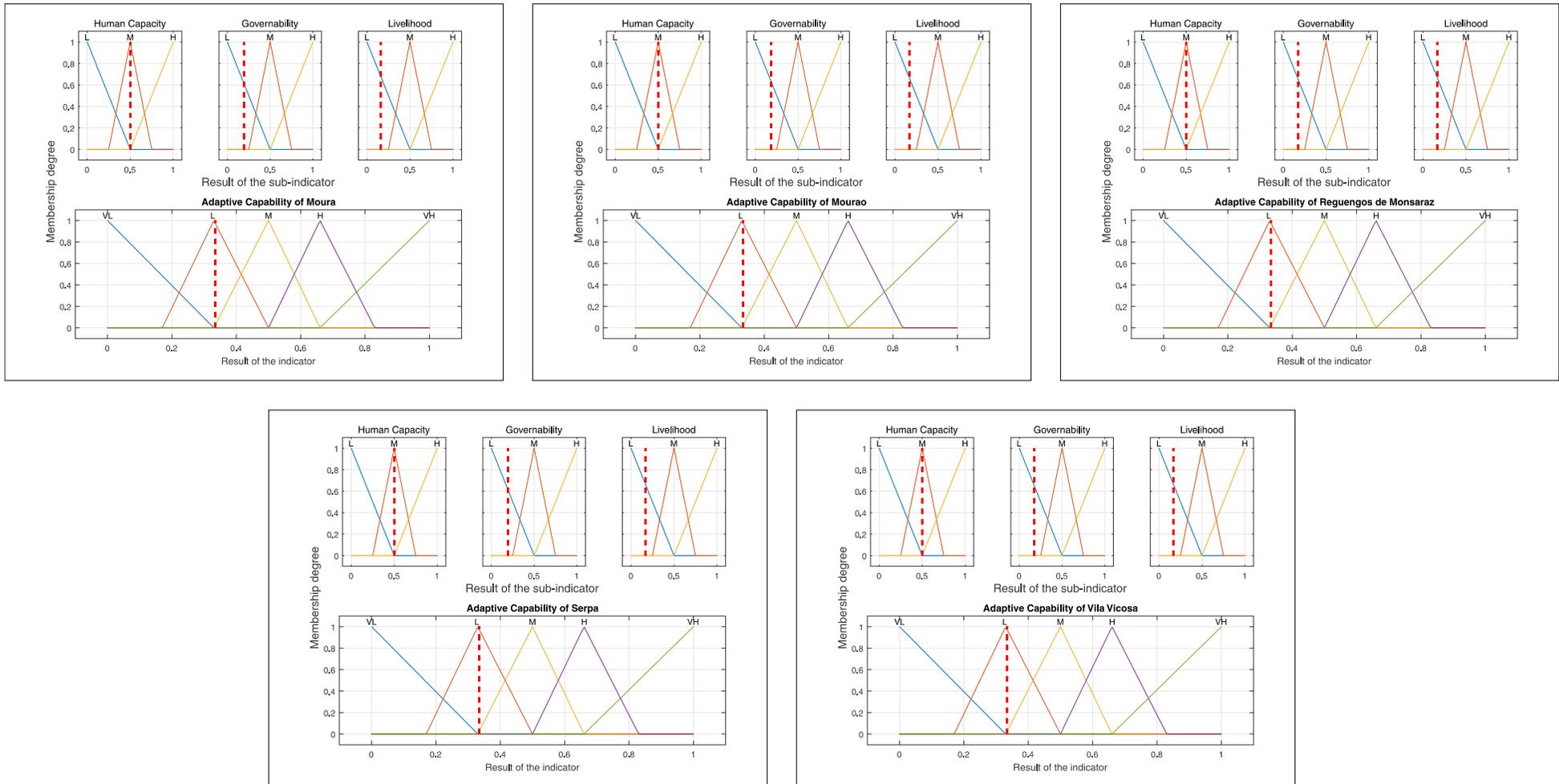


Figura 85 - Gráficos de Capacidade Adaptativa à seca para o ano 2004 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa



5.7.4 Vulnerabilidade dos Municípios

Os resultados do Índice de Vulnerabilidade à Seca, obtidos por meio da agregação dos dados dos Indicadores de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa (Quadro 14) apresentaram-se como médios, moderadamente altos e altos (Quadro 14).

Quadro 14 - Indicadores de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa dos municípios portugueses para o ano de 2010

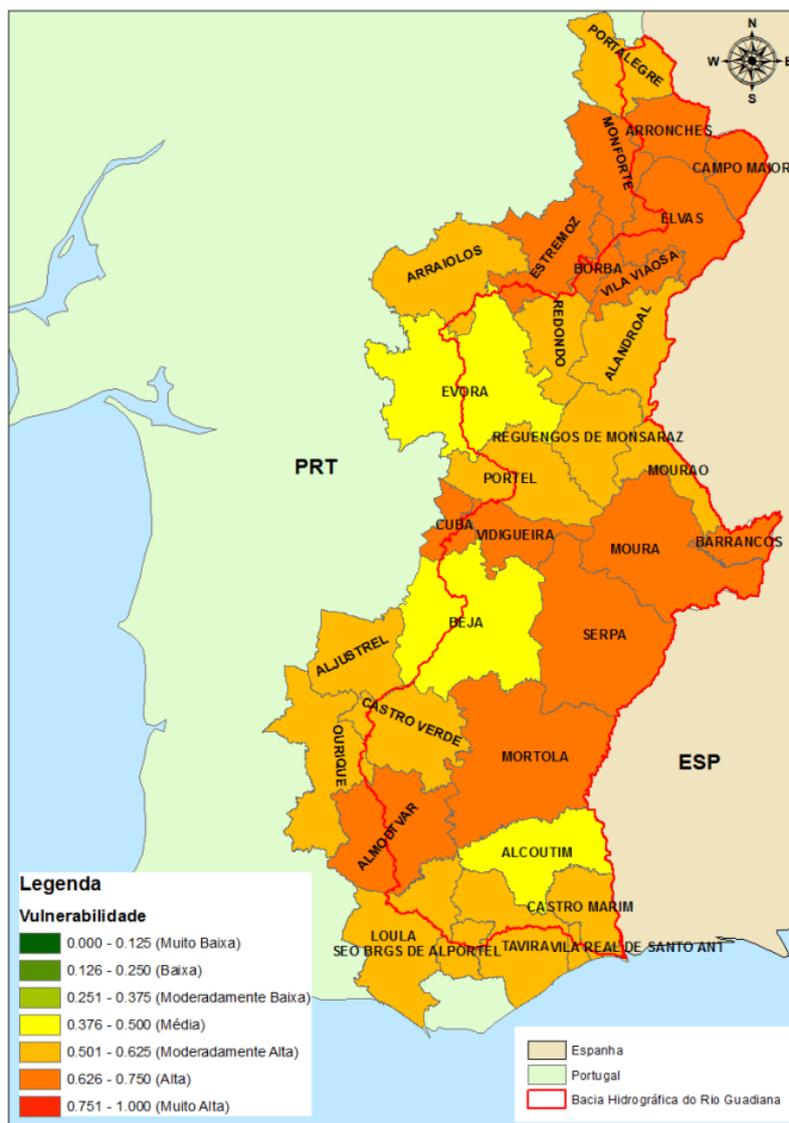
Municípios	Indicadores			Índice
	Exposição	Sensibilidade	Capacidade Adaptativa	Vulnerabilidade
Alandroal	0,496	0,496	0,496	0,506
Alcoutim	0,389	0,496	0,496	0,434
Barrancos	0,466	0,496	0,333	0,675
Campo Maior	0,496	0,496	0,333	0,731
Mértola	0,458	0,496	0,333	0,666
Moura	0,496	0,496	0,333	0,731
Mourão	0,380	0,496	0,333	0,585
Reguengos de Monsaraz	0,380	0,496	0,333	0,585
Serpa	0,496	0,496	0,333	0,732
Vila Viçosa	0,496	0,496	0,333	0,731

Fonte: elaboração do autor.

Na Figura 86 observa-se que dos municípios totalmente incluídos, o município de Alcoutim apresentou valor médio, os municípios de Alandroal e Reguengos de Monsaraz apresentaram valores moderadamente altos e os outros municípios apresentaram valores altos. O mesmo pode-se dizer dos municípios parcialmente incluídos na BHRG.

As Figura 87 e Figura 88 demonstram os gráficos referentes aos indicadores que compuseram o Índice de Vulnerabilidade.

Figura 86- Vulnerabilidade dos municípios da BHRG para o ano de 2010



Na Figura 87 pode-se ver os gráficos de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa que resultaram no gráfico do índice de Vulnerabilidade dos dez municípios totalmente incluídos na BHRG.

Figura 87 - Gráficos de Vulnerabilidade à seca para o ano 2010 dos municípios: Alandroal, Alcoutim, Barrancos, Campo Maior e Mértola

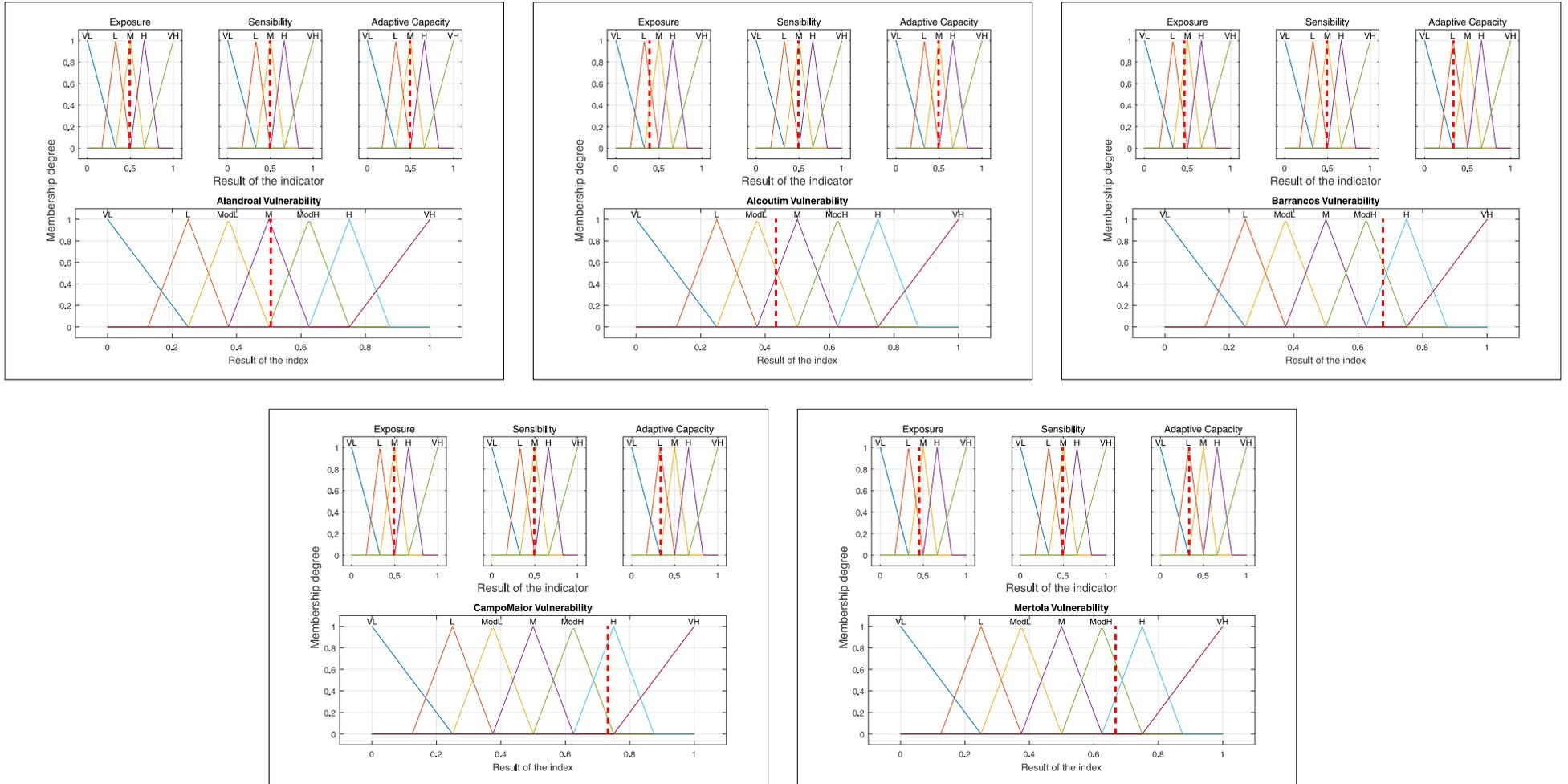
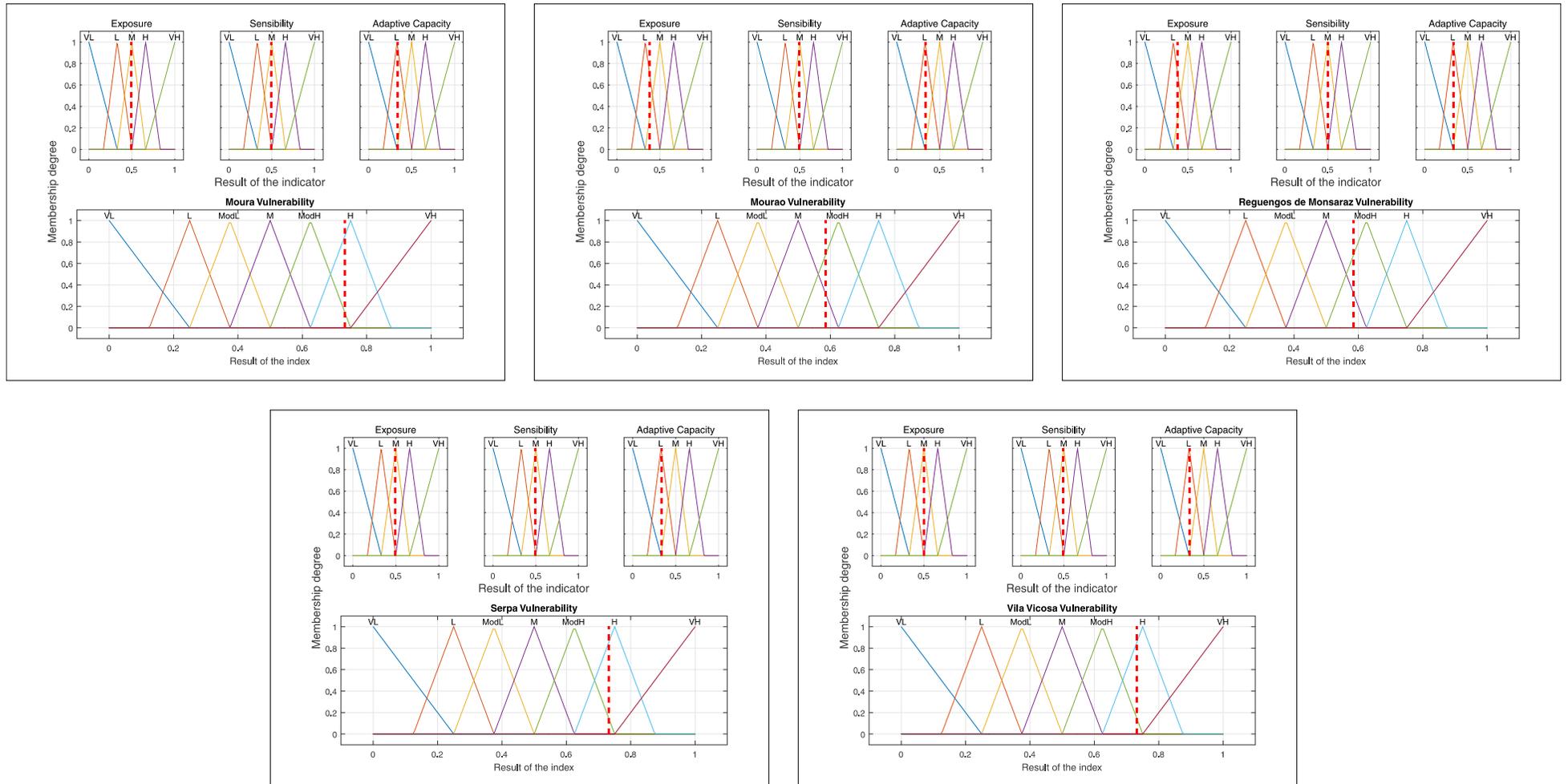


Figura 88 - Gráficos de Vulnerabilidade à seca para o ano 2004 dos municípios: Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa



5.8 Validação dos resultados obtidos

Conforme citado no Capítulo “4 MATERIAIS E MÉTODOS”, após a aplicação de indicadores e obtenção dos resultados, tornou-se necessário à validação desses resultados, baseando-se nas orientações dadas pela literatura (GOMES, 2001; TÄNZLER et al. 2008; FEKETE, 2009; MENDES, MAIA; VIVAS, 2011; COSTA, 2012).

Seguindo essas orientações, foram realizadas pesquisas bibliográficas que versavam sobre os danos e períodos de seca em: trabalhos acadêmicos, banco de dados sobre desastres, notícias divulgadas na mídia impressa e ferramentas de pesquisa na web.

Tendo em vista a falta de dados disponíveis em nível municipal³⁹, optou-se por analisar as regiões semiáridas de uma forma abrangente, pois muitas das medidas tomadas para reduzir a vulnerabilidade, são tomadas em âmbito nacional (Portugal) ou em âmbito regional (Brasil).

Os resultados encontrados por diversos mecanismos de pesquisa serão expostos abaixo e, a priori pode-se antecipar que os dados em cada “ferramenta” abrangeram os seguintes períodos:

- Registros de ocorrência de secas relatadas em artigos científicos (1970-2018);
- Registros contidos no EM-DAT (1970-2018);
- Termos pesquisados no Google Trends (2004-2018);
- Palavras-chave pesquisadas no acervo do jornal “Folha de São Paulo” (1970-2018)⁴⁰.

5.8.1 Dados em artigos e livros científicos

A agregação dos dados de ocorrência de secas nas regiões semiárida portuguesa e brasileira, contidos nos trabalhos científicos já foi exposta neste trabalho nos Quadro 1 e Quadro 2, nas páginas 59 e 60, respectivamente. Além de representar a ocorrência de fenômenos de seca no decorrer dos anos, os quadros também serviram como base de análise e pesquisa dos relatos sobre os eventos e seus impactos sobre a sociedade em cada época.

Brasil

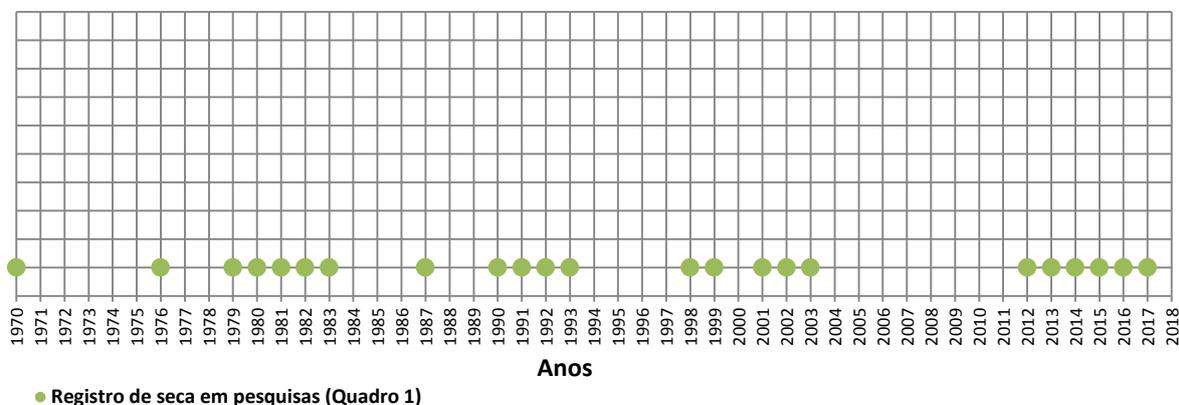
Para o Brasil, foram utilizados os dados contidos nos trabalhos de Gomes (2001), Correia et al. (2011), Girão (2012), Paraíba (2018a) e UFSC (2015), que compreendem registros que datam de 1552 a 2018.

³⁹ Ao se tentar pesquisar em níveis municipais, os resultados foram insatisfatórios ou insuficientes.

⁴⁰ Para Portugal não foi encontrado nenhuma acervo parecido com o apresentado pelo jornal “Folha de São Paulo”, isso inviabilizou a comparação entre os países, nesse contexto.

Optou-se então por agregar os dados contidos no Quadro 1 da página 59 em uma figura que mostra o registro de ocorrência ou não de seca no período que compreende os anos de 1970 a 2018 na região semiárida brasileira (Figura 89):

Figura 89 - Anos de secas na região semiárida brasileira, segundo registros em pesquisas científicas



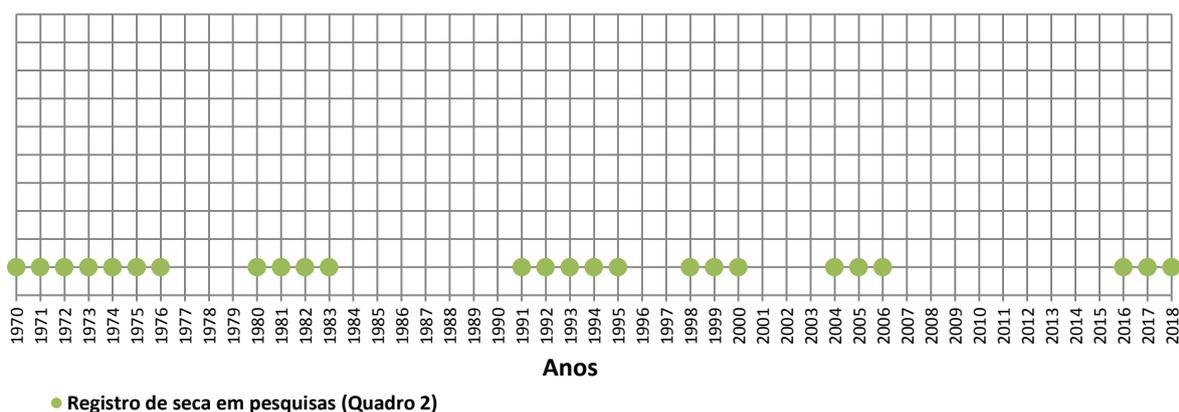
A partir da análise da figura nota-se em todas as décadas há registros de seca em anos contíguos, como, por exemplos, os anos de 1979 a 1983 e 1990 a 1993 e a ocorrência de seca em anos isolados, a exemplo dos anos de 1970, 1976 e 1987. No total foram encontrados 23 anos com registros de seca em um período de 48 anos, podendo-se verificar que em média a cada dois anos há um registro de seca na região semiárida brasileira.

Portugal

Para a região semiárida de Portugal foram utilizados os dados contidos nos trabalhos de Pires, Silva, e Mendes (2010); Loureiro (2003); e IPMA, (2018). Os quais compreendem registros que datam de 1376 a 2018.

Optou-se por esquematizar os dados contidos nos Quadro 2 da página 60 em uma figura que mostra o registro de ocorrência ou não de seca no período que compreende os anos de 1970 a 2018:

Figura 90 - Anos de secas na região semiárida portuguesa, segundo registros em pesquisas científicas



A exemplo do que ocorreu com os dados de registros de seca na região semiárida brasileira, os dados encontrados para Portugal também apresentam uma contiguidade até maiores do que os dados brasileiros, como os anos de 1970-1976. No total foram registrados 25 anos de seca em 48 anos de registros, apresentando uma média parecida com os dados encontrados para o Brasil.

5.8.2 EM-DAT

A EM-DAT consiste em uma base internacional de dados sobre desastres, mantida pelo Centro de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres (*Centre for Research on the Epidemiology of Disasters - CRED*), localizado na *Université Catholique de Louvain* (UCLouvain) em Bruxelas na Bélgica. O banco de dados conta com registro de mais de 18.000 desastres ocorridos em todo o mundo desde 1900.

Para a inserção de um dado fenômeno como desastre é necessário considerar pelo menos um dos seguintes “requisitos”:

- 10 ou mais pessoas são dadas como vítimas mortais;
- 100 ou mais pessoas são registadas como afetadas;
- Se na época foi emitida uma declaração de estado de emergência;
- Se na época foi feito um pedido de ajuda internacional.

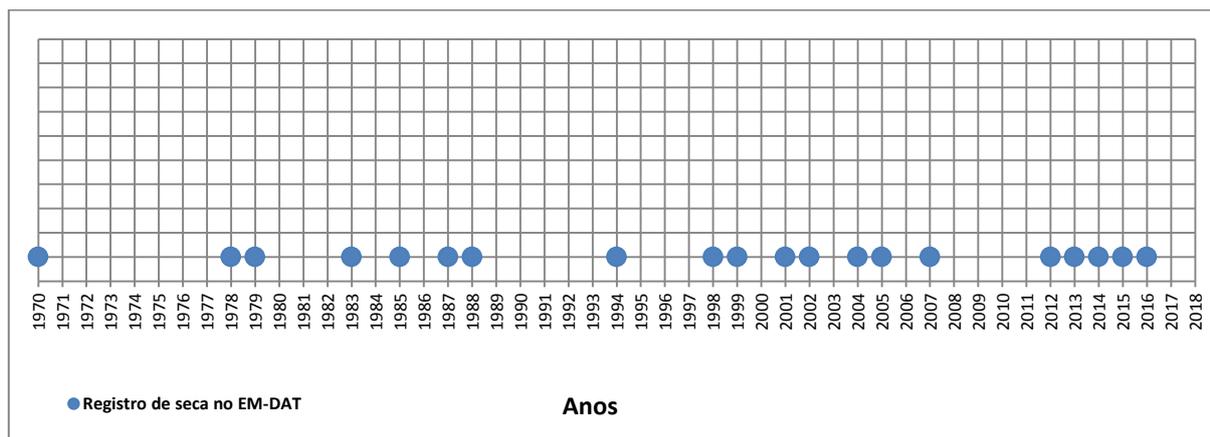
As inserções de eventos normalmente são sugeridas por agências governamentais e não governamentais, agências de notícias e por companhias de seguros. Além disso, são regularmente organizadas reuniões, workshops e conferências com vários *stakeholders*, no sentido de melhorar a metodologia de recolha e tratamento de dados de desastres.

A EM-DAT constitui a fonte oficial de dados estatísticos no nível de desastres da *United Nations International Strategy for Disaster Reduction* (UNISDR). Todos os anos o CRED e a UNISDR organizam uma conferência de imprensa, a fim de revelar os números oficiais relacionados com os desastres do ano anterior e os respectivos impactos.

Brasil

Semelhante ao que foi feito para os dados de registros de secas em pesquisas científicas, optou-se por expor os dados de registro de seca no EM-DAT no período que compreende os anos de 1970 a 2018 em uma figura:

Figura 91 - Anos de secas na região semiárida brasileira, segundo o EM-DAT



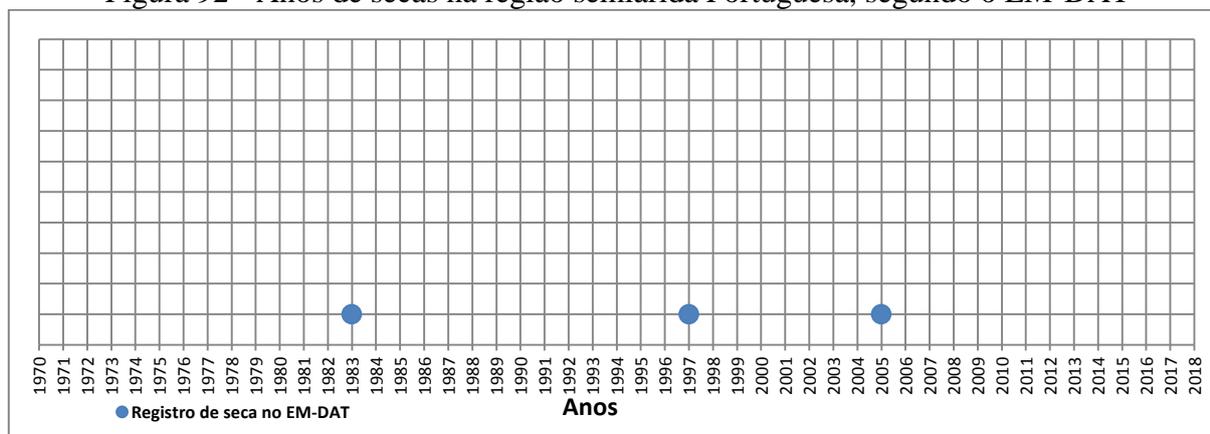
Tendo em vista que os critérios adotados pelo EM-DAT serem mais rigorosos, os anos com registros de seca na região semiárida brasileira foram reduzidos a 20 registros.

Um fato a ser considerado é que ao se comparar a Figura 89 e a Figura 91, entende-se que a maioria dos registros de secas ocorridas no Brasil em artigos científicos, também foram quantificados no EM-DAT. Isso mostra que a severidade ou a vulnerabilidade da população a esses eventos fez com que esses eventos se enquadrassem nos parâmetros da base de dados.

Portugal

Os dados de ocorrência de seca em Portugal, no período que compreende os anos de 1970 a 2018, no EM-DAT, encontram-se expostos na Figura 92:

Figura 92 - Anos de secas na região semiárida Portuguesa, segundo o EM-DAT



Ao se comprar a Figura 90 e a Figura 92, pode-se observar que o número de registros de secas no EM-DAT caem drasticamente em relação aos registros de seca em pesquisas científicas.

Acredita-se que isso se deva aos critérios utilizados pelo EM-DAT. Infere-se portanto que as secas em Portugal tenham sido menos severas ou atingiram menos pessoas, tendo em vista que os registros foram reduzidos de 25 (em *papers*) para o número de três registros no EM-DAT.

5.8.3 Google Trends

A empresa Google, é uma grande fonte de dados, visto que hoje se configura como uma das principais plataformas de pesquisa do mundo. Por esse motivo, a Google lançou uma ferramenta que tem o intuito de mostrar o interesse das pessoas por um determinado tema durante um período de tempo, em uma determinada região.

Conhecida como Google Trends, essa ferramenta possui dados de todo o mundo sobre os mais diversos assuntos pesquisados desde 2004 até os dias atuais. Nesta é possível se realizar diferentes análises sobre diversos temas. Por exemplo, é possível realizar uma análise sobre um tema pesquisado em um referido ano, ou período de anos ou até mesmo referente às últimas horas.

Devido à grande complexidade dos dados coletados, a Google buscou criar uma forma de normalizar seus dados, para que fosse possível uma comparação entre períodos de tempo ou até mesmo temas diferentes, nos quais os dados informados estivessem numa mesma escala.

Essa normalização é necessária, pois, não seria correto afirmar que um termo foi mais pesquisado em um determinado local do que em outro devido às diversas variáveis que influenciam. Como por exemplo, ao comparar os dados referentes a uma cidade com mais de 100.000 habitantes e em outra com menos de 10.000 habitantes, claramente a cidade com maior quantidade de habitantes teria um maior volume de buscas em relação a um termo de pesquisa. Entretanto, isso não necessariamente significa que esse termo é realmente relevante naquela região.

Por isso, a normalização criada pela Google torna os dados de diferentes regiões e períodos passíveis de comparação. Nessa normalização, a ferramenta cria uma escala onde relaciona a quantidade de pesquisas de um determinado termo, com a quantidade de pesquisas total durante um período de tempo ou em uma região. Além disso, essa escala é compreendida entre 0 e 100, onde 100 significa o interesse máximo de um determinado tema no período ou região pesquisado, e 0 o interesse mínimo.

Por esse motivo, muitas vezes ao se comparar dois termos que já foram analisados de formas separadas, há disparidade nos resultados, pois em uma comparação entre termos são levados em consideração qual foi o mais procurado, o qual será considerado como valor máximo da escala (100), o que fará com que o outro termo utilizado na comparação tenha valores de interesses inferiores a 100, naquele determinado ponto da comparação.

Outro fator importante é que quando a quantidade de informações é muito pequena, a ferramenta informa que não há dados suficientes para se realizar uma comparação.

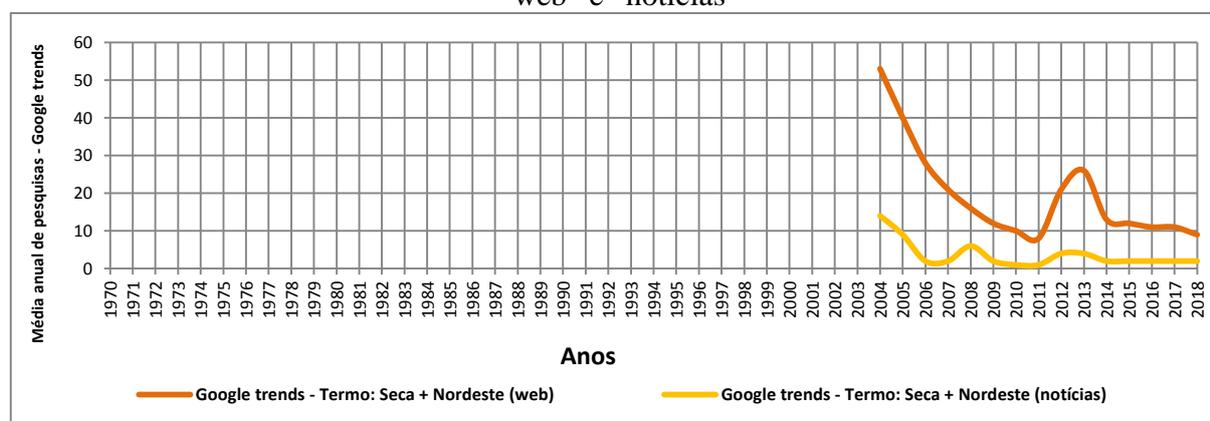
Ao se pesquisar palavras-chave relacionadas com eventos climáticos como a seca, pode-se inferir que o interesse pelo o tema tende a aumentar em função do número de afetados e dos danos causados.

Ao se inserir as “palavras-chave”, a ferramenta exhibe as opções de pesquisar o termo por abrangência geográfica, por período de tempo e por diversas categorias, entre estas os termos que foram pesquisados na *Web* e em pesquisas em Notícias.

Brasil

Por meio da utilização da ferramenta Google Trends, foram feitas pesquisas das palavras chave “SECA + NORDESTE”⁴¹, nas categorias “Web” e “Notícias”, ambas com a abrangência espacial restrita ao Brasil, foram obtidos os seguintes resultados:

Figura 93 - Média anual de pesquisas, no Brasil, que continham os termos “Seca + Nordeste”, em “web” e “notícias”



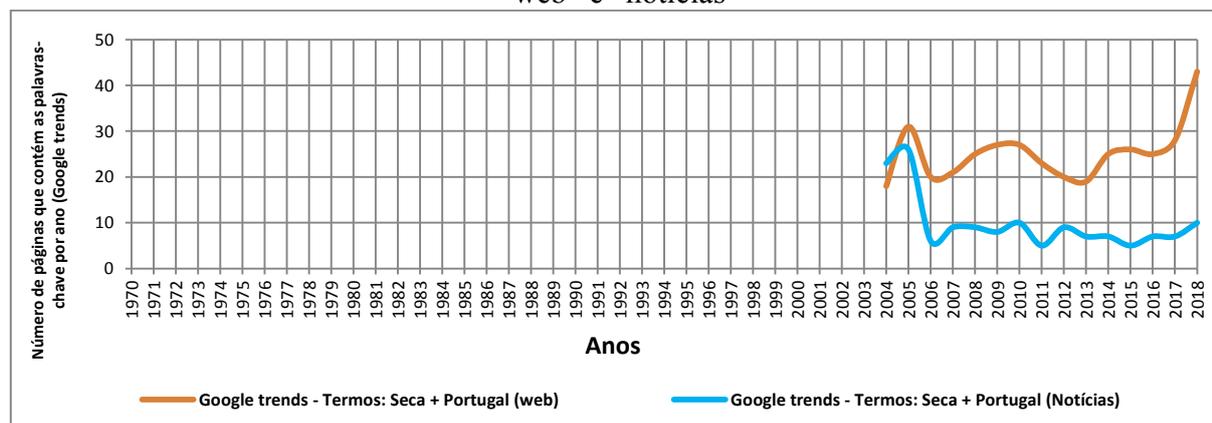
A partir da Figura 93, pode-se observar que as pesquisas relacionadas com as palavras-chave no ano de 2004 eram relativamente altas, fator esse que pode ser explicado pelos anos de seca 2004-2005 (registrados tanto em pesquisas científicas como no EM-DAT). Após esses anos os termos pesquisados tenderam a cair voltando a crescer em 2012-2013 (anos de seca segundo o EM-DAT).

⁴¹ Em um primeiro momento tentou-se utilizar também as palavras-chave “estiagem + Nordeste”, porém a ferramenta informou que os dados eram insuficientes para a exibição de resultados.

Portugal

Por meio da utilização da ferramenta Google Trends, foram feitas pesquisas das palavras chaves “SECA + PORTUGAL”⁴², nas categorias “Web” e “Notícias”, ambas com a abrangência espacial restrita a Portugal. Foram obtidos os seguintes resultados:

Figura 94 - Média anual de pesquisas, no Brasil, que continham os termos “Seca + Nordeste”, em “web” e “notícias”



Parecido com o que ocorreu no Brasil, as pesquisas que utilizavam como palavras-chave “Seca + Portugal” foram elevadas em 2004 e 2005 (anos de seca segundo os artigos acadêmicos e o EM-DAT). Após isso tenderam a cair, só voltando a crescer em 2017 e 2018 (anos de seca segundo os trabalhos acadêmicos). Nota-se ainda que em 2018 o interesse pelos termos procurados superaram até os interesse nos anos de 2004 e 2005.

5.8.4 Acervo do jornal “Folha de São Paulo”

Acredita-se que concomitante ao aumento do interesse da população sobre o evento da seca, em anos críticos, os meios de comunicação também tendem a publicar mais notícias sobre o evento. Partindo deste pressuposto e objetivando analisar os fatos sociais, buscou-se encontrar em ambos os países, *sites* de notícias ou acervos de jornais que viabilizassem esse estudo.

Em Portugal não foi encontrado nenhum jornal que possuísse um acervo que possibilitasse essa quantificação. Neste contexto, isso inviabilizou a comparação entre os países.

Já para o Brasil foram encontrados dois jornais que mantinham um acervo histórico de suas publicações: jornal “O Globo” e o jornal “Folha de São Paulo”, cuja disponibilização é de forma gratuita e on-line.

⁴² Ao se inserir termos como Seca + “Guadiana”, “Algarve” e “Alentejo”, o resultados não foram suficientemente significantes, então optou-se por utilizar “Portugal”, por a região da Bacia Hidrográfica do rio Guadiana representar a maior e mais significativa área semiárida de Portugal.

Apesar do jornal “O Globo” possuir um acervo maior⁴³ do que o jornal “Folha de São Paulo”, sua ferramenta de busca se mostrou menos eficaz do que a deste último, tendo em vista que a ferramenta gera o resultado quantitativo. Mas, ao se tentar acessar o conteúdo é necessário pagar uma assinatura. Tendo em vista as dificuldades encontradas, optou-se por utilizar como fonte principal o acervo do jornal “Folha de São Paulo”.

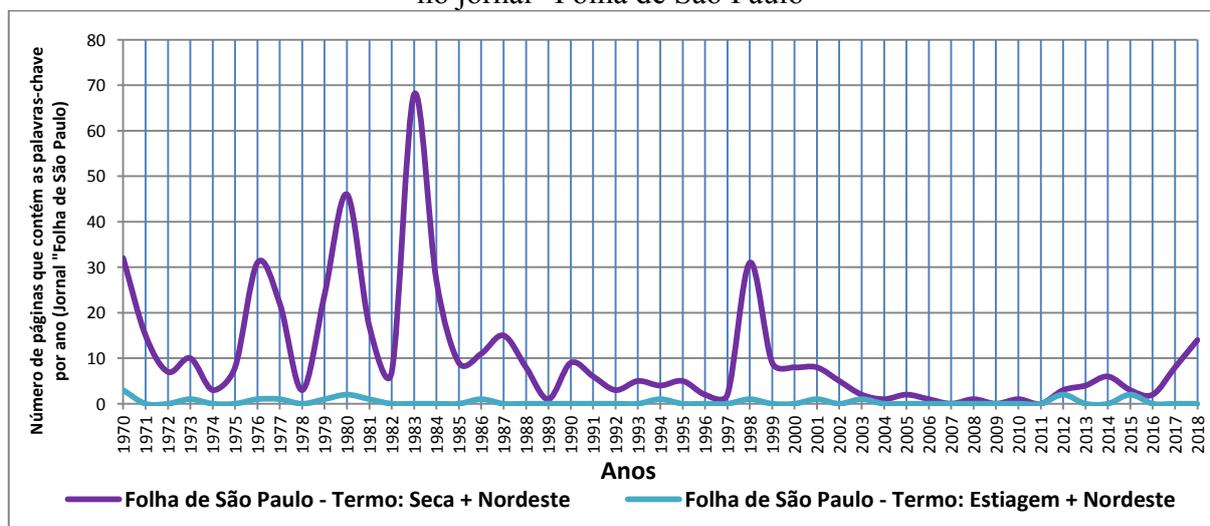
Segundo informações do seu próprio *site*, o acervo do jornal “Folha de São Paulo” é uma versão digital de todas as páginas e matérias do jornal “Folha de São Paulo” desde sua primeira edição, em 1º de janeiro de 1960. As páginas digitalizadas encontram-se organizadas por edição e podem ser acessadas de várias formas: pela data exata, usando a ferramenta de busca por edição; pela pesquisa por palavras-chave ou frases.

O resultado da busca para uma palavra-chave exibe a quantidade de ocorrências dos termos pesquisados que, além de propiciar a possibilidade de dividi-los em séries temporais, décadas, anos, meses, dias, cadernos e páginas. Uma vez selecionado o resultado, abre-se uma nova tela com a página da edição escolhida.

Essa ferramenta propicia a análise de como e com que frequência a grande mídia relatava a ocorrência das secas na região semiárida brasileira desde 1960. Infere-se que quanto maior a seca e seus males, maior foi a divulgação por um jornal de circulação nacional, como é o jornal “Folha de São Paulo”.

Por meio da utilização da ferramenta de pesquisa do acervo, utilizando as palavras-chave “SECA + NORDESTE” e “ESTIAGEM + NORDESTE”, foram obtidos os resultados apresentados na Figura 95:

Figura 95 - Número de páginas que continham os termos “seca + nordeste” e “estiagem + nordeste” no jornal “Folha de São Paulo”



⁴³ O acervo do jornal “O Globo” possui arquivos digitalizados que datam de 1925 até os dias atuais.

Ao analisar a Figura 95, nota-se que, principalmente, os termos “Seca + Nordeste” tiveram grandes variações entre os anos e que as maiores incidências de páginas coincidem justamente com anos mais severos de seca.

Após a análise dos resultados obtidos por cada ferramenta, optou-se por sobrepor todos eles em uma só figura para cada país (Figura 96 e Figura 97).

Ao se comparar os dados de diversas fontes, apresentados na Figura 96 e Figura 76. É possível a verificação, a cada ano, da evolução ou regresso da repercussão dos efeitos da seca e em quais anos a população foi mais afetada pelo evento da seca.

Na Figura 96, observa-se que as secas dos anos incluídos nas décadas de 1970 e 1980 apresentaram grande número de páginas com as palavras-chave “Seca + Nordeste”, principalmente, e que o ano de 1998, apresentou valores similares ao ano de 1976. Nota-se também que após a seca de 1998 os valores se mantiveram constante nos anos de 1999, 2000 e 2001. Os números só voltaram a crescer nos anos de seca mais recente (2012 a 2017). Porém cresceram em uma proporção bem menor do que ocorria nas décadas passadas.

Nota-se ainda que mesmo com o grande período de seca recente registrados pelas pesquisas científicas e pelo EM-DAT (2012-2017), a ocorrência das palavras-chave no Jornal Folha de São Paulo e as pesquisas pelo termo no Google Trends, não foram tão elevadas quanto em períodos passados. Isso pode retratar duas situações: a mídia não deu a atenção devida ao evento da seca nos últimos anos ou a vulnerabilidade da população à seca se tornou menor. Com as melhorias das condições de vida e com o advento dos programas assistencialistas às comunidades mais pobres.

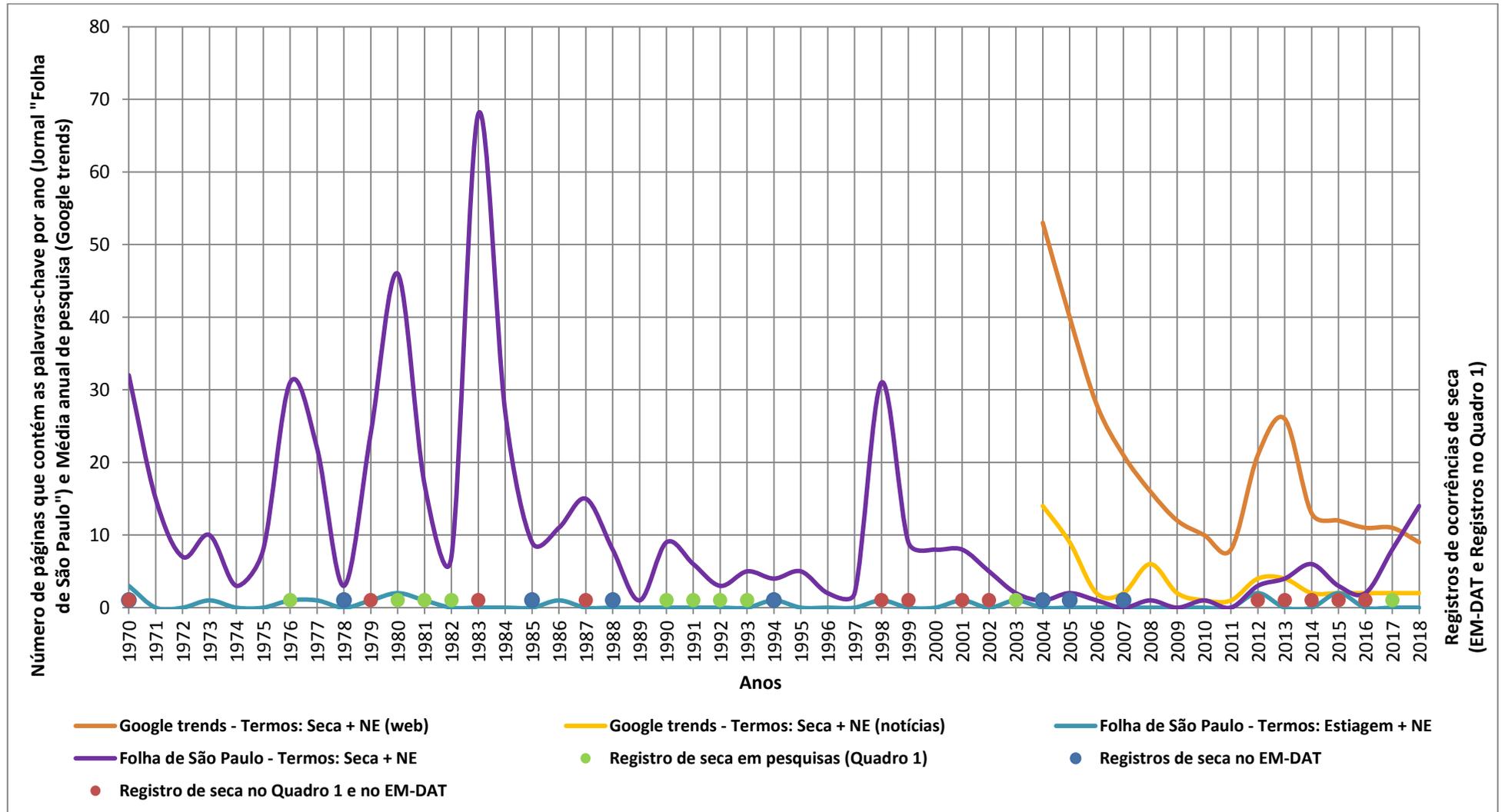
Em um comparativo entre os dois anos estudados no Brasil, há de se considerar as melhorias ocorridas no semiárido desde o ano de 2000 aos dias atuais. Como exemplo, pode-se citar avanços nos programas assistencialistas aos habitantes tanto rurais quanto urbanos, fato esse que fez com que a vulnerabilidade da população do semiárido fosse reduzida consideravelmente. Acredita-se que se os mesmos indicadores forem aplicados no futuro (utilizando os dados do Censo de 2020) a vulnerabilidade será ainda menor do que os resultados apresentados para o ano de 2010.

Essas afirmações são baseadas principalmente na Figura 96 e no desaparecimento da principal ação governamental emergencial em épocas de seca, presente até a seca de 1999, as chamadas “Frentes de Emergência” ou “Frentes de Trabalho” da seca⁴⁴.

Por meio dessa análise, acredita-se que os resultados obtidos pelo índice de vulnerabilidade à seca para a região semiárida brasileira refletiu os aspectos reais das mudanças ocorridas entre os anos de 2000 e 2010 na região semiárida brasileira.

⁴⁴ Esse tema será abordado com mais profundidade no próximo subitem.

Figura 96 - Sobreposição dos dados referentes a ocorrências de secas registradas em pesquisas científicas, no EM-DAT e dos termos pesquisados no Google Trends e no jornal Folha de São Paulo

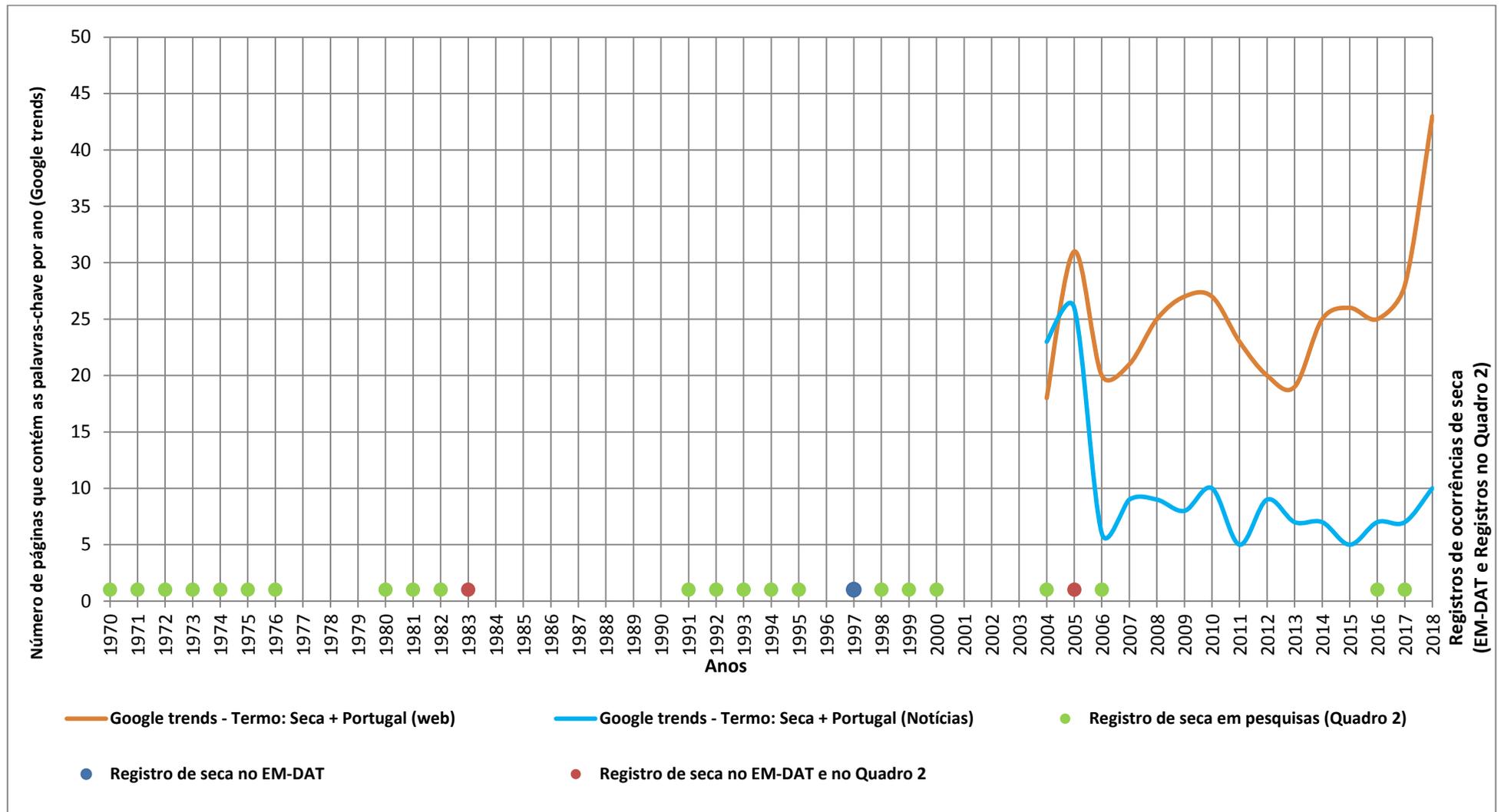


Para Portugal, os dados das fontes consultadas foram apresentados na Figura 76, onde se observa que os anos de 2004 (início da série histórica do Google Trends) e 2005 apresentaram uma média elevada de pesquisas das palavras-chave (Seca + Portugal, tanto em “notícias” como na “web”) e que o ano de 2006, os valores passaram a cair. As médias elevadas coincidem com a seca registrada pelas pesquisas científicas e pelo EM-DAT. Nota-se ainda que a partir dos anos de 2016, 2017 e 2018 o interesse pelo tema voltou a aumentar, tendo em vista que Portugal passou a enfrentar uma nova seca nesses anos.

Apesar dos dados coletados apresentarem uma correlação com os efeitos sobre a população atingida, não foi possível validar as mudanças ocorridas na vulnerabilidade, sendo o registro do EM-DAT o único parâmetro de comparação entre as vulnerabilidades analisadas nos anos de 2000, 2004 e 2010. Tendo em vista que nesses anos o EM-DAT registrou uma seca em 2004. Pode-se inferir que pelos seus critérios de inserção que a seca de 2004 foi mais gravosa e atingiu mais pessoas do que as ocorridas em 2000, que não foram inseridas em seus registros.

Devido à ausência de dados jornalísticos, considera-se que o método utilizado foi insuficiente para a validação das alterações da vulnerabilidade. Aconselha-se que para pesquisas futuras, caso não seja encontrado um banco de dados de notícias jornalísticas, poder-se-á utilizar-se de algum banco de dados governamental que descreva os gastos públicos e de seguros, como forma de quantificar os problemas gerados pela seca e por consequência a vulnerabilidade da população naquele determinado momento.

Figura 97 - Sobreposição dos dados referentes das ocorrências de secas registradas em pesquisas científicas e no EM-DAT e dos termos pesquisados no Google Trends



5.9 Comparativo entre os anos estudados, uma breve reflexão sobre avanços e regressos de uma década

5.9.1 Brasil

Para o Brasil, o comparativo entre os resultados obtidos nos anos de 2000 e 2010 trazem consigo diversos fatores que, de certa forma influenciaram para a redução da vulnerabilidade às secas na região semiárida.

Notou-se que a exposição dos municípios, em regra, tendeu a diminuir tendo em vista que uma parcela da população passou a adquirir renda, por meios diversos da agricultura e pecuária e que a parte da população restante passou a empregar técnicas e manejos mais adaptadas à região semiárida (ainda incipientes e experimentais).

Em relação à redução da sensibilidade à seca, a região semiárida brasileira obteve grandes avanços nas últimas décadas devido a diversos programas de fixação do homem no campo, a exemplo dos programas: P1MC, P1+2, Cisternas nas Escolas, Sementes no Semiárido e a operação Carro-Pipa. Além do beneficiamento de milhares de pessoas pela execução do Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco (até o momento não totalmente finalizado), fazendo como que várias cidades saíssem do colapso hídrico e permitindo a irrigação de diversas áreas agricultáveis.

Acredita-se que o maior avanço ocorrido nas últimas décadas, encontra-se relacionado a características de Capacidade Adaptativa da população residente no semiárido. Isso pode ser confirmado pelos resultados encontrados e pelos dados apresentados no subitem anterior.

Os baixos resultados de Capacidade Adaptativa do ano de 2000 podem ser explicados por diversos fatores, que à época, ainda era deficitária ou se encontravam em fases iniciais. Pode-se tomar como exemplo, os programas de transferência de renda: Programa Nacional de Renda Mínima vinculada à Educação – o “Bolsa Escola” (criado em 2001); o Cadastramento Único do Governo Federal (criado em 2001); o Programa Nacional de Renda Mínima vinculada à Saúde – o “Bolsa Alimentação” (criado em 2001); o Programa Auxílio-Gás (criado em 2002); e o Programa Nacional de Acesso à Alimentação – o “Fome Zero” (criado 2003).

Com o advento de todos esses programas de transferência de renda e a sua posterior unificação em 2003 (tornando-se o Programa Bolsa Família), a população que mais sofria com a seca, parcela da população considerada miserável, passou a ter o mínimo existencial, independente das condições climáticas e de produção.

Acredita-se que não seja por acaso que após a implantação desses programas, as secas ocorridas no século XXI não tenham gerado tantos danos humanos como as secas de outrora, que ocasionavam mortes humanas, miséria extrema e saques.

Outro parâmetro que pode ser utilizado para justificar essa melhoria é o desaparecimento das chamadas “Frentes de Emergência”.

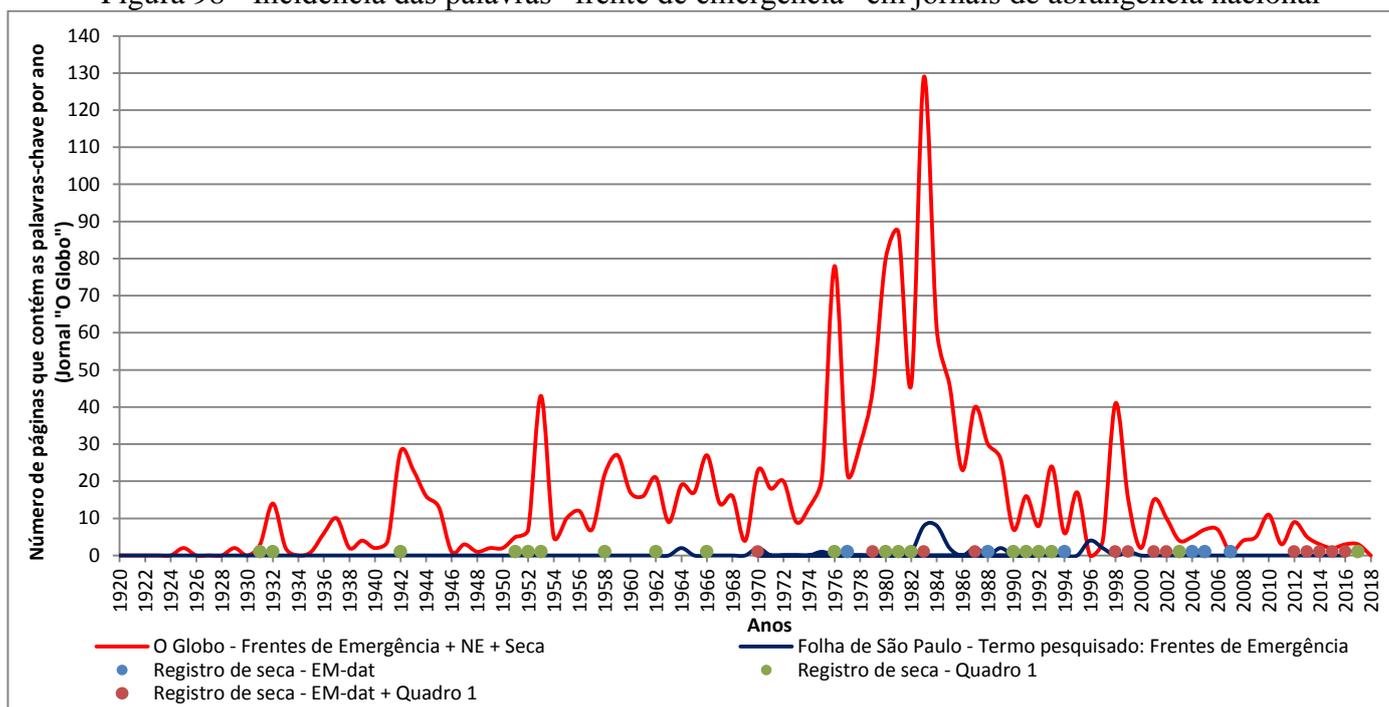
As “Frentes de Emergência” consistiam na “contratação”, por parte do governo, das pessoas alistadas (cadastradas), normalmente em extrema pobreza, que tinham sua mão de obra utilizada em diversas obras públicas, como construção e pavimentação de estradas, na construção e limpeza de reservatórios secos, entre outros. Era uma forma de transferência de renda emergencial em troca de serviços prestados ao interesse público. As “Frentes” eram instituídas pelo governo em épocas de seca e atendiam, principalmente as pessoas mais afetadas pelas suas intempéries.

Desde o surgimento dos programas de transferência de renda continuada (2001), já ocorreram 12 anos de secas, segundo o EM-DAT e as pesquisas científicas, e não houve a necessidade de criação de uma frente de emergência.

Seguindo o exemplo do que foi feito na validação dos resultados, buscou-se nos jornais “O Globo” e “Folha de São Paulo” a ocorrência das palavras-chave: “Frente+de+Emergência” Os resultados encontram-se expressos na

Figura 98.

Figura 98 - Incidência das palavras “frente de emergência” em jornais de abrangência nacional



Nota-se que, a incidência das palavras pesquisadas era elevada até o ano de 2001 (ano de criação dos programas de assistência social) e tendeu a cair ou desaparecer nos anos posteriores à implantação dos programas.

Todos os fatores expostos fizeram com que a maioria dos municípios reduzisse suas vulnerabilidades à seca (em seus três indicadores), em um período de 10 anos (2000-2010)⁴⁵. Porém muito ainda tem que avançar, principalmente na adoção de meios produtivos adaptados às especificidades da região semiárida brasileira.

Um viés “negativo” desse assistencialismo hoje é discutido em vários trabalhos. Recebe o nome de “Economia sem produção”, que basicamente consiste em programas de transferência de renda sem a devida produção de um bem ou serviço.

Sobre essa temática, autores como Gomes (2001), Araújo e Lima (2009) e Lima e Gatto (2014) trataram dos avanços e regressos das políticas públicas de transferência de renda e combate a pobreza no Brasil em seus diversos aspectos e distribuição espacial.

Esses trabalhos se dedicaram especialmente aos reflexos e resultados desses programas na região semiárida brasileira e suas influências na economia regional e local (principalmente nos municípios de pequeno e médio porte).

Nessas localidades foram evidenciados que as principais fontes de renda adivinham dos salários dos funcionários públicos, das aposentadorias (urbanas e principalmente rurais), dos Benefícios de Prestação Continuada da Assistência Social (BPC e RMV) e dos benefícios pagos pelo Programa Bolsa Família. Apesar de a maioria desses valores isoladamente não representar uma grande quantia monetária, hoje são parte do sustentáculo da economia na região semiárida brasileira, principalmente nos municípios de pequeno e médio porte.

Acredita-se que em um primeiro momento (início dos anos 2000) os programas de transferência de renda foram primordiais para a minimização da pobreza extrema na região semiárida. Porém, buscando uma evolução e um real desenvolvimento para a região semiárida brasileira, torna-se importante realçar que após a superação da maioria da pobreza extrema (em meio aos quase 20 anos desses programas), se faz necessário um aprimoramento gradual desses programas, no sentido de incentivar e subsidiar outras propostas que priorizem a produção, ao invés de manter-se a estrutura não sustentável de um programa de transferência de renda “sem produção”.

Como bem exemplificado por Araújo e Lima (2009) parece mais vantajoso para o semiárido brasileiro receber mais incentivos à produção do que transferências de renda, que têm pouca capacidade de gerar desdobramentos sustentáveis de renda e emprego.

Algumas experiências podem gerar uma melhor expectativa para o real desenvolvimento na região semiárida brasileira, como obras de infraestrutura e integração de toda a região em si e com as outras regiões adjacentes, criação de polos produtivos e comerciais a exemplo dos polos de

⁴⁵ Acredita-se ainda que a vulnerabilidade no ano de 2020 ainda será menor, tendo em vista o maior incentivo a culturas e rebanhos adaptados para essas regiões, além da melhoria das condições de vida em praticamente todos os municípios estudados.

fruticultura do Vale do São Francisco (nos estados de Pernambuco e Bahia) e de Mossoró-Açu (Rio Grande do Norte), do polo de calçados de Sobral (Ceará), dos polos têxteis de Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe (todos em Pernambuco), dentre outros.

As análises realizadas neste estudo, por meio da comparação entre os municípios de Cabaceiras, Cajazeiras, Patos, Picuí, Princesa Izabel, Sousa e Sumé no semiárido brasileiro, permitiram evidenciar potencialmente alguns dos fatores que influenciam na vulnerabilidade à seca.

O Indicador de Exposição evidenciou quais são as áreas onde a seca se configura mais severa. Ou seja, onde há uma maior anomalia de chuva, fator que dificulta consideravelmente a prevenção e preparação para a seca e onde a relação entre a precipitação e evaporação potencial é mais desfavorável. Este indicador também teve por finalidade analisar qual a dimensão da população rural municipal e o quanto a economia local depende das atividades produtivas agropecuárias.

O Indicador de Sensibilidade analisou, principalmente, as infraestruturas hídricas presentes na região com a açudagem, poços, cisternas e manejos irrigados, peças fundamentais para a manutenção do homem nas regiões semiáridas.

O Indicador de Sensibilidade mostrou-se como uma ferramenta útil e de fácil aplicação para a análise das características inerentes à população e às atividades por elas praticadas frente à iminência da seca; de forma que se pode inferir por meio de seus resultados se aquele modo de produção é apropriado ou não para o clima semiárido e se estas práticas são adaptadas àquela região.

No que concerne aos Indicadores de Capacidade Adaptativa pode-se verificar que o município que possuir a maior e melhor infraestrutura e bens materiais, poderia, em tese, ser o menos atingido pelo evento da seca e o que sofreria menos com as suas intempéries. Porém, um fator importante que deve sempre ser levado em consideração é como essa renda encontra-se distribuída e como isso pode influenciar diretamente nas catástrofes sociais e na seca social.

5.9.2 Portugal

A maioria das dificuldades encontradas, para a efetiva finalização deste estudo, teve como palco o semiárido português. A exemplo pode-se citar que alguns dados utilizados não eram produzidos a nível municipal, como são produzidos no Brasil.

Após a superação desses pormenores, tentou-se a validação dos resultados obtidos, sendo essa extremamente dificultada pela ausência de um banco de dados jornalísticos de fácil acesso, consulta e quantificação. Acredita-se que uma das formas mais viáveis para se conseguir este objetivo, será em trabalhos futuros, a análise detalhada dos gastos com mitigação dos efeitos da seca nos diferentes anos.

Em Portugal, além da diminuição da disponibilidade de água em períodos de seca, esse problema traz consigo um agravante, o aumento da incidência dos incêndios que destroem florestas, campos e toda a vida que encontra e, em alguns casos, consegue atingir as cidades, causando maiores danos e até mesmo mortes humanas. Esse fator tentou ser analisado pelas áreas degradadas por fogos nos municípios, porém essa análise se caracterizou por ser algo ainda insipiente e que pode ser melhorado e melhor quantificado em estudos futuros.

Outro fator que pode influenciar negativamente na preparação para os eventos de seca é a menor incidência de secas severas (se comparado com o Brasil). Isso pode fazer com que o poder público não dê a devida atenção aos eventos climáticos em seu início, por pensar que será um evento menos severo, só sendo alertado de sua gravidade após o evento tomar grandes proporções.

Acredita-se que, se uma grande seca como a de 2004, ou mesmo a seca mais recente de 2016-2017, tivesse ocorrido nos anos 2009-2014, os danos poderiam ter sido alarmantes e talvez irremediáveis, tendo em vista a crise econômica em que Portugal se encontrava.

Por meio da análise dos resultados dos anos de 2000, 2004 e 2010, acredita-se que há um processo de evolução da diminuição das vulnerabilidades à seca na região semiárida da BHRG. Levando em consideração essas mudanças ocorridas nas últimas décadas, a Barragem do Alqueva teve grande influência em sua melhoria. Desde a sua inauguração em 2002, ela vem trazendo melhorias para toda a região, seja na utilização para a rega, seja para o abastecimento humano e animal, seja para a produção de energia elétrica, seja como meio de renda para os moradores locais com a pesca ou, seja para o desenvolvimento de renda com o turismo.

Apesar dos avanços obtidos em ambas as regiões semiáridas ainda existe um acentuado êxodo rural em ambos os países, porém mais ameno do que em tempos passados, acredita-se que com o incremento de infraestruturas e meios de produção resilientes as secas isso tenderá a diminuir mais efetivamente com o passar dos anos.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES



6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados evidenciaram que em ambas as regiões estudadas, o maior problema encontrado não foi a quantidade dos recursos hídricos, e sim a gestão desses recursos em períodos intranuais, tendo em vista a variabilidade das precipitações e da disponibilidade de água em curtos períodos de tempo.

Tanto na região semiárida brasileira como na região da bacia hidrográfica portuguesa do rio Guadiana, as secas extremas põem em destaque um problema menos agudo nos anos normais, mas sempre latente: uma organização social, econômica e tecnológica deficiente no que se refere à superação de intempéries causada pela seca.

Uma vez que a seca pode afetar diferentes tipos de usos d'água e, normalmente, abranger várias regiões ao mesmo tempo, há necessidade de fazer uma comparação global da gravidade dos impactos da seca em diferentes usuários, regiões, e/ou situações, com o intuito de melhor ajudar os gestores públicos e privados na seleção de medidas de mitigação apropriadas, para cada caso.

É pertinente destacar que o cenário da vulnerabilidade socioambiental às secas desses municípios, pode passar por mudanças se forem realizadas ações preventivas e que favoreçam a convivência com a seca, permitindo que os mesmos se tornem menos vulneráveis e que possam ter, assim, uma economia produtiva e resilientes a esse fenômeno natural tão recorrente e cíclico.

A metodologia utilizada neste trabalho, a lógica *fuzzy* mostrou-se uma ferramenta viável para análise e agregação dos indicadores escolhidos. Como vantagens pode-se destacar: (i) um modelo transparente, uma vez que todas as regras de inferência, delimitações dos conjuntos e áreas de intercepção são conhecidas pelo operador do sistema, diferente, por exemplo, dos modelos de redes neurais (tipo “caixa preta”); (ii) a inferência *fuzzy* e as delimitações agregam uma análise qualitativa aos dados quantitativos das variáveis, dando margem ao operador atribuir experiências passadas à análise. Ao mesmo tempo em que ao final da análise (defuzzificação) produz resultados qualitativos possíveis de comparação de diferentes regiões de estudo, tendo em vista que elas passaram pelo mesmo processo e foram submetidas aos mesmos grupos de regras.

Porém, pode-se citar também algumas dificuldades encontradas para aplicação do método. Diferente de um modelo estatístico ou de um modelo de simulação estocástica, os resultados gerados por um modelo de lógica *fuzzy* podem ser de difícil validação, pois são modelos que se baseiam em dados lógicos, que muitas vezes pode não haver um banco de dados observados que serviria de comparação. No caso específico da vulnerabilidade à seca, tentou-se comparar os dados obtidos para os anos de 2000, 2004 e 2010 com os danos causados pela seca (registros de secas e sua magnitude, divulgação pela mídia impressa e alterações de interesse da população sobre o

tema). Outra dificuldade foi a escolha da função de pertinência para o modelo *fuzzy*, tendo em vista que ainda não existe um padrão de normas para serem seguidas.

Para a obtenção da resposta adequada do modelo torna-se necessário, como entrada, um conhecimento básico do pesquisador sobre a área pesquisada e quais os panoramas e agentes sociais, econômicos e de gestão pública na região que se pretende estudar. Outro fato importante para a obtenção de resultados satisfatórios é a qualidade e refino dos dados a serem implantados no sistema de indicadores, tendo em vista que um dado mal dimensionado ou coletado de forma errônea pode causar prejuízos ao modelo.

Outra dificuldade notada no âmbito municipal foi o acesso a alguns dados, muitos deles de suma importância para realização de estudos técnicos científicos. Dentre estes, o mais difícil foi a aquisição de informações referentes às gestões anteriores e atual, seja pela má gestão desses dados ou por causa de divergências políticas, muito comuns em todo Brasil.

Em relação aos dados em nível dos concelhos de Portugal, notou-se que muitas informações fundamentais para este trabalho não foram disponibilizados facilmente nos *sites* da internet, dados como Índice de Desenvolvimento Humano, Índice de Inequidade (Gini), entre outros.

Torna-se importante aqui realçar o valoroso trabalho que a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A) e o Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) vêm desempenhando nas áreas de monitoramento e difusão de dados referentes a reservatórios e de pluviosidade no Brasil.

A partir dos resultados descritos, as informações podem ser consolidadas e integradas no sentido de auxiliar os tomadores de decisão de cada município para a elaboração de planos de maior efetividade para a convivência com o semiárido.

Para tanto, deve-se procurar utilizar meios produtivos adaptados à região e às estiagens prolongadas, gerando outras fontes de renda que não necessitem essencialmente da incidência contínua de precipitações pluviométricas, na tentativa de atenuar a vulnerabilidade da sociedade frente às secas, para que, caso elas surjam, os danos sejam os menores possíveis.

O planejamento do futuro dessas regiões requer uma série de medidas que permitam, por exemplo, identificar as áreas temáticas mais vulneráveis, organizar melhor o uso do solo, formular indicadores de vulnerabilidade à seca e, sobretudo, proporcionar meios às populações, tornando-as aptas a se auto proteger.

Os resultados deste estudo poderão ser utilizados como embasamento para melhor compreensão da seca nas regiões semiáridas estudadas, visto que o desmembramento dos indicadores em subindicadores e variáveis permite conhecer qual área temática encontra-se mais afetada. Além do mais, faz-se necessário não só perpassar as fronteiras disciplinares, mas, também,

as das atividades setoriais e, assim, definir as diretrizes e as principais ações para a mitigação e a prevenção do fenômeno.

Realça-se aqui a preocupação governamental “ainda tímida” para o incentivo e financiamento de pesquisas sobre as práticas agropecuárias adaptadas à seca, aliados à ausência de difusão dos avanços já obtidos nesta área e ao ineficiente apoio técnico-científico prestado aos produtores (principalmente os pequenos) da região semiárida brasileira como um todo.

Propõe-se como passos iniciais para que essas mudanças ocorram:

- Elaboração de estudos municipais mais aprofundados que versem sobre as vulnerabilidades à seca;
- Elaboração e execução de planos locais (municipais) de convivência com as estiagens, como capacitações técnicas, cursos e palestras;
- Incentivo ao cultivo de culturas agrícolas mais apropriadas as regiões secas e fomento a criação de animais que suportem as longas estiagens que a região enfrenta, entre outros;
- Incentivos governamentais para a criação de polos produtivos, industriais e comerciais, buscando um desenvolvimento regional, não tão dependentes da agropecuária tradicional.

Apesar de algumas dificuldades encontradas o presente estudo conseguiu representar (para os anos estudados) as especificidades das regiões semiáridas brasileira e portuguesa e seus aspectos de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa, frente a ameaça recorrente da seca. O trabalho evidenciou a importância de analisar esses temas e comprovou a hipótese levantada que “os danos causados pelas ameaças climatológicas extremas, tais como as secas não estão relacionadas única e exclusivamente aos fatores climatológicos em si, mas principalmente relacionados às vulnerabilidades socioambientais em que a população residente encontra-se inserida” é verdadeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ACOSTA, V. C. **Historia y desastres en América Latina**. Colômbia: [s.n.], v. 1, 1996.
- AESA. Monitoramento mensal dos volumes dos açudes (Tabelas e Gráficos). **Agencia Executiva de gestão de Águas do Estado da Paraíba**, 2017. Disponível em: <http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/jsp/monitoramento/volumes_acudes/indexVolumesAcudes.jsp>. Acesso em: 15 Janeiro 2017.
- AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE. **Plano de Gestão de Região Hidrográfica do Rio Guadiana (RH7) 2016/2021**. [S.l.]: [s.n.], 2016.
- AISSE, M. M.; BOLLMANN, H. A.; GARCIAS, C. M. **Sustentabilidade Urbana e Gestão das Águas**. PPGTU – Seminário Internacional em Gestão Urbana. [S.l.]: Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana - PPGTU. 2003.
- ALCAMO, J. et al. A new approach to quantifying and comparing vulnerability to drought. **Regional Environmental Change**, v. 8, p. 137–149, September 2008.
- ALCÂNTARA, V. D. S. D.; STRAUCH, J. C. M.; AJARA, C. **Vulnerabilidade socioambiental da Macrorregião da Costa Verde**. Anais do XVIII Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP. Águas de Lindóia: [s.n.]. 2012.
- ALCÂNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, v. 47, p. 107–124, 2002.
- ALLEN, R. G. et al. **An update for the calculation of reference evapotranspiration. ICID Bulletin**. 2. ed. [S.l.]: [s.n.], v. 43, 1994.
- ANTWI-AGYEI, P. et al. Mapping the vulnerability of crop production to drought in Ghana using rainfall, yield and socioeconomic data. **Applied Geography**, v. 32, March 2012.
- ARAÚJO, L. A. D.; LIMA, J. P. R. Transferências de renda e empregos públicos na economia sem produção do semiárido nordestino. **Planejamento e Políticas Públicas**, v. 33, p. 45-78, jul/dez 2009.
- ARH-ALENTEJO. **Avaliação Ambiental Estratégica do Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas integradas na Região Hidrográfica do Guadiana (RH7) - (Relatório Ambiental)**. [S.l.]: ARH do Alentejo – Administração da Região Hidrográfica do Alentejo, I.P., 2012.
- ASSIBGE. Associação dos Servidores do IBGE - Sindicato Nacional. **ASSIBGE-SN**, 2018. Disponível em: <<https://assibge.org.br/wp-content/uploads/2018/11/Esclarecimentos-sobre-a-taxa-de-desemprego-calculada-pelo-IBGE.pdf>>. Acesso em: 15 Janeiro 2019.
- AUTORIDADE NACIONAL DE PROTEÇÃO CIVIL. Secas. **ProCiv**, 2017. Disponível em: <<http://www.prociv.pt/pt-pt/RISCOSPREV/RISCOSNAT/SECAS/Paginas/default.aspx#/collapse-0>>. Acesso em: 29 Junho 2017.

- AYSAN, Y. F. AYSAN, Y.F. In: MERRIMAN, P.; BROWITT, C. **Natural disasters: protecting vulnerable communities.** [S.l.]: [s.n.], 1993. p. 1-14.
- BABAEI, H.; ARAGHINEJAD, S.; HOORFAR, A. . Developing a new method for spatial assessment of drought vulnerability (case study: Zayandeh-Rood river basin in Iran). **Water and Environment Journal**, n. DOI: 10.1111/j.1747-6593.2012.00326., p. 50-57, 2013.
- BARRANCOS. **Diagnóstico Social de Barrancos.** 2º. ed. BARRANCOS: Câmara Municipal de Barrancos, Conselho Local da Acção Social de Barrancos, 2010.
- BARROS, L. C.; BASSANEZI, R. C. **Tópicos de lógica fuzzy e biomatemática.** 1. ed. Campinas: UNICAMP/IMECC, v. 1, 2006.
- BHATTACHARYA, S.; DASS, A. **Vulnerability to drought, cyclones and floods in India.** Índia: Winrock International, 2007.
- BOMFIM, E. D. O. **Sustentabilidade hidroambiental de áreas de captações de nascentes na bacia hidrográfica do rio Gramame/PB.** João Pessoa: Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental., 2013.
- BRAGA, P. M.; FERREIRA, C. N. Propostas de indicadores ambientais na gestão de recursos hídricos na comunidade de Ponta Grossa dos Fidalgos, Lagoa Feia – RJ: utilização do Modelo Força Motriz/Pressão-Situação-Impacto-Resposta. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campos dos Goytacazes, v. 5, p. 11-26, jul. / dez. 2011.
- BRASIL. **Levantamento exploratório – reconhecimento dos solos do estado da Paraíba.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura., 1972.
- BRASIL. **Manual de Desastres: desastres naturais.** 1. ed. Brasília: Ministério da Integração Nacional, v. 1, 2003.
- BRASIL. **Nova delimitação do Semi-árido brasileiro.** Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2005.
- BRASIL. **Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental dos riscos decorrentes dos desastres naturais. VIGIDESASTRES.** Brasília: Ministério da Saúde, 2006.
- BRASIL. **Mapeamento de riscos em encostas e margem.** Brasília: [s.n.], 2007a.
- BRASIL. **Política Nacional de Defesa Civil.** Brasília: MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL/SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL, 2007b.
- BRASIL. **Glossário de Defesa Civil Estudos de Riscos e Medicina de Desastres.** 5ª. ed. Brasília: MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, v. 1, 2008.
- BRASIL. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)**, 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14 Fevereiro 2016.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Censo Populacional**, 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 Setembro 2016.

BRASIL. Observatório da Seca - Casa Civil. **Observatório da Seca**, 2015. Disponível em: <www.brasil.gov.br/observatoriodaseca/index.html>. Acesso em: 21 maio 2015.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Delimitação do semiárido mantém formação atual e inclui 54 novos municípios**, 2017a. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/web/guest/area-de-imprensa/todas-as-noticias/-/asset_publisher/YEkzzDUSRvZi/content/delimitacao-do-semiarido-mantem-formacao-atual-e-inclui-54-novos-municipios?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.integracao.go>. Acesso em: 19 ago. 2017.

BRASIL. **Módulo de formação: noções básicas em proteção e defesa civil e em gestão de riscos: livro base**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, Departamento de Minimização de Desastres., v. 1, 2017b.

BRASIL. **RESOLUÇÃO N ° 115/2017 de 23 de novembro de 2017**. Fortaleza: SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE, 2017c.

BROOKS, N. Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. [S.l.]: [s.n.], 2003.

CAMARINHA, P. I. M. **Vulnerabilidade aos desastres naturais decorrentes de deslizamentos de terra em cenários de mudanças climáticas na porção paulista da Serra do Mar**. São José dos Campos: Tese (Doutorado) – Ciência do Sistema Terrestre - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais., 2016.

CAMPOS, J. N. B. **Vulnerabilidades do Semi-Árido às secas**. Brasília: PROJETO ÁRIDAS RH, SEPLAN/PR, 1994.

CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. D. C. **Secas no Nordeste do Brasil: origens, causas e soluções**. Anais do IV Diálogo Interamericano: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Foz do Iguaçu: Fourth Inter-American Dialogue on Water Management. 2001.

CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. D. C. **Secas no Nordeste no Brasil: origens, causas e soluções**., Fortaleza, 2001.

CARDONA, O. D. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo: elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo. In: MASKREY, A. (). **Los desastres no son naturales**. 1. ed. Bogotá: La Red, v. 1, 1993.

CARDONA, O. D. A. **Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo**. Oficina del Coordinador para el Socorro en Casos de Desastre (UNDRO). 6-24 mayo 1991. Bogotá: [s.n.]. 1991.

CARMO, R. L. D. et al. Água virtual, escassez e gestão: o Brasil como grande “exportador” de água. **Ambiente e Sociedade**, Campinas, v. X, p. 83-96, an.-jun. 2007.

CARNONA, O. D. et al. Determinants of risk: exposure and vulnerability. In: FIELD, C. B., et al. **Adaptation, Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change**. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2012. p. 65-108.

- CAVALCANTE, V. L. U. **A centralidade da cidade de Patos-PB**: Um estudo a partir de arranjos espaciais. João Pessoa: Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Geografia., 2008.
- CCDR ALGARVE. **Algarve 2000-2006 – Programa Operacional do Algarve**. Faro: Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve - CCDR, 2001.
- CERIOLI, A.; ZANI, S. A Fuzzy Approach to the Measurement of Poverty. In: DAGUM, C.; ZENGA, M. **Income and Wealth Distribution, Inequality and Poverty**. Berlin: Springer Verlag, 1990.
- CHELI, B.; LEMMI, A. A ‘totally’ Fuzzy and Relative Approach to the Measurement of Poverty. **Economic Notes**. 115-134.
- CHENG, J.; TAO, J. Fuzzy Comprehensive Evaluation of Drought Vulnerability Based on the Analytic Hierarchy Process- An Empirical Study from Xiaogan City in Hubei Province. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, n. doi:10.1016/j.aaspro.2010.09.015, p. 126–135, 2010. ISSN 2210-7843.
- CHIU, C. Y.; PARK, C. S. Fuzzy cash flow analysis using present worth criterion. **The Engeneering Economist**, v. 39, n°2, p. 113-137, 1994.
- CORCOLL-SPINA, C. D. O. **Lógica Fuzzy**: reflexões que contribuem para a questão da subjetividade na construção do conhecimento matemático. São Paulo: Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação - Faculdade de Educação, 2010.
- CORREIA, R. C. et al. A região semiárida brasileira. In: VOLTOLINI, T. V. **Produção de caprinos e ovinos no Semiárido**. 1ª. ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, v. 1, 2011. Cap. 1, p. 21-48.
- COSTA, A. M.; WAQUIL, P. D. **O empobrecimento e a vulnerabilização da população rural em situações de seca**: o caso de Santo Cristo/RS. Encontro de Economia Gaúcha. Porto Alegre: EDIPUCRS. 2008.
- COSTA, D. C. D. B. J. I. B. D. **Contribuição do DCA/UFCEG ao plano nacional de controle da desertificação**. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Sociedade Brasileira de Meteorologia. Fortaleza: [s.n.]. 2004.
- COSTA, J. C. et al. **Biogeografia de Portugal Continental**. [S.l.]: Quercetea.
- COSTA, J. R. S. **Análise da vulnerabilidade e gestão de riscos a desastres por inundação em Municípios do Vale do Açu/RN**. João Pessoa: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, 2012.
- COSTA, S. D. O. P. **Avaliação das perspectivas socioeconômicas e ambientais do açude grande na cidade de Cajazeiras/PB**: um estudo de caso. Campina Grande: Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais., 2010.
- COX, E. **Fuzzy logic for bussines and industry**. Massachusetts: Charles River Media, 1995.

COX, E. D. **Fuzzy logic for business and industry**. Massachusetts: Charles River Media, ISBN:1-886801-01-0, v. 1 , 1995.

CPRM. **Diagnóstico do município de Cabaceiras, estado da Paraíba**. Recife: Serviço Geológico do Brasil, 2005a.

CPRM. **Diagnóstico do município de Cajazeiras, estado da Paraíba**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005b.

CPRM. **Diagnóstico do município de Patos, estado da Paraíba**. Recife: Serviço Geológico do Brasil, 2005c.

CPRM. **Diagnóstico do município de Picuí, estado da Paraíba**. Recife: Serviço Geológico do Brasil., 2005d.

CPRM. **Diagnóstico do município de Princesa Isabel, estado da Paraíba**. Recife: Serviço Geológico do Brasil, 2005e.

CPRM. **Diagnóstico do município de Sousa, estado da Paraíba**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005f.

CPRM. SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. **SIAGAS - CPRM**, 2016. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php>. Acesso em: 5 maio 2016.

DAN, Z.; GUOLI, W.; HUICHENG, Z. Assessment on Agricultural Drought Risk Based on Variable Fuzzy Sets Model. **Chinese Geographical Science**, v. 21, n. doi: 10.1007/s11769-011-0456-2, p. 167–175, 2011.

DNOCS. **Relatório do DNOCS**. João Pessoa: Departamento Nacional de Obras Contra a Seca - DNOCS, 1996.

DUARTE, R. Seca, pobreza e políticas públicas no nordeste do Brasil. Pobreza, desigualdad social y ciudadanía. Los límites de las políticas sociales en América Latina. **Seca, pobreza e políticas públicas no nordeste do Brasil. Pobreza, desigualdad social y ciudadanía. Los límites de las políticas sociales en América Latina.**, Buenos Aires, 2001. Disponível em: <<http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/pobreza/duarte.pdf>>. Acesso em: 01 Setembro 2016.

EEA. Water resources problems in Southern Europe. **European Environment Agency**, 2008. Disponível em: <<https://www.eea.europa.eu/publications/92-9167-056-1/page003.html>>. Acesso em: 15 Maio 2017.

EIERDANZ, F. et al. Using fuzzy set theory to address the uncertainty of susceptibility to drought. **Regional Environmental Change**, v. 8, n. DOI 10.1007/s10113-008-0069-1, p. 197–205, October 2008.

EMBRABA. **Novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. [S.l.]: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2009.

EMBRAPA. **Estimando o consumo de água de suínos, aves e bovinos em uma propriedade.** Concórdia: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cartilha digital., 2005.

EXAME. Revista EXAME. **Revista EXAME**, 2011. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/brasil/bolsa-familia-mascara-os-numeros-do-desemprego-no-brasil/>>. Acesso em: 15 Janeiro 2019.

FAO. Food and Agriculture Organization. Dryland Forestry. **What are drylands?**, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/dryland-forestry/background/what-are-drylands/en/>>. Acesso em: 17 Fevereiro 2019.

FAVERO, E.; DIESEL, V. A seca enquanto um hazard e um desastre: uma revisão teórica. **Revista Aletheia** 27, v. 1, p. 198-209, jan./jun. 2008.

FEKETE, A. Validation of a Social Vulnerability Index in Context to River-Floods in Germany. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, n. 9, p. 393-403, 2009.

FILGUEIRA, H. J. A. **Desastres El Niño-Oscilação Sul (ENOS) versus sistemas organizacionais – Paraíba/Brasil, Flórida/Estados Unidos da América e Piura/Peru: uma análise comparativa.** [S.l.]: (Tese de Doutorado) UFCG, 2004.

FRANÇA, L. P. **Indicadores ambientais urbanos. Revisão da literatura.** [S.l.]: [s.n.], 2001.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. **Climatologia do estado da Paraíba.** 1. ed. Campina Grande: EDUFPG, v. 1, 2017.

GILLET, H. P. A Creeping Drought Under Wal. **Water and Sewage Works**, March 1950.

GIRÃO, O. Reconstrução do clima no Nordeste brasileiro secas e enchentes do século XIX. **Finisterra**, Lisboa, v. XLVII, p. 29-47, 2012.

GOMES, G. M. **Velhas Secas em Novos Sertões.** 1. ed. Brasília: IPEA, v. 1, 2001.

GOMES, H. A. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Sumé Folha SB.24-Z-D-V. Estados da Paraíba e Pernambuco.** Brasília: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2000.

GUDWIN, F. A. C.; GOMIDE, R. R. Modelagem, controle, sistemas e Lógica Fuzzy. **SBA Controle & Automação**, v. 4, n. 3, setembro-outubro 1994.

HAGMAN, G. **Prevention better than cure: report on human and natural Disasters in the third World.** Stockholm: Swedish Red Cross., 1984.

HAN, L. et al. The spatial distribution characteristics of a comprehensive drought risk index in southwestern China and underlying causes. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 124, n. DOI 10.1007/s00704-015-1432-z, p. 517–528, 2016.

HERCULANO, S. **Riscos e desigualdade social: a temática da Justiça Ambiental e sua construção no Brasil.** I Encontro da ANPPAS. São Paulo : Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade. 2002.

HOEKSTRA, A. Y.; HUNG, P. Q. **Virtual Water Trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade.** Netherland: Value of water research report series. UNESCO/IHE, v. 11, 2002.

IBGE. **Divisão Regional do Brasil em Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias 2017.** Rio de Janeiro: DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS, COORDENAÇÃO DE GEOGRAFIA., 2017.

INAG. **Questionnaires with Portuguese data related to First Report.** [S.l.]: Overview report on the key water issues in semi-arid/water scarcity regions of the EEA, 1995.

INE. **Densidade populacional (N.º/ km²) por Local de residência; Estimativas Anuais da População residente.** [S.l.]: Instituto Nacional de Estatística, 2010.

INE. **Densidade populacional (N.º/ km²) por Local de residência (NUTS - 2013); Anual.** [S.l.]: INE - instituto Nacional de Estatística, 2013.

IONESCU, C. et al. **Towards a formal framework of vulnerability to climate change.** Osnabrück: Institute of Environmental Systems Research, University of Osnabrück, 2005.

IPCC. Summary for Policymakers. In: PARRY, M. L. . C. O. F. . P. J. P. . V. D. L. P. J. H. C. E. **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability.** Cambridge: Cambridge University Press, 2007. p. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCE. **Índice Municipal de Alerta – IMA.** Fortaleza: Instituto de pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE, 2016.

IPMA. **Resumo Climatológico - Março de 2018.** Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Lisboa. 2018.

ISDR. **International Strategy for Disaster Reduction.** Geneva: United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR), v. 1, 2009.

JANG, J. S.; GULLEY, N. Fuzzy Logic Toolbox – For use Matlab®/Simulink. **Natick Mauss.: the MathWorks, Inc.,** 1995.

JONES, R.; BOER, R. (. **Assessing current climate risks Adaptation Policy Framework: A Guide for Policies to Facilitate Adaptation to Climate Change.** [S.l.]: UNDP, 2003.

KERN, K.; KOLL, C.; SCHOPHAUS, M. **Local Agenda 21 in Germany. An Inter- and Intranational Comparison. Discussion Paper SP VI 2004-104.** Wissenschaftszentrum: [s.n.], 2004.

KOBIYAMA, M. et al. **Mapeamento de Áreas de Risco para Prevenção de Desastres Hidrológicos com Ênfase em Modelagem Hidrogeomorfológica.** 3ª. ed. Porto Alegre: UFRGS/IPH/GPDEN, 2016.

KOBIYAMA, M. T. et al. **Papel da comunidade e da universidade no gerenciamento de desastres naturais.** Anais do Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais. Florianópolis: [s.n.]. 2004.

KRÖMKE, D.; EIERDANZ, F.; STOLBERG, A. Who is susceptible and why? An agent-based approach to assessing vulnerability to drought. **Regional Environmental Change**, v. 8, p. 173–185, April 2008.

LIENENKAMP, R. Internationale Wanderungen im 21. Jahrhundert : die Ermittlung von Dispositionsräumen globaler Migrationen auf der Basis von Fuzzy Logic. **Dortmunder Beiträge zur**, Dortmund, 1999.

LIMA, J. P. R.; GATTO, M. F. A ECONOMIA DO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO: AINDA “SEM PRODUÇÃO”? **Economia e Desenvolvimento**, Recife, v. 12, n. 2, p. 130-167, 2013.

LINDOSO, D. P. et al. Integrated assessment of smallholder farming’s vulnerability to drought in the Brazilian Semi-arid: a case study in Ceará. **Climatic Change**, v. 127, n. DOI 10.1007/s10584-014-1116-1, p. 93–105, 2014. ISSN 1573-1480.

LOUREIRO, J. M. **Rio Guadiana: as cheias, as secas e o terremoto de 1755 nos termos de Juromenha e Olivença**. Lisboa: [s.n.], 2003.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa**. 2. ed. ed. [S.l.]: Bertrand Brasil, 2010.

MAGALHÃES, A. R. et al. Organização governamental para responder a impactos de variações climáticas. A experiência da seca no Nordeste do Brasil. In: MAGALHÃES, A. R.; NETO, E. B. **Impactos Sociais e Econômicos de variações Climáticas e respostas Governamentais no Brasil**. Fortaleza: Governo do Ceará-ONU-PNUMA, 1991.

MAIA, R. et al. Socioeconomic Evaluation of Drought Effects. Main Principles and Application to Guadiana and Algarve Case Studies., n. Doi: 10.10007/s11269-01400883-9, 2015.

MARZALL, K.; ALMEIDA, J. Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas. Estado da arte, limites e potencialidades de uma nova ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 17, n. 1, p. 41-59, 2000.

MASKREY, A. **Navegando entre brumas – la aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgo en América Latina**. [S.l.]: LA RED/ITDG, 1998.

MCCARTHY, J. J. et al. **Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Cambridge: Cambridge University Press, v. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001.

MEDINA, J.; ROMERO, R. **Los desastres sí avisan – estudios de vulnerabilidad y mitigación II**. Lima: ITDG, v. 1, 1992.

MEIRELLES, A. F. M. . R. R.. **Diagnóstico de áreas de risco associadas à precipitação no município de Betim, MG: estudo de caso dos períodos chuvosos de 2006-2007 e 2007-2008**. [S.l.]: [s.n.], 2009.

MENDES, J.; VIVAS, E.; MAIA, R. Monitorização de Secas na Margem esquerda do Guadiana. **Recursos Hídricos da Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos**, Lisboa, v. 32, p. 31-43, 2011.

MENDONÇA, F.; KOZEL, S. **Geografia socioambiental**. ISBN: 857335092X. ed. Curitiba: UFPR, 2004. 121-144 p.

MONTE-ACE, D. A. C. **Caracterização da Região Alentejo Central - Zona de Intervenção do Monte**. Arraiolos: Monte-ACE, 2007.

MONTEIRO, T. A. **A cristalização socioespacial do município de Cabaceiras**. Campina Grande: Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) da Universidade Estadual da Paraíba, 2011.

MORAES NETO, D. J. M. **Gestão de riscos a desastres ENOS (EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL) no semi-árido paraibano: uma análise comparativa**. Campina Grande: Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Recursos Naturais - UFCG, 2003.

MOSS, R. H.; BRENKERT, A. L.; MALONE, E. L. **Vulnerability to Climate Change. A Quantitative Approach**. Springfield: National Technical Information Service, U.S. Department of Commerce, 2001.

MOURA, C. S. D. **Vulnerabilidade das terras agrícolas, degradação ambiental e riscos a desastres ENOS no município de Sumé (PB)**. Campina Grande: Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, 2002.

MURTHY, C. S. et al. A study on agricultural drought vulnerability at disaggregated level in a highly irrigated and intensely cropped state of India. **Environ Monit Assess**, v. 140, n. DOI 10.1007/s10661-015-4296-x, 2015.

MURTHY, C. S.; LAXMAN, B.; SAI, M. V. R. S. Geospatial analysis of agricultural drought vulnerability using a composite index based on exposure, sensitivity and adaptive capacity. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 12, n. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdr.2015.01.004>, p. 163–171, 2015.

MURUNGWENI, C. et al. Application of Fuzzy Cognitive Mapping in Livelihood Vulnerability Analysis. **Ecology and Society**, v. 16, n. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04393-160408>, 2011.

MUSSI, C. S. **Avaliação da sensibilidade ambiental costeira e de risco à elevação média do nível dos oceanos e incidência de ondas de tempestade: um estudo de caso para a Ilha de Santa Catarina, SC**. Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí, 2011.

NASCIMENTO, M. O. T. D. **Riscos de deslizamentos e inundações e condições de moradia em aglomerados subnormais na bacia do rio Sanhauá: avaliação e análise integrada**. João Pessoa: Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós- Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental , 2009.

NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER. **What is drought?: understanding and defining drought**. Lincoln: University of Nebraska-Lincoln., 2003.

NEDEL, A. S.; SAUNSEN, T. Análise das inundações bruscas ocorridas na região sul do Brasil no período 1980 – 2009. **Ciência e Natura**, v. 34, n. 1, p. 119-129, março 2012.

OLIVEIRA, R. B. **Vulnerabilidade à seca para a região semiárida: estudo de caso de quatro municípios do estado da Paraíba**. João Pessoa: Dissertação (Mestrado) - Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal da Paraíba - UFPB , 2017.

PALMER, W. C. **Meteorological drought**. Washington: US Weather Bureau, 1965.

PARAÍBA. **Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH-PB)**: resumo executivo e atlas. 1. ed. Brasília: Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA, v. 1, 2006.

PARAÍBA. **Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca no estado da Paraíba**. 1. ed. João Pessoa: Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia., v. 1, 2011.

PARAÍBA. **Dados sobre decretos de Situação de Emergência e de Estado de Calamidade Pública**. Gerência Executiva de Proteção e Defesa Civil do Estado da Paraíba (GEPDCEP). João Pessoa. 2018a.

PARAÍBA. Dados de Precipitação. **Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba (AESA)**, 2018b.

PAVAN, R. Â. **Avaliação da sensibilidade ambiental costeira e de risco sócio ambiental do litoral centro-sul catarinense a eventos naturais extremos e elevação do nível médio dos oceanos**. Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí, 2012.

PDTNA. **Plano de Desenvolvimento Territorial do Norte Alentejano 2008-2013**. [S.l.]: Associação de Municípios do Norte Alentejano e Augusto Mateus & Associados, 2008.

PEIXOTO, J. A. S. **Baía de todos os Santos: vulnerabilidades e ameaças**. Salvador: Dissertação (Mestrado) Universidade Federal da Bahia., 2008.

PEREIRA, L. N. et al. **Avaliação Económica e Social dos Concelhos do Algarve**. [S.l.]: Universidade do Algarve, Escola Superior de Gestão, Hotelaria e Turismo, Campus da Penha, 2006.

PEREIRA, L. S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. **Coping with water scarcity**. 1ª. ed. Paris: UNESCO, IHP-VI, Technical Documents in Hidrology., v. 1, 2002.

PESSOA, V. D.; CAVALCANTI, C. **CanUer e Efeitos da Seca Nordestina de 1970**. Recife: SUDENE-SIRAC, 1973.

PIRES, V. C.; SILVA, Á.; MENDES, L. **Riscos de secas em Portugal continental**. [S.l.]: [s.n.], 2010.

PORDATA. **Densidade populacional segundo os Censos, Recenseamentos Gerais da População**. [S.l.]: [s.n.], 2017.

PORTO, M. F. **Uma ecologia política dos riscos: princípios para integrarmos o local e o local na promoção da saúde e da justiça ambiental**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, v. 248p., 2007.

PROT-ALGARVE. **Plano Regional de Ordenamento do Território - ANEXO H – Recursos Hídricos, Planeamento e Gestão do Recurso Água**. [S.l.]: Ministério do Meio Ambiente, do ordenamento do território e do desenvolvimento regional - Comissão de Coordenação e desenvolvimento regional do Algarve, v. Volume II - Caracterização e Diagnóstico, 2004.

- QIZILBASH, M. A Note on the Measurement of Poverty and Vulnerability in. **Journal of International Development the South African Context**, 2002. 757-772.
- RAMALHO, M. F. D. J. L. A fragilidade ambiental do Nordeste brasileiro: o clima semiárido e as imprevisões das grandes estiagens. **Sociedade e Território**, Natal, v. 25, n. 2 Edição Especial, p. 104-115, jul./dez. 2013.
- REIS, C. Q. **Avaliação da sustentabilidade hídrica dos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo – PB**. Campina Grande: Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais., 2014.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. et al. **La Vegetación del Sur de Portugal (Sado, Alentejo y Algarve)**. [S.l.]: [s.n.], 1990.
- ROOY, M. P. V. **A rainfall anomaly index independent of time and space**. [S.l.]: Notes 14-,43, 1965.
- ROSADO, C. A. D. E. **Ideologia e poder no agendamento do discurso polifônico da imprensa em relação a seca do Nordeste**. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós Graduação de Estudos da Linguagem da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal - RN, p. 122. 2008.
- ROSÁRIO, L. D. **Indicadores de Desertificação para Portugal Continental**. Lisboa: Núcleo de Desertificação - Direcção-Geral dos Recursos Florestais - Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas, 2004.
- ROSENDO, E. E. Q. **Desenvolvimento de indicadores de vulnerabilidade à seca na região semiárida brasileira**. João Pessoa: Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental., 2014. 137 p.
- ROSENDO, E. E. Q. et al. Chuvas extremas e desordenamento do território na construção do risco: um estudo de caso no município de Cabaceiras-Paraíba (Brasil). **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía**, Bogotá, v. 24, n. DOI: 10.15446/rcdg.v24n2.43924, p. 189-203, jul.-dic. 2014. ISSN 2256-5442.
- ROSENDO, E. E. Q. et al. **Determination of drought vulnerability indexes in municipalities of the semiarid region of the Paraíba state, Brazil**. 36th IAHR World Congress. Hague: [s.n.]. 2015.
- ROSENDO, E. E. Q. et al. Determination and application of drought vulnerability indexes in the semi-arid region of Brazil. **Gaia Scientia**, v. 11, n. 2, 2017. ISSN 1981-1268.
- RUDORFF, F. D. M. **Geoindicadores e Análise Espacial na Avaliação de Suscetibilidade Costeira a Perigos Associados a Eventos Oceanográficos e Meteorológicos Extremos**. Florianópolis: Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geografia - Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.
- SAFI, A. S.; SMITH, W. J.; LIU, Z. Rural Nevada and climate change: vulnerability, beliefs, and risk perception. **Risk Analysis**, v. 32, n. 6, p. 1041-1059, 2012. ISSN DOI: 10.1111/j.1539-6924.2012.01836.x.

SALVATI, L. et al. Developing a synthetic index of land vulnerability to drought and desertification. **Geographical Research**, v. 47, n. DOI: 10.1111/j.1745-5871.2009.00590.x., p. 280–291, September 2009.

SANTOS, A. S. **Vulnerabilidades socioambientais diante das mudanças climáticas**. [S.l.]: Dissertação (Mestrado) - Centro de Desenvolvimento Sustentável - Universidade de Brasília, 2008.

SANTOS, J. A. D. **Análise dos riscos ambientais relacionados às enchentes e deslizamentos na favela São José, João Pessoa – PB**. Dissertação (Mestrado). João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, v. 112, 2007.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. 4ª. ed. São Paulo.: Editora da Unoiversidade de São Paulo., 2006.

SANTOS, M. J. D. **Programa um milhão de cisternas rurais**: proposição de um sistema de indicadores de avaliação de sustentabilidade SIAVS-P1MC. Campina Grande: Tese (Doutorado), 2010.

SANTOS, M. J. D. et al. **Seca, Precipitação e Capacitação de água de chuva no semi-árido de Sergipe**. [S.l.]: [s.n.], 2009.

SANTOS, M. O. G. D. **A situação de Mértola no desenvolvimento do baixo Guadiana (exemplo de um concelho onde as condições exógenas sufocam-as**. Évora: [s.n.], 2011.

SANTOS, R. F. et al. **Análise dos dados climatológicos de precipitação pluvial e temperatura de áreas em processo de desertificação no Seridó Oriental paraibano**. Anais do VIII CONEEPI (Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação). Salvador: IFBA. 2013.

SEMAR-PB/LMRS-PB. **Boletim informativo**. João Pessoa: Secretária Extraordinária dos Recursos Hídricos e Minerais da Paraíba e Laboratório de meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto da Paraíba, 1999.

SHAW, I. S.; SIMÕES, M. G. **Controle e modelagem fuzzy**. São Paulo: Fapesp, 1999.

SILVA NETO, M. F. D. **A problemática da salinização do solo no perímetro irrigado de São Gonçalo – PB**. João Pessoa: Dissertação (Mestrado) Programa de Pós Graduação em Geografia - UFPB, 2013.

SILVA, A. M. D.; CORREIA, A. M. M.; CÂNDIDO, G. A. Avaliação da sustentabilidade no município de João Pessoa, PB. In: CÂNDIDO, G. A. **Desenvolvimento Sustentável e Sistemas de Indicadores de Sustentabilidade**: Formas de aplicações em contextos geográficos diversos e contingências específicas. 1. ed. Campina Grande: UFCG, v. 1, 2010.

SILVA, E. P. D. **Estudo da vulnerabilidade sócio-econômico-ambiental e os riscos a desastre Enos (El Niño Oscilações Sul) no município de Picuí - Paraíba**. Campina Grande: Dissertação (Mestrado) UFCG, 2002.

SILVA, E. P. D. **Estudo da vulnerabilidade sócio-econômico-ambiental e os riscos a desastre Enos (El Niño Oscilações Sul) no município de Picuí - Paraíba. Um estudo de caso**. Campina Grande: Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, 2002.

SILVA, J. M. F. D. **As assimetrias regionais em Portugal: análise da convergência versus divergência ao nível dos municípios**. Braga: Universidade do Minho, v. <http://hdl.handle.net/1822/22795>, 2012.

SILVA, L. M. D. **Modelagem fuzzy como subsídios para a espacialização da vulnerabilidade costeira à erosão**. Recife: Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação - Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

SILVA, L. M. D. et al. Modelagem fuzzy aplicada na detecção da vulnerabilidade à erosão costeira. **BCG - Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 19, n. 4, p. 746-764, out-dez 2013.

SILVA, V. M. D. A. et al. O desastre seca no nordeste brasileiro. **Polêmica**, v. 12, n. 2, p. 284-293, abril/junho 2013.

SINAPRED. **Gestión del Riesgo para los Comités Territoriales de Prevención, Mitigación e Atención de desastres**. Managua: Programa nacional de capacitación en gestión del riesgo, planificación de la respuesta con enfoque de, v. Módulos I & II, 2003.

SMIT, B.; WANDEL, J. Adaptation, adaptative capacity and vulnerability. **Global Environmental Change**, v. 16, p. 282–292, 2006.

SOUSA, M. J. A. D. D. **Agenda 21 Local. O Caso de Estudo do Norte Alentejano**. Lisboa: Dissertação (Mestrado) Mestrado em Ciências e tecnologias do ambiente. Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, 2009.

SOUZA FILHO, F. D. A. D. et al. Drought in Brazil: Proactive Management and Policy. In: ERWIN DE NYS, N. E. **Engle, Nathan; De Nys, Erwin ; Antônio Rocha Magalhães**. 1. ed. New York: CRC Press, v. 1, 2016. Cap. 12, p. 167-210.

SOUZA JUNIOR, P. R. **Modelo para identificar e hierarquizar comunidades expostas a riscos de Desastres**. Rio de Janeiro: Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

SOUZA, B. I. D. Modificações climáticas e desertificação. In: GIOVANNI SEABRA, J. A. N. D. S. E. I. T. L. M. (.). **Conferência da Terra. Aquecimento global, sociedade e biodiversidade**. [S.l.]: Editora Universitária da UFPB, v. 1, 2010. p. 55-65.

STEFFEN, P. C. **Agrupamento de cheias históricas**. CURITIBA: Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental., 2017.

STEINMANN, A.; HAYES, M.; CAVALCANTI, L. Drought Indicators and Triggers. In: WILHITE, D. **Drought and Water Crises: Science, Technology and Management Issues**. [S.l.]: CRC press - Taylor & Francis group, 2005. p. 71-92.

TÄNZLER, D. et al. The challenge of validating vulnerability estimates: the option of media content analysis for identifying drought-related crises. **Reg Environ Change**, v. 8, p. 187–195, 2008. ISSN DOI 10.1007/s10113-008-0064-6.

- TRAVASSOS, I. S. S. B. I. D. S. A. B. D. Secas, desertificação e políticas públicas no semiárido nordestino brasileiro. **OKARA: Geografia em debate**, v. 7, n. 1, p. 147-164, 2013.
- TSAKIRIS, G.; PANGALOU, D. Drought Characterization in the Mediterranean. In: IGLESIAS, A. . G. L. . C. A. . C. F. . W. D. (. **Coping with Drought Risk in Agriculture and Water Supply Systems, Drought Management and Policy Development in the Mediterranean**. [S.l.]: Springer, 2009. Cap. 6.
- UFSC. **Material- Capacitação básica em Defesa Civil**. Florianópolis: UFSC - Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil (CEPED), v. 3, 2012.
- UFSC. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil (CEPED) da Universidade Federal de Santa Catarina. **1583/2012 - Histórico de Secas no Nordeste do Brasil**, 2015.
Disponível em: <<http://www.ceped.ufsc.br/historico-de-secas-no-nordeste-do-brasil/>>. Acesso em: 17 fev. 2018.
- UN. **Global drylands a UN system-wide response**. Geneva: United Nations (UN), Environment Management Group, 2011.
- UNDP. **Reducing Disaster Risk - a challenge for development - a global report**. New York: United Nations Development Programme - Printed by John S. Swift Co., 2004.
- UNESCO. **Map of the world distribution of arid regions**. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), 1979.
- UNESCO. **Atlas de Zonas Áridas de América Latina y el Caribe**. ISBN: 978-92-9089-164-2. ed. Montevideo: UNESCO, v. Documento Técnico del PHI-LAC, N°25, 2010.
- VARGAS, J. E. **Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socio-naturales**. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos, 2002.
- VIVAS, E. B. D. F. **Avaliação e gestão de situações de seca e escassez: Aplicação ao caso do Guadiana**. Porto: Dissertação (Doutoramento) Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011.
- VIVAS, E.; MAIA, R. **A problemática da gestão de situações de seca e escassez e o caso da Bacia do Guadiana**. 1ª Jornada de Hidráulica Recursos Hídricos e Ambiente. Porto: FEUP. 2006. p. 47-53.
- WILHITE, D. A. The Enigma of Drought: Management and Policy Issues for the 1990s. **International Journal of Environmental Studies**, p. 41–54., 1990.
- WILHITE, D. A.; GLANTZ., E. M. H. Understanding the drought phenomenon: The Role of Definitions. **Water Internacional** 10, p. 111-120, 1985.
- WU, D. et al. Assessment on agricultural drought vulnerability in the Yellow River basin based on a fuzzy clustering iterative model. **Natural Hazards**, v. 67, n. DOI 10.1007/s11069-013-0617-y, p. 919–936, March 2013.

XIAOQIAN, L. et al. Assessing Vulnerability to Drought Based on Exposure, Sensitivity and Adaptive Capacity: A Case Study in Middle Inner Mongolia of China. **Chinese Geographical Science**, v. 23, n. DOI: 10.1007/s11769-012-0583-4, p. 13–25, 2013.

YEVJEVICH, V. An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts. **HYDROLOGIC PAPERS**, Colorado, Colorado State University, v. 23, p. 1-25, August 1967.

ZADEH, L. A. Fuzzy Sets. **Information and control**, v. 8, n. 3, p. 338-353, 1965.

ZANELLA, M. E. **Episódios pluviométricos intensos e os impactos socioambientais causados no estado do Ceará no ano de 2009**. Anais do XVI Encontro Nacional de Geógrafos - ENG. Porto Alegre: [s.n.]. 2010.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DAS IMAGENS

Capítulo I:

Primeira imagem: Ponte sobre a barragem do Maranhão, na freguesia do Maranhão Concelho de Avis, Portugal, 13/11/2017. In: <https://jra.abae.pt/plataforma/fotografia/alentejo-que-seca/>.

Segunda imagem: Vista do Concelho de Mértola, Portugal, agosto de 2016. In: <https://www.dn.pt/sociedade/interior/seca-deixa-povoacoes-alentejanas-sem-agua-para-beber-5322303.html>.

Terceira imagem: A barragem da herdade de José Maria Vaz Freire, agricultor que possui mais de 200 bovinos, está a 10% da capacidade, impossibilitando regar os 12 hectares de culturas que planta para alimentar os animais, Mora, 2 de novembro de 2017. In: <https://sicnoticias.pt/api/molecule/content/2017-11-06-Campos-estao-secos-e-sem-pastagens-e-os-animais-tem-cada-vez-menos-alimentos>.

Capítulo II:

Primeira imagem: A barragem seca de Pereiras, 275 km ao sul de Lisboa, é vista a 24 de junho de 2005. Tanques de água vazios em muitas aldeias em Portugal estão sendo preenchidos por brigadas de incêndio, que trazem a água em seus caminhões de bombeiros. A pior seca na Espanha e em Portugal desde a década de 1940 pode alimentar a inflação e reduzir o crescimento econômico, enquanto no Marrocos as condições são tão ruins que o governo teme que um êxodo das áreas rurais aumente o desemprego urbano. (Crédito da foto deve ler NICOLAS ASFOURI / AFP / GettyImages). In: <https://www.gettyimages.com/detail/news-photo/the-dried-dam-of-pereiras-275-kms-south-of-lisbon-is-seen-news-photo/153794547?adppopup=true>

Segunda imagem: Crianças pegando água em um poço. Foto Jerry Wendel In: <https://vemvercidade.com.br/pesquisadores-preveem-agravamento-da-seca-no-nordeste-entre-fevereiro-e-abril-2541/>.

Capítulo III:

Crise Hídrica: Autor desconhecido, In: <https://projetocolabora.com.br/agua/o-fantasma-da-crise-hidrica/>.

Capítulo IV:

Primeira imagem: Autor desconhecido. In: <https://www.ceara.gov.br/2017/09/27/menor-seca-da-historia-ceara-quebra-paradigmas/>.

Segunda imagem: Autor desconhecido. In: <http://www.pac.gov.br/noticia/da5fc838>.

Terceira imagem: A Escola Municipal Furtado Leite, na comunidade Pereiros, em Nova Russas (CE). In: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-01/governo-pretende-concluir-construcao-de-5-mil-cisternas-no-semiarido-em-2016>.

Capítulo V:

A primeira foto foi feita em dezembro de 2017 e a segunda em abril de 2018. O cenário é de um casarão na zona rural de Patos, PB às margens da BR 361, na saída para Piancó. Autor da foto: Paulo Jefferson, via o Folha Patoense.

Capítulo VI:

Primeira Xilogravura: Quando cai a chuva é tempo de festa no sertão! Texto: Um Repente Por Dia Arte: Estilo Xilo. In: <https://www.facebook.com/UmRepentePorDia/photos/a.507301516070130/699257590207854/?type=3&theatre>.

Segunda Xilogravura: “Moça roubada”. Autor: J. Borges. In: <http://www.opapeldaarte.com.br/a-xilografia-popular-do-nordeste-e-alguns-casos-de-intercambio-formal-com-a-arte-erudita/>.

APÊNDICE I

Blocos de regras utilizados nas inferências fuzzy:

Regras para duas variáveis - 2 Mfs de entrada e 3 Mfs de saída						
Nº	Operador	Var ling	Operador	Var ling	Operador	Outputs
1	IF	Baixo	AND	Baixo	THEN	Baixo
2	IF	Baixo	AND	Alto	THEN	Médio
3	IF	Alto	AND	Baixo	THEN	Médio
4	IF	Alto	AND	Alto	THEN	Alto

Regras para três variáveis -2 Mfs de entrada e 3 Mfs de saída								
Nº	Operador	Var ling	Operador	Var ling	Operador	Var ling	Operador	Outputs
1	IF	Baixo	AND	Baixo	AND	Baixo	THEN	Baixo
2	IF	Baixo	AND	Baixo	AND	Alto	THEN	Baixo
3	IF	Baixo	AND	Alto	AND	Baixo	THEN	Baixo
4	IF	Baixo	AND	Alto	AND	Alto	THEN	Alto
5	IF	Alto	AND	Baixo	AND	Baixo	THEN	Baixo
6	IF	Alto	AND	Baixo	AND	Alto	THEN	Alto
7	IF	Alto	AND	Alto	AND	Baixo	THEN	Alto
8	IF	Alto	AND	Alto	AND	Alto	THEN	Alto

Regras para quatro variáveis -2 Mfs de entrada e 3 Mfs de saída										
Nº	Operador	Var ling	Operador	Outputs						
1	IF	Baixo	AND	Baixo	AND	Baixo	AND	Baixo	THEN	Baixo
2	IF	Baixo	AND	Baixo	AND	Baixo	AND	Alto	THEN	Baixo
3	IF	Baixo	AND	Baixo	AND	Alto	AND	Baixo	THEN	Baixo
4	IF	Baixo	AND	Alto	AND	Baixo	AND	Alto	THEN	Médio
5	IF	Baixo	AND	Alto	AND	Alto	AND	Baixo	THEN	Médio
6	IF	Alto	AND	Baixo	AND	Baixo	AND	Alto	THEN	Médio
7	IF	Alto	AND	Baixo	AND	Alto	AND	Baixo	THEN	Médio
8	IF	Alto	AND	Alto	AND	Baixo	AND	Alto	THEN	Alto
9	IF	Alto	AND	Alto	AND	Alto	AND	Baixo	THEN	Alto
10	IF	Alto	AND	Alto	AND	Alto	AND	Alto	THEN	Alto

Regras para três variáveis - 3 Mfs de entrada e 5 Mfs de saída								
Nº	Operador	Var ling	Operador	Var ling	Operador	Var ling	Operador	Outputs
1	IF	Baixo	AND	Baixo	AND	Baixo	THEN	Muito Baixo
2	IF	Baixo	AND	Baixo	AND	Médio	THEN	Baixo
3	IF	Baixo	AND	Baixo	AND	Alto	THEN	Baixo
4	IF	Baixo	AND	Médio	AND	Baixo	THEN	Baixo
5	IF	Baixo	AND	Médio	AND	Médio	THEN	Médio
6	IF	Baixo	AND	Médio	AND	Alto	THEN	Médio
7	IF	Baixo	AND	Alto	AND	Baixo	THEN	Baixo
8	IF	Baixo	AND	Alto	AND	Médio	THEN	Médio
9	IF	Baixo	AND	Alto	AND	Alto	THEN	Alto
10	IF	Médio	AND	Baixo	AND	Baixo	THEN	Baixo
11	IF	Médio	AND	Baixo	AND	Médio	THEN	Médio
12	IF	Médio	AND	Baixo	AND	Alto	THEN	Médio
13	IF	Médio	AND	Médio	AND	Baixo	THEN	Médio
14	IF	Médio	AND	Médio	AND	Médio	THEN	Médio
15	IF	Médio	AND	Médio	AND	Alto	THEN	Médio
16	IF	Médio	AND	Alto	AND	Baixo	THEN	Médio
17	IF	Médio	AND	Alto	AND	Médio	THEN	Médio
18	IF	Médio	AND	Alto	AND	Alto	THEN	Alto
19	IF	Alto	AND	Baixo	AND	Baixo	THEN	Baixo
20	IF	Alto	AND	Baixo	AND	Médio	THEN	Médio
21	IF	Alto	AND	Baixo	AND	Alto	THEN	Alto
22	IF	Alto	AND	Médio	AND	Baixo	THEN	Médio
23	IF	Alto	AND	Médio	AND	Médio	THEN	Médio
24	IF	Alto	AND	Médio	AND	Alto	THEN	Alto
25	IF	Alto	AND	Alto	AND	Baixo	THEN	Alto
26	IF	Alto	AND	Alto	AND	Médio	THEN	Alto
27	IF	Alto	AND	Alto	AND	Alto	THEN	Muito Alto

Regras para três variáveis - 5 Mfs de entrada e 7 Mfs de saída								
Nº	Operador	Var ling	Operador	Var ling	Operador	Var ling	Operador	Outputs
1	IF	Muito Baixo	AND	Muito Baixo	AND	Muito Baixo	THEN	Muito Baixo
2	IF	Muito Baixo	AND	Muito Baixo	AND	Baixo	THEN	Muito Baixo
3	IF	Muito Baixo	AND	Muito Baixo	AND	Médio	THEN	Baixo
4	IF	Muito Baixo	AND	Muito Baixo	AND	Alto	THEN	Moderadamente Baixo
5	IF	Muito Baixo	AND	Muito Baixo	AND	Muito Alto	THEN	Moderadamente Baixo
6	IF	Muito Baixo	AND	Baixo	AND	Muito Baixo	THEN	Muito Baixo
7	IF	Muito Baixo	AND	Baixo	AND	Baixo	THEN	Baixo
8	IF	Muito Baixo	AND	Baixo	AND	Médio	THEN	Baixo
9	IF	Muito Baixo	AND	Baixo	AND	Alto	THEN	Moderadamente Baixo
10	IF	Muito Baixo	AND	Baixo	AND	Muito Alto	THEN	Moderadamente Baixo
11	IF	Muito Baixo	AND	Médio	AND	Muito Baixo	THEN	Baixo
12	IF	Muito Baixo	AND	Médio	AND	Baixo	THEN	Baixo
13	IF	Muito Baixo	AND	Médio	AND	Médio	THEN	Moderadamente Baixo
14	IF	Muito Baixo	AND	Médio	AND	Alto	THEN	Médio
15	IF	Muito Baixo	AND	Médio	AND	Muito Alto	THEN	Médio
16	IF	Muito Baixo	AND	Alto	AND	Muito Baixo	THEN	Moderadamente Baixo
17	IF	Muito Baixo	AND	Alto	AND	Baixo	THEN	Moderadamente Baixo
18	IF	Muito Baixo	AND	Alto	AND	Médio	THEN	Médio
19	IF	Muito Baixo	AND	Alto	AND	Alto	THEN	Médio
20	IF	Muito Baixo	AND	Alto	AND	Muito Alto	THEN	Alto
21	IF	Muito Baixo	AND	Muito Alto	AND	Muito Baixo	THEN	Moderadamente Baixo
22	IF	Muito Baixo	AND	Muito Alto	AND	Baixo	THEN	Moderadamente Baixo
23	IF	Muito Baixo	AND	Muito Alto	AND	Médio	THEN	Médio
24	IF	Muito Baixo	AND	Muito Alto	AND	Alto	THEN	Alto
25	IF	Muito Baixo	AND	Muito Alto	AND	Muito Alto	THEN	Alto
26	IF	Baixo	AND	Muito Baixo	AND	Muito Baixo	THEN	Muito Baixo
27	IF	Baixo	AND	Muito Baixo	AND	Baixo	THEN	Baixo
28	IF	Baixo	AND	Muito Baixo	AND	Médio	THEN	Baixo
29	IF	Baixo	AND	Muito Baixo	AND	Alto	THEN	Moderadamente Baixo
30	IF	Baixo	AND	Muito Baixo	AND	Muito Alto	THEN	Moderadamente Baixo
31	IF	Baixo	AND	Baixo	AND	Muito Baixo	THEN	Baixo
32	IF	Baixo	AND	Baixo	AND	Baixo	THEN	Baixo
33	IF	Baixo	AND	Baixo	AND	Médio	THEN	Moderadamente Baixo
34	IF	Baixo	AND	Baixo	AND	Alto	THEN	Moderadamente Baixo
35	IF	Baixo	AND	Baixo	AND	Muito Alto	THEN	Médio
36	IF	Baixo	AND	Médio	AND	Muito Baixo	THEN	Baixo
37	IF	Baixo	AND	Médio	AND	Baixo	THEN	Moderadamente Baixo
38	IF	Baixo	AND	Médio	AND	Médio	THEN	Moderadamente Baixo
39	IF	Baixo	AND	Médio	AND	Alto	THEN	Médio
40	IF	Baixo	AND	Médio	AND	Muito Alto	THEN	Médio
41	IF	Baixo	AND	Alto	AND	Muito Baixo	THEN	Moderadamente Baixo
42	IF	Baixo	AND	Alto	AND	Baixo	THEN	Moderadamente Baixo

(continua...)

(continuação)

Regras para três variáveis - 5 Mês de entrada e 7 Mfs de saída								
Nº	Operador	Var ling	Operador	Var ling	Operador	Var ling	Operador	Outputs
43	IF	Baixo	AND	Alto	AND	Médio	THEN	Médio
44	IF	Baixo	AND	Alto	AND	Alto	THEN	Alto
45	IF	Baixo	AND	Alto	AND	Muito Alto	THEN	Alto
46	IF	Baixo	AND	Muito Alto	AND	Muito Baixo	THEN	Moderadamente Baixo
47	IF	Baixo	AND	Muito Alto	AND	Baixo	THEN	Médio
48	IF	Baixo	AND	Muito Alto	AND	Médio	THEN	Médio
49	IF	Baixo	AND	Muito Alto	AND	Alto	THEN	Alto
50	IF	Baixo	AND	Muito Alto	AND	Muito Alto	THEN	Alto
51	IF	Médio	AND	Muito Baixo	AND	Muito Baixo	THEN	Baixo
52	IF	Médio	AND	Muito Baixo	AND	Baixo	THEN	Baixo
53	IF	Médio	AND	Muito Baixo	AND	Médio	THEN	Moderadamente Baixo
54	IF	Médio	AND	Muito Baixo	AND	Alto	THEN	Médio
55	IF	Médio	AND	Muito Baixo	AND	Muito Alto	THEN	Médio
56	IF	Médio	AND	Baixo	AND	Muito Baixo	THEN	Baixo
57	IF	Médio	AND	Baixo	AND	Baixo	THEN	Moderadamente Baixo
58	IF	Médio	AND	Baixo	AND	Médio	THEN	Moderadamente Baixo
59	IF	Médio	AND	Baixo	AND	Alto	THEN	Médio
60	IF	Médio	AND	Baixo	AND	Muito Alto	THEN	Médio
61	IF	Médio	AND	Médio	AND	Muito Baixo	THEN	Moderadamente Baixo
62	IF	Médio	AND	Médio	AND	Baixo	THEN	Moderadamente Baixo
63	IF	Médio	AND	Médio	AND	Médio	THEN	Médio
64	IF	Médio	AND	Médio	AND	Alto	THEN	Alto
65	IF	Médio	AND	Médio	AND	Muito Alto	THEN	Alto
66	IF	Médio	AND	Alto	AND	Muito Baixo	THEN	Médio
67	IF	Médio	AND	Alto	AND	Baixo	THEN	Médio
68	IF	Médio	AND	Alto	AND	Médio	THEN	Alto
69	IF	Médio	AND	Alto	AND	Alto	THEN	Alto
70	IF	Médio	AND	Alto	AND	Muito Alto	THEN	Moderadamente Alto
71	IF	Médio	AND	Muito Alto	AND	Muito Baixo	THEN	Médio
72	IF	Médio	AND	Muito Alto	AND	Baixo	THEN	Médio
73	IF	Médio	AND	Muito Alto	AND	Médio	THEN	Alto
74	IF	Médio	AND	Muito Alto	AND	Alto	THEN	Moderadamente Alto
75	IF	Médio	AND	Muito Alto	AND	Muito Alto	THEN	Moderadamente Alto
76	IF	Alto	AND	Muito Baixo	AND	Muito Baixo	THEN	Moderadamente Baixo
77	IF	Alto	AND	Muito Baixo	AND	Baixo	THEN	Moderadamente Baixo
78	IF	Alto	AND	Muito Baixo	AND	Médio	THEN	Médio
79	IF	Alto	AND	Muito Baixo	AND	Alto	THEN	Médio
80	IF	Alto	AND	Muito Baixo	AND	Muito Alto	THEN	Alto
81	IF	Alto	AND	Baixo	AND	Muito Baixo	THEN	Moderadamente Baixo
82	IF	Alto	AND	Baixo	AND	Baixo	THEN	Moderadamente Baixo
83	IF	Alto	AND	Baixo	AND	Médio	THEN	Médio

(continua...)

(continuação)

Regras para três variáveis - 5 Mfs de entrada e 7 Mfs de saída								
Nº	Operador	Var ling	Operador	Var ling	Operador	Var ling	Operador	Outputs
84	IF	Alto	AND	Baixo	AND	Alto	THEN	Alto
85	IF	Alto	AND	Baixo	AND	Muito Alto	THEN	Alto
86	IF	Alto	AND	Médio	AND	Muito Baixo	THEN	Médio
87	IF	Alto	AND	Médio	AND	Baixo	THEN	Médio
88	IF	Alto	AND	Médio	AND	Médio	THEN	Alto
89	IF	Alto	AND	Médio	AND	Alto	THEN	Alto
90	IF	Alto	AND	Médio	AND	Muito Alto	THEN	Moderadamente Alto
91	IF	Alto	AND	Alto	AND	Muito Baixo	THEN	Médio
92	IF	Alto	AND	Alto	AND	Baixo	THEN	Alto
93	IF	Alto	AND	Alto	AND	Médio	THEN	Alto
94	IF	Alto	AND	Alto	AND	Alto	THEN	Moderadamente Alto
95	IF	Alto	AND	Alto	AND	Muito Alto	THEN	Moderadamente Alto
96	IF	Alto	AND	Muito Alto	AND	Muito Baixo	THEN	Alto
97	IF	Alto	AND	Muito Alto	AND	Baixo	THEN	Alto
98	IF	Alto	AND	Muito Alto	AND	Médio	THEN	Moderadamente Alto
99	IF	Alto	AND	Muito Alto	AND	Alto	THEN	Moderadamente Alto
100	IF	Alto	AND	Muito Alto	AND	Muito Alto	THEN	Muito Alto
101	IF	Muito Alto	AND	Muito Baixo	AND	Muito Baixo	THEN	Moderadamente Baixo
102	IF	Muito Alto	AND	Muito Baixo	AND	Baixo	THEN	Moderadamente Baixo
103	IF	Muito Alto	AND	Muito Baixo	AND	Médio	THEN	Médio
104	IF	Muito Alto	AND	Muito Baixo	AND	Alto	THEN	Alto
105	IF	Muito Alto	AND	Muito Baixo	AND	Muito Alto	THEN	Alto
106	IF	Muito Alto	AND	Baixo	AND	Muito Baixo	THEN	Moderadamente Baixo
107	IF	Muito Alto	AND	Baixo	AND	Baixo	THEN	Médio
108	IF	Muito Alto	AND	Baixo	AND	Médio	THEN	Médio
109	IF	Muito Alto	AND	Baixo	AND	Alto	THEN	Alto
110	IF	Muito Alto	AND	Baixo	AND	Muito Alto	THEN	Alto
111	IF	Muito Alto	AND	Médio	AND	Muito Baixo	THEN	Médio
112	IF	Muito Alto	AND	Médio	AND	Baixo	THEN	Médio
113	IF	Muito Alto	AND	Médio	AND	Médio	THEN	Alto
114	IF	Muito Alto	AND	Médio	AND	Alto	THEN	Moderadamente Alto
115	IF	Muito Alto	AND	Médio	AND	Muito Alto	THEN	Moderadamente Alto
116	IF	Muito Alto	AND	Alto	AND	Muito Baixo	THEN	Alto
117	IF	Muito Alto	AND	Alto	AND	Baixo	THEN	Alto
118	IF	Muito Alto	AND	Alto	AND	Médio	THEN	Moderadamente Alto
119	IF	Muito Alto	AND	Alto	AND	Alto	THEN	Moderadamente Alto
120	IF	Muito Alto	AND	Alto	AND	Muito Alto	THEN	Muito Alto
121	IF	Muito Alto	AND	Muito Alto	AND	Muito Baixo	THEN	Alto
122	IF	Muito Alto	AND	Muito Alto	AND	Baixo	THEN	Alto
123	IF	Muito Alto	AND	Muito Alto	AND	Médio	THEN	Moderadamente Alto
124	IF	Muito Alto	AND	Muito Alto	AND	Alto	THEN	Muito Alto
125	IF	Muito Alto	AND	Muito Alto	AND	Muito Alto	THEN	Muito Alto

APÊNDICE II

Dados municipais (reais⁴⁶) utilizados para os cálculos do índice de vulnerabilidade à seca para a região semiárida brasileira no ano de 2000

Indicador	Subindicadores	Variáveis		Municípios						
				Cabaceiras	Cajazeiras	Patos	Picuí	Princesa Isabel	Sousa	Sumé
Exposição	Características do evento	1	Índice de Anomalia de Chuva (RAI);	2.777	1.692	-1.000	2.062	-1.881	2.032	3.505
		2	Índice de Aridez;	0.3235	0.5714	0.3500	0.3568	0.5224	0.3689	0.3500
	Exposição da população	3	Força de trabalho que depende da agropecuária (%);	23.38	7.42	3.40	19.89	19.12	13.35	18.92
		4	População Rural (%);	58.97	23.30	4.15	40.36	37.46	26.24	27.66
	Exposição das Atividades	5	Exposição do tipo de Cultura;	0,200	0,174	0,230	0,212	0,168	0,165	0,236
		6	Exposição do tipo de Rebanho;	0,163	0,093	0,104	0,104	0,076	0,110	0,145
Sensibilidade	Características Socioeconômicas	7	Índice de Inequidade (Gini);	0.5049	0.6156	0.5866	0.5485	0.5531	0.5861	0.5308
		8	Força de trabalho não ocupada (%);	9.76	12.73	15.84	6.94	12.75	14.6	18.57
	Características Tecnológicas	9	Volume de água atingindo nos reservatórios ao fim do Quadrimestre chuvoso, no ano de referência (%);	43.21	57.80	0.00	0.10	72.10	73.00	7.02
		10	Porcentagem das famílias atendidas por poços (%);	26.284	3.462	0.911	3.731	0.569	2.587	5.785
		11	Porcentagem das famílias atendidas por cisternas (%);	23.801	2.192	0.748	38.417	9.099	10.182	33.979
		12	Estabelecimentos agropecuários que utilizam agricultura irrigada (%);	0.65	1.16	0.91	0.14	0.17	5.51	0.42
	Características das atividades	13	Áreas das propriedades agrícolas destinadas a lavoura (Lavouras temporárias + Permanentes (%));	0.78	2.47	1.06	4.69	4.57	2.52	1.16
		14	Áreas degradadas ou inapropriadas para pecuária e agricultura (%);	7.97	6.80	9.21	6.84	4.41	4.37	3.74
Capacidade Adaptativa	Capacidade Humana	15	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM);	0.470	0.528	0.557	0.433	0.466	0.508	0.469
		16	Porcentagem do PIB investido em Educação e Cultura (%);	11.95	2.84	3.39	7.03	4.96	3.22	6.58
	Governabilidade	17	População atendida por Programas Sociais no município (%);	11.86	9.63	10.95	13.23	11.56	12.04	14.52
		18	Produto Interno Bruto Municipal per capita (R\$1.000,00);	1743	2038	2306	1345	1323	2416	1881
	Meios de vida	19	População que recebe algum tipo de Benefício do MPS (%);	23.89	15.71	10.84	16.69	18.93	15.60	18.56
		20	Porcentagem de funcionários públicos (%);	4.3	8.9	10.9	5.4	12.4	5.5	10.7

⁴⁶ Não normalizados e sem passar pela análise de proporção (diretamente ou inversamente proporcional a vulnerabilidade).

Dados municipais (reais) utilizados para os cálculos do índice de vulnerabilidade à seca para a região semiárida brasileira no ano de 2010

Indicador	Subindicadores	Variáveis		Municípios						
				<i>Cabaceiras</i>	<i>Cajazeiras</i>	<i>Patos</i>	<i>Picuí</i>	<i>Princesa Isabel</i>	<i>Sousa</i>	<i>Sumé</i>
Exposição	Características do evento	1	<i>Índice de Anomalia de Chuva (RAI);</i>	-1.32	-2.90	-1.52	-1.74	-2.41	-2.64	-0.66
		2	<i>Índice de Aridez;</i>	0.32	0.57	0.35	0.36	0.52	0.37	0.35
	Exposição da população	3	<i>Força de trabalho que depende da agropecuária (%);</i>	37.78	18.48	3.68	39.34	35.94	15.41	35.24
		4	<i>População Rural (%);</i>	55.97	18.73	3.37	32.62	31.74	20.12	23.81
	Exposição das Atividades	5	<i>Exposição do tipo de Cultura;</i>	0,200	0,174	0,230	0,212	0,168	0,165	0,236
		6	<i>Exposição do tipo de Rebanho;</i>	0,163	0,093	0,104	0,104	0,076	0,110	0,145
Sensibilidade	Características Socioeconômicas	7	<i>Índice de Inequidade (Gini);</i>	0.4622	0.5637	0.5630	0.5055	0.4803	0.5475	0.5281
		8	<i>Força de trabalho não ocupada (%);</i>	7.00	6.28	8.40	5.61	6.51	9.75	8.03
	Características Tecnológicas	9	<i>Volume de água atingindo nos reservatórios ao fim do Quadrimestre chuvoso, no ano de referência (%);</i>	11.57	49.46	49.59	46.68	29.66	38.38	28.37
		10	<i>Porcentagem das famílias atendidas por poços (%);</i>	21.48	3.20	0.81	3.50	0.45	2.31	5.51
		11	<i>Porcentagem das famílias atendidas por cisternas (%);</i>	9.45	6.48	1.28	22.46	16.35	1.40	12.61
		12	<i>Estabelecimentos agropecuários que utilizam agricultura irrigada (%);</i>	0.65	1.16	0.91	0.14	0.17	5.51	0.42
	Características das atividades	13	<i>Áreas das propriedades agrícolas destinadas a lavoura (Lavouras temporárias + Permanentes (%));</i>	8.55	27.15	11.67	51.61	50.22	27.73	12.75
		14	<i>Áreas degradadas ou inapropriadas para pecuária e agricultura (%);</i>	79.71	67.95	92.15	68.42	44.07	43.72	37.43
Capacidade Adaptativa	Capacidade Humana	15	<i>Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM);</i>	0.61	0.68	0.70	0.61	0.61	0.67	0.63
		16	<i>Porcentagem do PIB investido em Educação e Cultura (%);</i>	9.90	3.44	3.45	8.49	8.25	1.89	5.74
	Governabilidade	17	<i>População atendida por Programas Sociais no município (%);</i>	14.82	16.97	16.40	16.16	14.11	19.63	18.46
		18	<i>Produto Interno Bruto Municipal per capita (R\$1.000,00);</i>	4985.8	7901.97	6879.66	4638.84	4391.69	8910.38	4907.23
	Meios de vida	19	<i>População que recebe algum tipo de Benefício do MPS (%);</i>	26.12	30.59	25.79	22.29	22.79	29.38	21.08
		20	<i>Porcentagem de funcionários públicos (%);</i>	0.99	3.12	3.10	1.25	3.12	2.79	3.62

Tabela referência das variáveis⁴⁷

Subindicadores	ID	Variáveis
Características do evento	1	Índice de Anomalia de Chuva (RAI):
	2	Índice de Aridez:
Exposição da população	3	Força de trabalho que depende da agropecuária (%):
	4	População Rural (%):
Exposição das Atividades	5	Exposição do tipo de Cultura;
	6	Exposição do tipo de Rebanho;
Características Socioeconômicas	7	Poder de compra Per Capita;
	8	Força de trabalho não ocupada (%);
Características Tecnológicas	9	Volume de água atingindo nos reservatórios ao fim do Quadrimestre chuvoso, no ano de referência (%);
	10	Porcentagem das famílias atendidas por poços (%):
	11	Estabelecimentos agropecuários que utilizam agricultura irrigada (%);
Características das atividades	12	Áreas das propriedades agrícolas destinadas a lavoura (Lavouras temporárias + Permanentes (%));
	13	Áreas degradadas ou inapropriadas para pecuária e agricultura (%):
Capacidade Humana	14	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)
	15	Porcentagem do PIB investido em Educação e Cultura (%)
Governabilidade	16	População atendida por Programas Sociais no município (%)
	17	Produto Interno Bruto Municipal per capita (R\$)
Meios de vida	18	População que recebe algum tipo de Benefício do MPS (%);
	19	Porcentagem de funcionários públicos (%)

⁴⁷ Devido ao grande número de municípios e variáveis utilizadas em Portugal, fez-se necessário a utilização de duas tabelas de referências para identificar as variáveis e os municípios (próxima página).

Tabela referência dos municípios

Correspondente:	Nome do município
1º	Alandroal
2º	Alcoutim
3º	Aljustrel
4º	Almodôvar
5º	Arraiolos
6º	Arronches
7º	Barrancos
8º	Beja
9º	Borba
10º	Campo Maior
11º	Castro Marim
12º	Castro Verde
13º	Cuba
14º	Elvas
15º	Estremoz
16º	Évora
17º	Loulé
18º	Mértola
19º	Monforte
20º	Moura
21º	Mourão
22º	Ourique
23º	Portalegre
24º	Portel
25º	Redondo
26º	Reguengos de Monsaraz
27º	São Brás de Alportel
28º	Serpa
29º	Tavira
30º	Vidigueira
31º	Vila Real de Santo António
32º	Vila Viçosa

Dados municipais (reais) utilizados para os cálculos do índice de vulnerabilidade à seca para a região semiárida portuguesa no ano de 2000

Indicador	Exposição						Sensibilidade							Capacidade Adaptativa						
	ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Municípios	1º	0.544	0.580	41.10	0.743	0.667	0.313	44.60	0.087	98.00	0.180	6.01	18.10	0.01	0.770	18.1	9.86	0.053	0.032	0.04
	2º	0.533	0.420	41.16	0.733	0.664	0.160	35.90	0.073	68.45	0.087	3.51	18.23	0.00	0.792	9.7	11.68	0.026	0.052	0.05
	3º	0.701	0.420	14.86	0.743	0.667	0.000	47.00	0.127	85.88	0.015	12.64	3.50	0.00	0.776	4.9	17.37	0.000	0.028	0.02
	4º	0.545	0.420	20.27	0.743	0.667	0.248	49.20	0.075	85.88	0.026	0.55	62.03	0.00	0.770	12.1	13.58	0.067	0.037	0.03
	5º	0.578	0.580	23.96	0.743	0.667	0.450	47.20	0.071	91.49	0.141	9.67	32.67	0.00	0.794	18.6	11.05	0.068	0.030	0.02
	6º	0.507	0.580	37.28	0.743	0.667	0.183	58.80	0.081	91.80	0.062	3.33	13.93	0.01	0.849	12.5	10.47	0.019	0.066	0.04
	7º	0.701	0.420	13.16	0.743	0.667	0.085	51.80	0.221	85.88	0.060	0.07	40.57	0.00	0.790	11.5	7.28	0.000	0.074	0.06
	8º	0.701	0.420	9.69	0.743	0.666	0.384	102.90	0.091	85.88	0.045	10.33	13.97	0.00	0.791	16.7	15.81	0.405	0.068	0.02
	9º	0.544	0.580	22.04	0.743	0.667	0.108	63.20	0.049	98.00	0.071	15.16	23.87	0.01	0.778	2.2	14.28	0.071	0.024	0.03
	10º	0.507	0.580	22.77	0.743	0.667	0.066	73.80	0.088	91.80	0.042	29.38	4.57	0.04	0.794	17.0	19.04	0.082	0.049	0.03
	11º	0.533	0.420	20.51	0.733	0.606	0.151	53.70	0.051	68.45	0.052	11.11	18.31	0.00	0.794	19.9	15.36	0.079	0.045	0.02
	12º	0.701	0.420	13.36	0.743	0.667	0.148	58.10	0.116	85.88	0.031	1.18	28.36	0.00	0.813	5.4	14.86	0.076	0.027	0.03
	13º	0.701	0.580	21.94	0.743	0.667	0.217	47.70	0.091	85.88	0.032	14.98	6.93	0.12	0.788	14.9	17.49	0.037	0.041	0.03
	14º	0.507	0.580	11.86	0.743	0.660	0.441	72.10	0.08	91.80	0.037	14.90	17.37	0.00	0.789	33.0	22.04	0.253	0.080	0.01
	15º	0.544	0.580	19.80	0.743	0.667	0.312	73.10	0.059	98.00	0.119	6.10	37.06	0.00	0.792	19.9	13.03	0.157	0.042	0.02
	16º	0.578	0.420	6.89	0.743	0.666	0.559	105.00	0.051	91.49	0.028	7.81	1.48	0.01	0.805	18.1	4.83	0.657	0.071	0.02
	17º	0.533	0.580	9.80	0.733	0.418	0.230	106.80	0.051	68.45	0.060	20.26	1.42	0.00	0.811	4.2	16.48	1.000	0.024	0.02
	18º	0.545	0.420	27.52	0.743	0.641	0.270	46.30	0.123	85.88	0.072	1.04	62.32	0.00	0.786	26.8	13.40	0.069	0.040	0.04
	19º	0.507	0.580	29.60	0.743	0.667	0.000	48.60	0.049	91.80	0.131	6.23	34.52	0.01	0.764	13.8	19.40	0.017	0.039	0.05
	20º	0.701	0.580	22.75	0.743	0.666	0.365	55.80	0.146	85.88	0.083	2.72	17.58	0.00	0.770	14.2	23.01	0.179	0.040	0.02
	21º	0.578	0.420	26.29	0.743	0.667	0.127	53.10	0.088	91.49	0.076	3.22	26.56	0.00	0.775	12.8	14.83	0.021	0.044	0.08
	22º	0.701	0.580	23.73	0.743	0.667	0.309	56.40	0.105	85.88	0.059	3.25	74.48	0.01	0.773	8.3	11.55	0.000	0.034	0.05
	23º	0.507	1.830	11.54	0.743	0.659	0.353	95.30	0.065	91.80	0.010	9.50	43.20	0.02	0.798	14.8	12.37	0.271	0.077	0.02
	24º	0.578	0.580	22.99	0.743	0.667	0.176	43.20	0.117	91.49	0.104	8.67	28.89	0.00	0.775	21.7	12.11	0.067	0.029	0.04
	25º	0.578	0.580	37.83	0.743	0.667	0.187	54.70	0.07	91.49	0.128	7.32	29.26	0.00	0.774	9.3	15.20	0.061	0.034	0.03
	26º	0.578	0.580	32.74	0.743	0.663	0.213	61.00	0.071	91.49	0.068	5.54	11.11	0.01	0.785	6.9	14.42	0.123	0.038	0.02
	27º	0.533	1.830	6.85	0.733	0.553	0.013	77.20	0.062	68.45	0.035	18.10	2.66	0.00	0.815	6.8	13.60	0.179	0.028	0.03
	28º	0.701	0.420	29.58	0.743	0.667	0.447	49.80	0.165	85.88	0.077	3.61	20.63	0.02	0.777	8.8	17.91	0.169	0.038	0.02
	29º	0.533	0.580	15.25	0.733	0.273	0.264	60.00	0.064	68.45	0.065	29.92	4.44	0.00	0.806	4.9	16.55	0.372	0.043	0.02
	30º	0.701	0.580	33.51	0.743	0.667	0.091	49.90	0.083	85.88	0.100	10.33	16.67	0.01	0.784	7.2	17.71	0.052	0.041	0.03
	31º	0.533	0.420	2.17	0.733	0.616	0.016	90.90	0.084	68.45	0.015	31.67	3.41	0.00	0.811	19.4	19.60	0.266	0.049	0.02
	32º	0.544	0.580	7.91	0.743	0.667	0.086	65.00	0.052	98.00	0.052	4.02	15.58	0.00	0.798	9.4	14.14	0.087	0.036	0.02

Dados municipais (reais) utilizados para os cálculos do índice de vulnerabilidade à seca para a região semiárida portuguesa no ano de 2004

Indicador	Exposição						Sensibilidade							Capacidade Adaptativa						
	ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Municípios	1º	0.688	0.580	41.10	0.743	0.667	0.313	48.40	0.087	31.80	0.180	6.01	18.10	0.01	0.770	18.1	9.86	0.053	0.032	0.04
	2º	0.415	0.420	41.16	0.733	0.664	0.160	40.10	0.073	36.40	0.087	3.51	18.23	0.00	0.792	9.7	11.68	0.026	0.052	0.05
	3º	0.717	0.420	14.86	0.743	0.667	0.000	56.50	0.127	61.10	0.015	12.64	3.50	0.00	0.776	4.9	17.37	0.000	0.028	0.02
	4º	0.490	0.420	20.27	0.743	0.667	0.248	52.50	0.075	48.29	0.026	0.55	62.03	0.00	0.770	12.1	13.58	0.067	0.037	0.03
	5º	0.457	0.580	23.96	0.743	0.667	0.450	56.40	0.071	55.23	0.141	9.67	32.67	0.00	0.794	18.6	11.05	0.068	0.030	0.02
	6º	0.514	0.580	37.28	0.743	0.667	0.183	54.60	0.081	61.10	0.062	3.33	13.93	0.01	0.849	12.5	10.47	0.019	0.066	0.04
	7º	0.717	0.420	13.16	0.743	0.667	0.085	47.80	0.221	61.10	0.060	0.07	40.57	0.00	0.790	11.5	7.28	0.000	0.074	0.06
	8º	0.717	0.420	9.69	0.743	0.666	0.384	101.00	0.091	61.10	0.045	10.33	13.97	0.00	0.791	16.7	15.81	0.405	0.068	0.02
	9º	0.688	0.580	22.04	0.743	0.667	0.108	66.50	0.049	31.80	0.071	15.16	23.87	0.01	0.778	2.2	14.28	0.071	0.024	0.03
	10º	0.514	0.580	22.77	0.743	0.667	0.066	85.60	0.088	61.10	0.042	29.38	4.57	0.04	0.794	17.0	19.04	0.082	0.049	0.03
	11º	0.415	0.420	20.51	0.733	0.606	0.151	71.30	0.051	36.40	0.052	11.11	18.31	0.00	0.794	19.9	15.36	0.079	0.045	0.02
	12º	0.717	0.420	13.36	0.743	0.667	0.148	65.20	0.116	61.10	0.031	1.18	28.36	0.00	0.813	5.4	14.86	0.076	0.027	0.03
	13º	0.717	0.580	21.94	0.743	0.667	0.217	54.40	0.091	61.10	0.032	14.98	6.93	0.12	0.788	14.9	17.49	0.037	0.041	0.03
	14º	0.514	0.580	11.86	0.743	0.660	0.441	83.50	0.08	61.10	0.037	14.90	17.37	0.00	0.789	33.0	22.04	0.253	0.080	0.01
	15º	0.688	0.580	19.80	0.743	0.667	0.312	73.00	0.059	31.80	0.119	6.10	37.06	0.00	0.792	19.9	13.03	0.157	0.042	0.02
	16º	0.457	0.420	6.89	0.743	0.666	0.559	111.90	0.051	55.23	0.028	7.81	1.48	0.01	0.805	18.1	4.83	0.657	0.071	0.02
	17º	0.415	0.580	9.80	0.733	0.418	0.230	120.60	0.051	36.40	0.060	20.26	1.42	0.00	0.811	4.2	16.48	1.000	0.024	0.02
	18º	0.490	0.420	27.52	0.743	0.641	0.270	45.80	0.123	48.29	0.072	1.04	62.32	0.00	0.786	26.8	13.40	0.069	0.040	0.04
	19º	0.514	0.580	29.60	0.743	0.667	0.000	51.70	0.049	61.10	0.131	6.23	34.52	0.01	0.764	13.8	19.40	0.017	0.039	0.05
	20º	0.717	0.580	22.75	0.743	0.666	0.365	60.40	0.146	61.10	0.083	2.72	17.58	0.00	0.770	14.2	23.01	0.179	0.040	0.02
	21º	0.457	0.420	26.29	0.743	0.667	0.127	52.80	0.088	55.23	0.076	3.22	26.56	0.00	0.775	12.8	14.83	0.021	0.044	0.08
	22º	0.717	0.580	23.73	0.743	0.667	0.309	53.30	0.105	61.10	0.059	3.25	74.48	0.01	0.773	8.3	11.55	0.000	0.034	0.05
	23º	0.514	1.830	11.54	0.743	0.659	0.353	95.80	0.065	61.10	0.010	9.50	43.20	0.02	0.798	14.8	12.37	0.271	0.077	0.02
	24º	0.457	0.580	22.99	0.743	0.667	0.176	45.70	0.117	55.23	0.104	8.67	28.89	0.00	0.775	21.7	12.11	0.067	0.029	0.04
	25º	0.457	0.580	37.83	0.743	0.667	0.187	56.40	0.07	55.23	0.128	7.32	29.26	0.00	0.774	9.3	15.20	0.061	0.034	0.03
	26º	0.457	0.580	32.74	0.743	0.663	0.213	72.20	0.071	55.23	0.068	5.54	11.11	0.01	0.785	6.9	14.42	0.123	0.038	0.02
	27º	0.415	1.830	6.85	0.733	0.553	0.013	78.80	0.062	36.40	0.035	18.10	2.66	0.00	0.815	6.8	13.60	0.179	0.028	0.03
	28º	0.717	0.420	29.58	0.743	0.667	0.447	55.80	0.165	61.10	0.077	3.61	20.63	0.02	0.777	8.8	17.91	0.169	0.038	0.02
	29º	0.415	0.580	15.25	0.733	0.273	0.264	83.70	0.064	36.40	0.065	29.92	4.44	0.00	0.806	4.9	16.55	0.372	0.043	0.02
	30º	0.717	0.580	33.51	0.743	0.667	0.091	53.40	0.083	61.10	0.100	10.33	16.67	0.01	0.784	7.2	17.71	0.052	0.041	0.03
	31º	0.415	0.420	2.17	0.733	0.616	0.016	104.40	0.084	36.40	0.015	31.67	3.41	0.00	0.811	19.4	19.60	0.266	0.049	0.02
	32º	0.688	0.580	7.91	0.743	0.667	0.086	77.30	0.052	31.80	0.052	4.02	15.58	0.00	0.798	9.4	14.14	0.087	0.036	0.02

Dados municipais (reais) utilizados para os cálculos do índice de vulnerabilidade à seca para a região semiárida portuguesa no ano de 2010

Indicador	Exposição						Sensibilidade							Capacidade Adaptativa						
	ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Municípios	1º	0.855	0.420	34.19	0.629	0.124	0.363	57.10	0.156	100.00	0.180	6.34	46.63	0.00	0.940	11.5	14.29	0.114	0.040	0.04
	2º	0.940	0.420	52.48	0.748	0.144	0.091	59.90	0.088	98.00	0.087	0.31	17.35	0.01	0.915	12.7	9.75	0.000	0.080	0.05
	3º	0.792	0.420	15.12	0.695	0.141	0.167	81.20	0.144	100.00	0.015	19.72	29.80	0.01	0.768	23.6	16.83	0.000	0.040	0.02
	4º	0.938	0.420	19.63	0.695	0.013	0.219	72.30	0.128	95.53	0.026	0.64	68.94	0.04	0.788	16.9	13.65	0.142	0.051	0.03
	5º	0.900	0.420	19.83	0.629	0.066	0.390	68.70	0.1	92.60	0.141	4.59	44.63	0.00	0.944	21.2	13.45	0.133	0.037	0.02
	6º	0.875	0.420	25.31	0.862	0.066	0.000	68.10	0.144	90.40	0.062	1.94	44.11	0.00	0.833	10.2	12.45	0.058	0.088	0.04
	7º	0.792	0.420	17.35	0.695	0.013	0.086	58.70	0.165	100.00	0.060	0.08	58.44	0.19	0.792	6.1	12.49	0.032	0.079	0.06
	8º	0.792	0.420	10.95	0.695	0.456	0.405	105.60	0.115	100.00	0.045	16.51	19.62	0.05	0.783	12.9	16.57	0.632	0.082	0.02
	9º	0.855	0.420	16.88	0.629	0.101	0.066	71.30	0.14	100.00	0.071	7.53	34.02	0.00	0.925	7.6	16.16	0.135	0.033	0.03
	10º	0.875	0.420	15.37	0.862	0.174	0.065	90.00	0.151	90.40	0.042	19.11	11.75	0.00	0.780	9.4	23.34	0.147	0.060	0.03
	11º	0.940	0.420	18.58	0.748	0.119	0.122	75.00	0.171	98.00	0.052	4.21	18.90	0.01	0.937	24.9	15.95	0.002	0.054	0.02
	12º	0.792	0.420	12.57	0.695	0.039	0.200	98.80	0.103	100.00	0.031	1.74	63.91	0.03	0.772	25.6	15.33	0.133	0.040	0.03
	13º	0.792	0.420	17.93	0.695	0.069	0.196	64.50	0.147	100.00	0.032	26.43	22.66	0.01	0.779	16.2	17.50	0.086	0.049	0.03
	14º	0.875	0.420	9.89	0.862	0.244	0.490	84.90	0.184	90.40	0.037	14.81	38.75	0.09	0.785	5.8	25.56	0.412	0.087	0.01
	15º	0.855	0.420	16.65	0.629	0.256	0.208	89.80	0.109	100.00	0.119	7.63	40.58	0.00	0.926	6.6	15.61	0.275	0.054	0.02
	16º	0.900	0.420	5.14	0.629	0.220	0.547	112.50	0.106	92.60	0.028	7.61	2.56	0.01	0.944	8.7	14.68	1.000	0.087	0.02
	17º	0.940	0.580	4.82	0.748	0.359	0.103	100.20	0.151	98.00	0.060	6.91	7.07	0.00	0.937	7.8	17.26	0.030	0.026	0.02
	18º	0.938	0.420	28.28	0.695	0.059	0.353	61.30	0.12	95.53	0.072	0.78	77.92	0.01	0.772	21.2	12.34	0.152	0.055	0.04
	19º	0.875	0.420	29.41	0.862	0.068	0.000	64.00	0.151	90.40	0.131	4.92	62.70	0.00	0.766	15.6	23.86	0.058	0.047	0.05
	20º	0.792	0.420	25.12	0.695	0.860	0.480	71.80	0.199	100.00	0.083	8.47	24.41	0.02	0.776	6.5	26.17	0.291	0.052	0.02
	21º	0.900	0.420	24.86	0.629	0.057	0.125	63.20	0.229	92.60	0.076	2.94	36.04	0.00	0.930	11.5	27.11	0.055	0.065	0.08
	22º	0.792	0.420	24.28	0.695	0.009	0.373	65.90	0.126	100.00	0.059	2.12	79.38	0.02	0.828	2.6	14.92	0.000	0.051	0.05
	23º	0.875	0.580	7.29	0.862	0.188	0.257	102.00	0.132	90.40	0.010	1.71	46.54	0.03	0.800	15.0	13.87	0.458	0.097	0.02
	24º	0.900	0.420	27.72	0.629	0.175	0.378	56.80	0.153	92.60	0.104	2.61	30.97	0.05	0.940	38.8	14.61	0.124	0.038	0.04
	25º	0.900	0.420	22.16	0.629	0.190	0.243	66.20	0.127	92.60	0.128	9.56	29.43	0.05	0.939	12.9	18.52	0.127	0.044	0.03
	26º	0.900	0.420	20.48	0.629	0.233	0.158	86.80	0.133	92.60	0.068	6.78	23.30	0.04	0.938	16.3	18.60	0.199	0.052	0.02
	27º	0.940	0.580	4.13	0.748	0.043	0.010	87.20	0.122	98.00	0.035	4.30	3.55	0.00	0.945	10.5	14.82	0.003	0.037	0.03
	28º	0.792	0.420	31.88	0.695	1.000	0.471	66.70	0.205	100.00	0.077	10.67	25.40	0.03	0.779	13.2	16.90	0.294	0.050	0.02
	29º	0.940	0.580	13.12	0.748	0.248	0.133	88.50	0.151	98.00	0.065	11.22	9.07	0.00	0.934	7.3	15.82	0.011	0.050	0.02
	30º	0.792	0.420	31.81	0.695	0.296	0.000	66.90	0.143	100.00	0.100	24.12	19.17	0.00	0.777	12.9	16.64	0.107	0.048	0.03
	31º	0.940	0.420	1.50	0.748	0.000	0.036	91.90	0.199	98.00	0.015	5.36	6.17	0.21	0.930	10.7	21.25	0.074	0.057	0.02
	32º	0.855	0.420	7.36	0.629	0.062	0.170	81.20	0.116	100.00	0.052	3.60	59.33	0.01	0.943	22.9	16.90	0.155	0.050	0.02

APÊNDICE III

Dados municipais (normalizados) utilizados para os cálculos do índice de vulnerabilidade à seca para a região semiárida brasileira no ano de 2000:

Indicador	Subindicadores	Variáveis		Municípios						
				Cabaceiras	Cajazeiras	Patos	Picuí	Princesa Isabel	Sousa	Sumé
Exposição	Características do evento	1	Índice de Anomalia de Chuva (RAI);	0,847	0,712	0,375	0,758	0,265	0,754	0,938
		2	Índice de Aridez;	0,676	0,429	0,650	0,643	0,478	0,631	0,650
	Exposição da população	3	Força de trabalho que depende da agropecuária;	0,234	0,074	0,034	0,199	0,191	0,134	0,189
		4	População Rural;	0,590	0,233	0,042	0,404	0,375	0,262	0,277
	Exposição das Atividades	5	Exposição do tipo de Cultura;	0,200	0,174	0,230	0,212	0,168	0,165	0,236
		6	Exposição do tipo de Rebanho;	0,163	0,093	0,104	0,104	0,076	0,110	0,145
Sensibilidade	Características Socioeconômicas	7	Índice de Inequidade (Gini);	0,505	0,616	0,587	0,549	0,553	0,586	0,531
		8	Força de trabalho não ocupada;	0,098	0,127	0,158	0,069	0,128	0,146	0,186
	Características Tecnológicas	9	Volume de água atingindo nos reservatórios ao fim do Quadrimestre chuvoso, no ano de referência;	0,568	0,422	0,496	0,999	0,279	0,270	0,930
		10	Porcentagem das famílias atendidas por poços;	0,737	0,965	0,991	0,963	0,994	0,974	0,942
		11	Porcentagem das famílias atendidas por cisterna;	0,762	0,978	0,993	0,616	0,909	0,898	0,660
	Características das atividades	12	Estabelecimentos agropecuários que utilizam agricultura irrigada;	0,993	0,988	0,991	0,999	0,998	0,945	0,996
13		Áreas das propriedades agrícolas destinadas a lavoura (Lavouras temporárias + Permanentes);	0,992	0,975	0,989	0,953	0,954	0,975	0,988	
Capacidade Adaptativa	Capacidade Humana	14	Áreas degradadas ou inapropriadas para pecuária e agricultura;	0,797	0,680	0,921	0,684	0,441	0,437	0,374
		15	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM);	0,470	0,528	0,557	0,433	0,466	0,508	0,469
	Governabilidade	16	Porcentagem do PIB investido em Educação e Cultura;	0,119	0,028	0,034	0,070	0,050	0,032	0,066
		17	População atendida por Programas Sociais no município;	0,119	0,096	0,110	0,132	0,116	0,120	0,145
		18	Produto Interno Bruto Municipal per capita;	0,384	0,654	0,899	0,020	0,000	1,000	0,511
	Meios de vida	19	População que recebe algum tipo de Benefício do MPS;	0,239	0,157	0,108	0,167	0,189	0,156	0,186
		20	Porcentagem de funcionários públicos;	0,043	0,089	0,109	0,054	0,124	0,055	0,107

Dados municipais (normalizados) utilizados para os cálculos do índice de vulnerabilidade à seca para a região semiárida brasileira no ano de 2010:

Indicador	Subindicadores	Variáveis		Municípios						
				<i>Cabaceiras</i>	<i>Cajazeiras</i>	<i>Patos</i>	<i>Picuí</i>	<i>Princesa Isabel</i>	<i>Sousa</i>	<i>Sumé</i>
Exposição	Características do evento	1	<i>Índice de Anomalia de Chuva (RAI);</i>	0,335	0,137	0,310	0,282	0,199	0,171	0,418
		2	<i>Índice de Aridez;</i>	0,676	0,429	0,650	0,643	0,478	0,631	0,650
	Exposição da população	3	<i>Força de trabalho que depende da agropecuária;</i>	0,378	0,185	0,037	0,393	0,359	0,154	0,352
		4	<i>População Rural;</i>	0,560	0,187	0,034	0,326	0,317	0,201	0,238
	Exposição das Atividades	5	<i>Exposição do tipo de Cultura;</i>	0,200	0,174	0,230	0,212	0,168	0,165	0,236
		6	<i>Exposição do tipo de Rebanho;</i>	0,163	0,093	0,104	0,104	0,076	0,110	0,145
Sensibilidade	Características Socioeconômicas	7	<i>Índice de Inequidade (Gini);</i>	0,462	0,564	0,563	0,506	0,480	0,548	0,528
		8	<i>Força de trabalho não ocupada;</i>	0,070	0,063	0,084	0,056	0,065	0,097	0,080
	Características Tecnológicas	9	<i>Volume de água atingindo nos reservatórios ao fim do Quadrimestre chuvoso, no ano de referência;</i>	0,991	0,495	0,496	0,467	0,993	0,994	0,993
		10	<i>Porcentagem das famílias atendidas por poços;</i>	0,785	0,968	0,992	0,965	0,996	0,977	0,945
		11	<i>Porcentagem das famílias atendidas por cisterna;</i>	0,806	0,980	0,993	0,640	0,928	0,909	0,676
		12	<i>Estabelecimentos agropecuários que utilizam agricultura irrigada;</i>	0,869	0,617	0,645	0,541	0,802	0,405	0,844
	Características das atividades	13	<i>Áreas das propriedades agrícolas destinadas a lavoura (Lavouras temporárias + Permanentes);</i>	0,915	0,729	0,883	0,484	0,498	0,723	0,873
		14	<i>Áreas degradadas ou inapropriadas para pecuária e agricultura;</i>	0,797	0,680	0,921	0,684	0,441	0,437	0,374
Capacidade Adaptativa	Capacidade Humana	15	<i>Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM);</i>	0,611	0,679	0,701	0,608	0,606	0,668	0,627
		16	<i>Porcentagem do PIB investido em Educação e Cultura;</i>	0,099	0,034	0,035	0,085	0,082	0,019	0,057
	Governabilidade	17	<i>População atendida por Programas Sociais no município;</i>	0,148	0,170	0,164	0,162	0,141	0,196	0,185
		18	<i>Produto Interno Bruto Municipal per capita;</i>	0,180	1,000	1,000	0,749	0,734	1,000	0,193
	Meios de vida	19	<i>População que recebe algum tipo de Benefício do MPS;</i>	0,131	0,777	0,551	0,055	0,000	1,000	0,114
		20	<i>Porcentagem de funcionários públicos;</i>	0,010	0,031	0,031	0,013	0,031	0,028	0,036

Tabela referência das variáveis⁴⁸

Subindicadores	ID	Variáveis
Características do evento	1	Índice de Anomalia de Chuva (RAI):
	2	Índice de Aridez:
Exposição da população	3	Força de trabalho que depende da agropecuária (%):
	4	População Rural (%):
Exposição das Atividades	5	Exposição do tipo de Cultura;
	6	Exposição do tipo de Rebanho;
Características Socioeconômicas	7	Poder de compra Per Capita;
	8	Força de trabalho não ocupada (%);
Características Tecnológicas	9	Volume de água atingindo nos reservatórios ao fim do Quadrimestre chuvoso, no ano de referência (%);
	10	Porcentagem das famílias atendidas por poços (%):
	11	Estabelecimentos agropecuários que utilizam agricultura irrigada (%);
Características das atividades	12	Áreas das propriedades agrícolas destinadas a lavoura (Lavouras temporárias + Permanentes (%));
	13	Áreas degradadas ou inapropriadas para pecuária e agricultura (%):
Capacidade Humana	14	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)
	15	Porcentagem do PIB investido em Educação e Cultura (%)
Governabilidade	16	População atendida por Programas Sociais no município (%)
	17	Produto Interno Bruto Municipal per capita (R\$)
Meios de vida	18	População que recebe algum tipo de Benefício do MPS (%);
	19	Porcentagem de funcionários públicos (%)

⁴⁸ Devido ao grande número de municípios e variáveis utilizadas em Portugal, fez-se necessário a utilização de duas tabelas de referências para identificar as variáveis e os municípios (próxima página).

Tabela referência dos municípios

Correspondente:	Nome do município
1º	Alandroal
2º	Alcoutim
3º	Aljustrel
4º	Almodôvar
5º	Arraiolos
6º	Arronches
7º	Barrancos
8º	Beja
9º	Borba
10º	Campo Maior
11º	Castro Marim
12º	Castro Verde
13º	Cuba
14º	Elvas
15º	Estremoz
16º	Évora
17º	Loulé
18º	Mértola
19º	Monforte
20º	Moura
21º	Mourão
22º	Ourique
23º	Portalegre
24º	Portel
25º	Redondo
26º	Reguengos de Monsaraz
27º	São Brás de Alportel
28º	Serpa
29º	Tavira
30º	Vidigueira
31º	Vila Real de Santo António
32º	Vila Viçosa

Dados municipais (normalizados) utilizados para os cálculos do índice de vulnerabilidade à seca para a região semiárida portuguesa no ano de 2000

Indicador	Exposição						Sensibilidade							Capacidade Adaptativa						
	ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Municípios	1º	0,553	0,447	0,411	0,743	0,667	0,313	0,916	0,087	0,020	0,000	0,940	0,819	0,003	0,770	0,042	0,099	0,053	0,032	0,035
	2º	0,540	0,460	0,412	0,733	0,664	0,160	1,000	0,073	0,316	0,545	0,965	0,818	0,015	0,792	0,068	0,117	0,026	0,052	0,048
	3º	0,488	0,512	0,149	0,743	0,667	0,000	0,893	0,127	0,141	0,974	0,874	0,965	0,008	0,776	0,181	0,174	0,553	0,028	0,019
	4º	0,554	0,446	0,203	0,743	0,667	0,248	0,871	0,075	0,141	0,908	0,994	0,380	0,036	0,770	0,097	0,136	0,067	0,037	0,028
	5º	0,603	0,397	0,240	0,743	0,667	0,450	0,891	0,071	0,085	0,229	0,903	0,673	0,001	0,794	0,268	0,110	0,068	0,030	0,021
	6º	0,848	0,152	0,373	0,743	0,667	0,183	0,779	0,081	0,082	0,697	0,967	0,861	0,000	0,849	0,054	0,105	0,019	0,066	0,035
	7º	0,488	0,512	0,132	0,743	0,667	0,085	0,846	0,221	0,141	0,709	0,999	0,594	0,194	0,790	0,049	0,073	0,000	0,074	0,056
	8º	0,488	0,512	0,097	0,743	0,666	0,384	0,353	0,091	0,141	0,794	0,897	0,860	0,055	0,791	0,121	0,158	0,405	0,068	0,016
	9º	0,553	0,447	0,220	0,743	0,667	0,108	0,736	0,049	0,020	0,640	0,848	0,761	0,000	0,778	0,138	0,143	0,071	0,024	0,032
	10º	0,848	0,152	0,228	0,743	0,667	0,066	0,634	0,088	0,082	0,810	0,706	0,954	0,000	0,794	0,149	0,190	0,082	0,049	0,031
	11º	0,540	0,460	0,205	0,733	0,606	0,151	0,828	0,051	0,316	0,751	0,889	0,817	0,005	0,794	0,088	0,154	0,079	0,045	0,024
	12º	0,488	0,512	0,134	0,743	0,667	0,148	0,786	0,116	0,141	0,877	0,988	0,716	0,030	0,813	0,186	0,149	0,076	0,027	0,033
	13º	0,488	0,512	0,219	0,743	0,667	0,217	0,886	0,091	0,141	0,870	0,850	0,931	0,014	0,788	0,125	0,175	0,037	0,041	0,032
	14º	0,848	0,152	0,119	0,743	0,660	0,441	0,650	0,080	0,082	0,843	0,851	0,826	0,094	0,789	0,330	0,220	0,253	0,080	0,012
	15º	0,553	0,447	0,198	0,743	0,667	0,312	0,641	0,059	0,020	0,358	0,939	0,629	0,000	0,792	0,142	0,130	0,157	0,042	0,020
	16º	0,603	0,397	0,069	0,743	0,666	0,559	0,332	0,051	0,085	0,895	0,922	0,985	0,008	0,805	0,128	0,048	0,657	0,071	0,021
	17º	0,540	0,460	0,098	0,733	0,418	0,230	0,315	0,051	0,316	0,708	0,797	0,986	0,001	0,811	0,049	0,165	1,000	0,024	0,023
	18º	0,554	0,446	0,275	0,743	0,641	0,270	0,900	0,123	0,141	0,634	0,990	0,377	0,006	0,786	0,115	0,134	0,069	0,040	0,040
	19º	0,848	0,152	0,296	0,743	0,667	0,000	0,877	0,049	0,082	0,284	0,938	0,655	0,000	0,764	0,199	0,194	0,017	0,039	0,054
	20º	0,488	0,512	0,228	0,743	0,666	0,365	0,808	0,146	0,141	0,571	0,973	0,824	0,025	0,770	0,167	0,230	0,179	0,040	0,023
	21º	0,603	0,397	0,263	0,743	0,667	0,127	0,834	0,088	0,085	0,614	0,968	0,734	0,002	0,775	0,083	0,148	0,021	0,044	0,082
	22º	0,488	0,512	0,237	0,743	0,667	0,309	0,802	0,105	0,141	0,711	0,967	0,255	0,018	0,773	0,022	0,116	0,553	0,034	0,054
	23º	0,848	0,152	0,115	0,743	0,659	0,353	0,426	0,065	0,082	1,000	0,905	0,568	0,035	0,798	0,181	0,124	0,271	0,077	0,017
	24º	0,603	0,397	0,230	0,743	0,667	0,176	0,929	0,117	0,085	0,448	0,913	0,711	0,054	0,775	0,148	0,121	0,067	0,029	0,038
	25º	0,603	0,397	0,378	0,743	0,667	0,187	0,818	0,070	0,085	0,306	0,927	0,707	0,054	0,774	0,217	0,152	0,061	0,034	0,034
	26º	0,603	0,397	0,327	0,743	0,663	0,213	0,757	0,071	0,085	0,658	0,945	0,889	0,043	0,785	0,093	0,144	0,123	0,038	0,024
	27º	0,540	0,460	0,069	0,733	0,553	0,013	0,601	0,062	0,316	0,851	0,819	0,973	0,002	0,815	0,072	0,136	0,179	0,028	0,026
	28º	0,488	0,512	0,296	0,743	0,667	0,447	0,866	0,165	0,141	0,606	0,964	0,794	0,029	0,777	0,170	0,179	0,169	0,038	0,025
	29º	0,540	0,460	0,152	0,733	0,273	0,264	0,767	0,064	0,316	0,675	0,701	0,956	0,001	0,806	0,194	0,166	0,372	0,043	0,019
	30º	0,488	0,512	0,335	0,743	0,667	0,091	0,865	0,083	0,141	0,472	0,897	0,833	0,000	0,784	0,199	0,177	0,052	0,041	0,026
	31º	0,540	0,460	0,022	0,733	0,616	0,016	0,469	0,084	0,316	0,972	0,683	0,966	0,207	0,811	0,094	0,196	0,266	0,049	0,024
	32º	0,553	0,447	0,079	0,743	0,667	0,086	0,719	0,052	0,020	0,757	0,960	0,844	0,005	0,798	0,069	0,141	0,087	0,036	0,021

Dados municipais (normalizados) utilizados para os cálculos do índice de vulnerabilidade à seca para a região semiárida portuguesa no ano de 2004

Indicador	Exposição						Sensibilidade							Capacidade Adaptativa						
	ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Municípios	1º	0,855	0,447	0,411	0,743	0,667	0,313	0,916	0,087	0,682	0,000	0,940	0,819	0,003	0,053	0,042	0,099	0,053	0,032	0,035
	2º	0,940	0,460	0,412	0,733	0,664	0,160	1,000	0,073	0,636	0,545	0,965	0,818	0,015	0,026	0,068	0,117	0,026	0,052	0,048
	3º	0,792	0,512	0,149	0,743	0,667	0,000	0,834	0,127	0,389	0,974	0,874	0,965	0,008	0,553	0,181	0,174	0,553	0,028	0,019
	4º	0,938	0,446	0,203	0,743	0,667	0,248	0,875	0,075	0,517	0,908	0,994	0,380	0,036	0,067	0,097	0,136	0,067	0,037	0,028
	5º	0,900	0,397	0,240	0,743	0,667	0,450	0,835	0,071	0,448	0,229	0,903	0,673	0,001	0,068	0,268	0,110	0,068	0,030	0,021
	6º	0,875	0,152	0,373	0,743	0,667	0,183	0,854	0,081	0,389	0,697	0,967	0,861	0,000	0,019	0,054	0,105	0,019	0,066	0,035
	7º	0,792	0,512	0,132	0,743	0,667	0,085	0,922	0,221	0,389	0,709	0,999	0,594	0,194	0,000	0,049	0,073	0,000	0,074	0,056
	8º	0,792	0,512	0,097	0,743	0,666	0,384	0,385	0,091	0,389	0,794	0,897	0,860	0,055	0,405	0,121	0,158	0,405	0,068	0,016
	9º	0,855	0,447	0,220	0,743	0,667	0,108	0,733	0,049	0,682	0,640	0,848	0,761	0,000	0,071	0,138	0,143	0,071	0,024	0,032
	10º	0,875	0,152	0,228	0,743	0,667	0,066	0,540	0,088	0,389	0,810	0,706	0,954	0,000	0,082	0,149	0,190	0,082	0,049	0,031
	11º	0,940	0,460	0,205	0,733	0,606	0,151	0,685	0,051	0,636	0,751	0,889	0,817	0,005	0,079	0,088	0,154	0,079	0,045	0,024
	12º	0,792	0,512	0,134	0,743	0,667	0,148	0,746	0,116	0,389	0,877	0,988	0,716	0,030	0,076	0,186	0,149	0,076	0,027	0,033
	13º	0,792	0,512	0,219	0,743	0,667	0,217	0,856	0,091	0,389	0,870	0,850	0,931	0,014	0,037	0,125	0,175	0,037	0,041	0,032
	14º	0,875	0,152	0,119	0,743	0,660	0,441	0,562	0,080	0,389	0,843	0,851	0,826	0,094	0,253	0,330	0,220	0,253	0,080	0,012
	15º	0,855	0,447	0,198	0,743	0,667	0,312	0,668	0,059	0,682	0,358	0,939	0,629	0,000	0,157	0,142	0,130	0,157	0,042	0,020
	16º	0,900	0,397	0,069	0,743	0,666	0,559	0,275	0,051	0,448	0,895	0,922	0,985	0,008	0,657	0,128	0,048	0,657	0,071	0,021
	17º	0,940	0,460	0,098	0,733	0,418	0,230	0,187	0,051	0,636	0,708	0,797	0,986	0,001	1,000	0,049	0,165	1,000	0,024	0,023
	18º	0,938	0,446	0,275	0,743	0,641	0,270	0,942	0,123	0,517	0,634	0,990	0,377	0,006	0,069	0,115	0,134	0,069	0,040	0,040
	19º	0,875	0,152	0,296	0,743	0,667	0,000	0,883	0,049	0,389	0,284	0,938	0,655	0,000	0,017	0,199	0,194	0,017	0,039	0,054
	20º	0,792	0,512	0,228	0,743	0,666	0,365	0,795	0,146	0,389	0,571	0,973	0,824	0,025	0,179	0,167	0,230	0,179	0,040	0,023
	21º	0,900	0,397	0,263	0,743	0,667	0,127	0,872	0,088	0,448	0,614	0,968	0,734	0,002	0,021	0,083	0,148	0,021	0,044	0,082
	22º	0,792	0,512	0,237	0,743	0,667	0,309	0,867	0,105	0,389	0,711	0,967	0,255	0,018	0,553	0,022	0,116	0,553	0,034	0,054
	23º	0,875	0,152	0,115	0,743	0,659	0,353	0,437	0,065	0,389	1,000	0,905	0,568	0,035	0,271	0,181	0,124	0,271	0,077	0,017
	24º	0,900	0,397	0,230	0,743	0,667	0,176	0,943	0,117	0,448	0,448	0,913	0,711	0,054	0,067	0,148	0,121	0,067	0,029	0,038
	25º	0,900	0,397	0,378	0,743	0,667	0,187	0,835	0,070	0,448	0,306	0,927	0,707	0,054	0,061	0,217	0,152	0,061	0,034	0,034
	26º	0,900	0,397	0,327	0,743	0,663	0,213	0,676	0,071	0,448	0,658	0,945	0,889	0,043	0,123	0,093	0,144	0,123	0,038	0,024
	27º	0,940	0,460	0,069	0,733	0,553	0,013	0,609	0,062	0,636	0,851	0,819	0,973	0,002	0,179	0,072	0,136	0,179	0,028	0,026
	28º	0,792	0,512	0,296	0,743	0,667	0,447	0,841	0,165	0,389	0,606	0,964	0,794	0,029	0,169	0,170	0,179	0,169	0,038	0,025
	29º	0,940	0,460	0,152	0,733	0,273	0,264	0,560	0,064	0,636	0,675	0,701	0,956	0,001	0,372	0,194	0,166	0,372	0,043	0,019
	30º	0,792	0,512	0,335	0,743	0,667	0,091	0,866	0,083	0,389	0,472	0,897	0,833	0,000	0,052	0,199	0,177	0,052	0,041	0,026
	31º	0,940	0,460	0,022	0,733	0,616	0,016	0,351	0,084	0,636	0,972	0,683	0,966	0,207	0,266	0,094	0,196	0,266	0,049	0,024
	32º	0,855	0,447	0,079	0,743	0,667	0,086	0,624	0,052	0,682	0,757	0,960	0,844	0,005	0,087	0,069	0,141	0,087	0,036	0,021

Dados municipais (normalizados) utilizados para os cálculos do índice de vulnerabilidade à seca para a região semiárida portuguesa no ano de 2010:

Indicador	Exposição						Sensibilidade							Capacidade Adaptativa						
	ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Municípios	1º	0,726	0,447	0,342	0,629	0,124	0,363	0,996	0,156	0,000	0,000	0,937	0,534	0,010	0,940	0,078	0,143	0,114	0,041	0,035
	2º	0,398	0,460	0,525	0,748	0,144	0,091	0,959	0,088	0,020	0,545	0,997	0,827	0,002	0,915	0,105	0,098	0,000	0,075	0,048
	3º	0,433	0,512	0,151	0,695	0,141	0,167	0,680	0,144	0,000	0,974	0,803	0,702	0,000	0,768	0,115	0,168	0,553	0,039	0,019
	4º	0,488	0,446	0,196	0,695	0,013	0,219	0,797	0,128	0,045	0,908	0,994	0,311	0,002	0,788	0,127	0,137	0,142	0,049	0,028
	5º	0,457	0,397	0,198	0,629	0,066	0,390	0,844	0,100	0,074	0,229	0,954	0,554	0,003	0,944	0,212	0,134	0,133	0,037	0,021
	6º	0,953	0,152	0,253	0,862	0,066	0,000	0,852	0,144	0,096	0,697	0,981	0,559	0,008	0,833	0,256	0,124	0,058	0,084	0,035
	7º	0,433	0,512	0,173	0,695	0,013	0,086	0,975	0,165	0,000	0,709	0,999	0,416	0,000	0,792	0,236	0,125	0,032	0,078	0,056
	8º	0,433	0,512	0,109	0,695	0,456	0,405	0,360	0,115	0,000	0,794	0,835	0,804	0,001	0,783	0,169	0,166	0,632	0,081	0,016
	9º	0,726	0,447	0,169	0,629	0,101	0,066	0,810	0,140	0,000	0,640	0,925	0,660	0,010	0,925	0,156	0,162	0,135	0,032	0,032
	10º	0,953	0,152	0,154	0,862	0,174	0,065	0,565	0,151	0,096	0,810	0,809	0,883	0,037	0,780	0,162	0,233	0,147	0,058	0,031
	11º	0,398	0,460	0,186	0,748	0,119	0,122	0,761	0,171	0,020	0,751	0,958	0,811	0,001	0,937	0,132	0,159	0,002	0,053	0,024
	12º	0,433	0,512	0,126	0,695	0,039	0,200	0,450	0,103	0,000	0,877	0,983	0,361	0,003	0,772	0,212	0,153	0,133	0,039	0,033
	13º	0,433	0,512	0,179	0,695	0,069	0,196	0,899	0,147	0,000	0,870	0,736	0,773	0,124	0,779	0,102	0,175	0,086	0,049	0,032
	14º	0,953	0,152	0,099	0,862	0,244	0,490	0,632	0,184	0,096	0,843	0,852	0,613	0,004	0,785	0,058	0,256	0,412	0,086	0,012
	15º	0,726	0,447	0,166	0,629	0,256	0,208	0,567	0,109	0,000	0,358	0,924	0,594	0,001	0,926	0,065	0,156	0,275	0,053	0,020
	16º	0,457	0,397	0,051	0,629	0,220	0,547	0,270	0,106	0,074	0,895	0,924	0,974	0,006	0,944	0,115	0,147	1,000	0,085	0,021
	17º	0,398	0,460	0,048	0,748	0,359	0,103	0,431	0,151	0,020	0,708	0,931	0,929	0,001	0,937	0,073	0,173	0,030	0,026	0,023
	18º	0,488	0,446	0,283	0,695	0,059	0,353	0,941	0,120	0,045	0,634	0,992	0,221	0,002	0,772	0,061	0,123	0,152	0,054	0,040
	19º	0,953	0,152	0,294	0,862	0,068	0,000	0,906	0,151	0,096	0,284	0,951	0,373	0,010	0,766	0,066	0,239	0,058	0,046	0,054
	20º	0,433	0,512	0,251	0,695	0,860	0,480	0,803	0,199	0,000	0,571	0,915	0,756	0,000	0,776	0,129	0,262	0,291	0,050	0,023
	21º	0,457	0,397	0,249	0,629	0,057	0,125	0,916	0,229	0,074	0,614	0,971	0,640	0,000	0,930	0,026	0,271	0,055	0,061	0,082
	22º	0,433	0,512	0,243	0,695	0,009	0,373	0,881	0,126	0,000	0,711	0,979	0,206	0,011	0,828	0,076	0,149	0,553	0,050	0,054
	23º	0,953	0,152	0,073	0,862	0,188	0,257	0,408	0,132	0,096	1,000	0,983	0,535	0,021	0,800	0,087	0,139	0,458	0,095	0,017
	24º	0,457	0,397	0,277	0,629	0,175	0,378	1,000	0,153	0,074	0,448	0,974	0,690	0,001	0,940	0,150	0,146	0,124	0,038	0,038
	25º	0,457	0,397	0,222	0,629	0,190	0,243	0,877	0,127	0,074	0,306	0,904	0,706	0,000	0,939	0,388	0,185	0,127	0,043	0,034
	26º	0,457	0,397	0,205	0,629	0,233	0,158	0,607	0,133	0,074	0,658	0,932	0,767	0,012	0,938	0,129	0,186	0,199	0,049	0,024
	27º	0,398	0,460	0,041	0,748	0,043	0,010	0,602	0,122	0,020	0,851	0,957	0,964	0,000	0,945	0,129	0,148	0,003	0,035	0,026
	28º	0,433	0,512	0,319	0,695	1,000	0,471	0,870	0,205	0,000	0,606	0,893	0,746	0,022	0,779	0,094	0,169	0,294	0,049	0,025
	29º	0,398	0,460	0,131	0,748	0,248	0,133	0,585	0,151	0,020	0,675	0,888	0,909	0,000	0,934	0,107	0,158	0,011	0,049	0,019
	30º	0,433	0,512	0,318	0,695	0,296	0,000	0,868	0,143	0,000	0,472	0,759	0,808	0,011	0,777	0,249	0,166	0,107	0,048	0,026
	31º	0,398	0,460	0,015	0,748	0,000	0,036	0,540	0,199	0,020	0,972	0,946	0,938	0,002	0,930	0,229	0,213	0,074	0,056	0,024
	32º	0,726	0,447	0,074	0,629	0,062	0,170	0,680	0,116	0,000	0,757	0,964	0,407	0,000	0,943	0,163	0,169	0,155	0,048	0,021

APÊNDICE IV

Modelo do código da programação fuzzy utilizado no MATLAB -2015a[®], para a agregação dos dados das regiões semiáridas brasileira e portuguesa:

```

%***** Municipality --> Cabaceiras
*****%

%***** Cabaceiras Column --> N
*****%

%-----Exposure-----%

%close all
%clear workspace
%clear command window
close all
clear
clc

%Create Fuzzy Inference Systems - (fis)
fis00 = newfis('Fuzzy');
fis01 = newfis('Fuzzy');
fis02 = newfis('Fuzzy');
fis03 = newfis('Fuzzy');

%-----
%Event Features

%Input 1 = RAI
fis00 = addvar(fis00,'input','RAI',[0 1]);
fis00 = addmf(fis00,'input',1,'L','trimf',[0 0 0.4]);
fis00 = addmf(fis00,'input',1,'H','trimf',[0.2 1 1]);

%Input 2 = AI
fis00 = addvar(fis00,'input','AI',[0 1]);
fis00 = addmf(fis00,'input',2,'L','trimf',[0 0 0.4]);
fis00 = addmf(fis00,'input',2,'H','trimf',[0.2 1 1]);

%Output 1 = Events Features
fis00 = addvar(fis00,'output','Caracteristica_Evento',[0 1]);
fis00 = addmf(fis00,'output',1,'L','trimf',[0 0 0.5]);
fis00 = addmf(fis00,'output',1,'M','trimf',[0.25 0.5 0.75]);
fis00 = addmf(fis00,'output',1,'H','trimf',[0.5 1 1]);

%-----
%Population characteristics

%Input 3 = Labor force
fis01 = addvar(fis01,'input','Forc_Trab',[0 1]);
fis01 = addmf(fis01,'input',1,'L','trimf',[0 0 0.4]);
fis01 = addmf(fis01,'input',1,'H','trimf',[0.2 1 1]);

%Input 4 = Rural Population
fis01 = addvar(fis01,'input','Pop_Rural',[0 1]);
fis01 = addmf(fis01,'input',2,'L','trimf',[0 0 0.4]);
fis01 = addmf(fis01,'input',2,'H','trimf',[0.2 1 1]);

```

```

%Output 2 = Population Characteristics
fis01 = addvar(fis01,'output','Carac_Pop',[0 1]);
fis01 = addmf(fis01,'output',1,'L','trimf',[0 0 0.5]);
fis01 = addmf(fis01,'output',1,'M','trimf',[0.25 0.5 0.75]);
fis01 = addmf(fis01,'output',1,'H','trimf',[0.5 1 1]);

%-----
%Characteristics of farming
%Input 5 = Labor force
fis02 = addvar(fis02,'input','Expo_Agricola',[0 1]);
fis02 = addmf(fis02,'input',1,'L','trimf',[0 0 0.4]);
fis02 = addmf(fis02,'input',1,'H','trimf',[0.2 1 1]);

%Input 6 = Rural Population
fis02 = addvar(fis02,'input','Expo_Rebanho',[0 1]);
fis02 = addmf(fis02,'input',2,'L','trimf',[0 0 0.4]);
fis02 = addmf(fis02,'input',2,'H','trimf',[0.2 1 1]);

%Output 3 = Characteristics of farming
fis02 = addvar(fis02,'output','Carac_Agropec',[0 1]);
fis02 = addmf(fis02,'output',1,'L','trimf',[0 0 0.5]);
fis02 = addmf(fis02,'output',1,'M','trimf',[0.25 0.5 0.75]);
fis02 = addmf(fis02,'output',1,'H','trimf',[0.5 1 1]);

%Definitions rules
%Rules: (Columns: Input|Input|Output|Weight|Operator: (2) OR or (1) AND)
rules_00 = [ 1 1 1 1 1
             1 2 2 3 1
             2 1 2 3 1
             2 2 3 3 1];

% and

rules_01 = [ 1 1 1 1 1
             1 2 2 1 1
             2 1 2 1 1
             2 2 3 1 1];

fis00 = addrule(fis00,rules_00);
fis01 = addrule(fis01,rules_01);
fis02 = addrule(fis02,rules_01);

%Evaluation - Inference Fuzzy
%-----
%Import Event Characteristics
[~,~,raw] = xlsread('Dados.xlsx','Plan1','N5');
RAI = reshape([raw{:}],size(raw));
[~,~,raw] = xlsread('Dados.xlsx','Plan1','N6');
AI = reshape([raw{:}],size(raw));
%Create variable output
ParCaractEvent = ([RAI,AI]);
%-----

%Import Population Characteristics
[~,~,raw] = xlsread('Dados.xlsx','Plan1','N7');
Forc_Trab = reshape([raw{:}],size(raw));
[~,~,raw] = xlsread('Dados.xlsx','Plan1','N8');
Pop_Rural = reshape([raw{:}],size(raw));
%Create variable output

```

```

ParCaractPop = ([Forc_Trab,Pop_Rural]);
%-----

%Import Farming Characteristics
[~,~,raw] = xlsread('Dados.xlsx','Plan1','N9');
Expo_Agricola = reshape([raw{:}],size(raw));
[~,~,raw] = xlsread('Dados.xlsx','Plan1','N10');
Expo_Rebanho = reshape([raw{:}],size(raw));
%Create variable output
ParCaractAgropec = ([Expo_Agricola,Expo_Rebanho]);
%-----

%Create fis's values
Caracteristica_Evento = evalfis(ParCaractEvent,fis00);
Carac_Pop = evalfis(ParCaractPop,fis01);
Carac_Agropec = evalfis(ParCaractAgropec,fis02);

%-----

%Subindex definitions
%Using First Outputs as Inputs to Exposure

%Input 1.1 = Event Features
fis03 = addvar(fis03,'input','Caracteristica_Evento',[0 1]);
fis03 = addmf(fis03,'input',1,'L','trimf',[0 0 0.5]);
fis03 = addmf(fis03,'input',1,'M','trimf',[0.25 0.5 0.75]);
fis03 = addmf(fis03,'input',1,'H','trimf',[0.5 1 1]);

%Input 1.2 = Population Characteristics
fis03 = addvar(fis03,'input','Carac_Pop',[0 1]);
fis03 = addmf(fis03,'input',2,'L','trimf',[0 0 0.5]);
fis03 = addmf(fis03,'input',2,'M','trimf',[0.25 0.5 0.75]);
fis03 = addmf(fis03,'input',2,'H','trimf',[0.5 1 1]);

%Input 1.3 = Characteristics of farming
fis03 = addvar(fis03,'input','Carac_Agropec',[0 1]);
fis03 = addmf(fis03,'input',3,'L','trimf',[0 0 0.5]);
fis03 = addmf(fis03,'input',3,'M','trimf',[0.25 0.5 0.75]);
fis03 = addmf(fis03,'input',3,'H','trimf',[0.5 1 1]);

%Output 1.1 = Exposure
fis03 = addvar(fis03,'output','Exposicao',[0 1]);
fis03 = addmf(fis03,'output',1,'VL','trimf',[0 0 0.33]);
fis03 = addmf(fis03,'output',1,'L','trimf',[0.17 0.33 0.50]);
fis03 = addmf(fis03,'output',1,'M','trimf',[0.33 0.50 0.66]);
fis03 = addmf(fis03,'output',1,'H','trimf',[0.50 0.66 0.83]);
fis03 = addmf(fis03,'output',1,'VH','trimf',[0.66 1 1]);

%-----

rules_02 = [1 1 1 1 1 1
            1 1 2 2 2 1
            1 1 3 2 2 1
            1 2 1 2 2 1
            1 2 2 3 3 1
            1 2 3 3 3 1
            1 3 1 2 2 1
            1 3 2 3 3 1
            1 3 3 4 4 1
            2 1 1 2 2 1
            2 1 2 3 3 1
            2 1 3 3 3 1
            2 2 1 3 3 1
            2 2 2 3 3 1

```

```

2 2 3 3 3 1
2 3 1 3 3 1
2 3 2 3 3 1
2 3 3 4 4 1
3 1 1 2 2 1
3 1 2 3 3 1
3 1 3 4 4 1
3 2 1 3 3 1
3 2 2 3 3 1
3 2 3 4 4 1
3 3 1 4 4 1
3 3 2 4 4 1
3 3 3 5 5 1];

```

```

fis03 = addrule(fis03,rules_02);
Exposicao = evalfis([Caracteristica_Evento Carac_Pop Carac_Agropec],fis03);

```

```

% -----Sensibility-----

```

```

fis04 = newfis('Fuzzy');
fis05 = newfis('Fuzzy');
fis06 = newfis('Fuzzy');
fis07 = newfis('Fuzzy');

```

```

%-----

```

```

%Socioeconomic Characteristics

```

```

%Input 7 = Inequality Index

```

```

fis04 = addvar(fis04,'input','GINI',[0 1]);
fis04 = addmf(fis04,'input',1,'L','trimf',[0 0 0.6]);
fis04 = addmf(fis04,'input',1,'H','trimf',[0.4 1 1]);

```

```

%Input 8 = Unoccupied workforce

```

```

fis04 = addvar(fis04,'input','ForcTrab_N_Ocup',[0 1]);
fis04 = addmf(fis04,'input',2,'L','trimf',[0 0 0.6]);
fis04 = addmf(fis04,'input',2,'H','trimf',[0.4 1 1]);

```

```

%Output 4 = Socioeconomic Characteristics

```

```

fis04 = addvar(fis04,'output','Carac_Socioecon',[0 1]);
fis04 = addmf(fis04,'output',1,'L','trimf',[0 0 0.5]);
fis04 = addmf(fis04,'output',1,'M','trimf',[0.25 0.5 0.75]);
fis04 = addmf(fis04,'output',1,'H','trimf',[0.5 1 1]);

```

```

%-----

```

```

% Technological characteristics

```

```

%Input 9 = Volume of water reaching reservoirs at the end of the rainy four-
month period in the reference year (%)

```

```

fis05 = addvar(fis05,'input','VolH2O_EndQuadChuv',[0 1]);
fis05 = addmf(fis05,'input',1,'L','trimf',[0 0 0.4]);
fis05 = addmf(fis05,'input',1,'H','trimf',[0.2 1 1]);

```

```

%Input 10 = Percentage of households served by Wells (in operation) (%);

```

```

fis05 = addvar(fis05,'input','Familia_Pocos',[0 1]);
fis05 = addmf(fis05,'input',2,'L','trimf',[0 0 0.4]);
fis05 = addmf(fis05,'input',2,'H','trimf',[0.2 1 1]);

```

```

%Input 11 = Cisterns by family (%);

```

```

fis05 = addvar(fis05,'input','Cisternas',[0 1]);
fis05 = addmf(fis05,'input',3,'L','trimf',[0 0 0.4]);

```

```

fis05 = addmf(fis05,'input',3,'H','trimf',[0.2 1 1]);

%Input 12 = Agricultural establishments using irrigated agriculture (%);
fis05 = addvar(fis05,'input','Estab_Irigada',[0 1]);
fis05 = addmf(fis05,'input',4,'L','trimf',[0 0 0.4]);
fis05 = addmf(fis05,'input',4,'H','trimf',[0.2 1 1]);

%Output 5 = Technological characteristics
fis05 = addvar(fis05,'output','Carac_Tec',[0 1]);
fis05 = addmf(fis05,'output',1,'L','trimf',[0 0 0.5]);
fis05 = addmf(fis05,'output',1,'M','trimf',[0.25 0.5 0.75]);
fis05 = addmf(fis05,'output',1,'H','trimf',[0.5 1 1]);

%-----
%Rules: (Columns: Input|Input|Input|Input|Output|Weight|Operator: (2) OR or (1)
AND)
rules_003 = [1 1 1 1 1 1 1
             1 1 1 2 1 1 1
             1 1 2 1 1 1 1
             1 2 1 2 2 3 1
             1 2 2 1 2 3 1
             2 1 1 2 2 3 1
             2 1 2 1 2 3 1
             2 2 1 2 3 5 1
             2 2 2 1 3 5 1
             2 2 2 2 3 5 1];

fis05 = addrule(fis05,rules_003);

                %IMPORT DATAS FROM EXCEL FILE ".xlsx"

%Import the parameters:
    %Volume of water reaching the reservoirs at the end of the rainy four-month
period in the reference year (%);
    %Percentage of households served by Wells (in operation) (%);
    %Cisterns by family (%);
    %Establishments using irrigated agriculture (%);

[~,~,raw] = xlsread('Dados.xlsx','Plan1','N13');
VolAting = reshape([raw{:}],size(raw));
[~,~,raw] = xlsread('Dados.xlsx','Plan1','N14');
Pocos = reshape([raw{:}],size(raw));
[~,~,raw] = xlsread('Dados.xlsx','Plan1','N15');
Cisternas = reshape([raw{:}],size(raw));
[~,~,raw] = xlsread('Dados.xlsx','Plan1','N16');
Irriga = reshape([raw{:}],size(raw));

%Create variable output
ParCaracTec = ([VolAting,Pocos,Cisternas,Irriga]);
%-----

                %Characteristics of farming
%Input 16 = Areas of agricultural holdings intended for farming (Crops
Temporary + Permanent (%))
fis06 = addvar(fis06,'input','Area_lavoura',[0 1]);
fis06 = addmf(fis06,'input',1,'L','trimf',[0 0 0.6]);
fis06 = addmf(fis06,'input',1,'H','trimf',[0.4 1 1]);

%Input 18 = Degraded areas (%);

```

```

fis06 = addvar(fis06,'input','Area_Degradada',[0 1]);
fis06 = addmf(fis06,'input',2,'L','trimf',[0 0 0.6]);
fis06 = addmf(fis06,'input',2,'H','trimf',[0.4 1 1]);

%Output 6 = Characteristics of farming
fis06 = addvar(fis06,'output','Carac_Atividades',[0 1]);
fis06 = addmf(fis06,'output',1,'L','trimf',[0 0 0.5]);
fis06 = addmf(fis06,'output',1,'M','trimf',[0.25 0.5 0.75]);
fis06 = addmf(fis06,'output',1,'H','trimf',[0.5 1 1]);

%Rules Definitions
rules_04 = [1 1 1 1 1
            1 2 2 1 1
            2 1 2 1 1
            2 2 3 1 1];

fis04 = addrule(fis04,rules_04);
fis06 = addrule(fis06,rules_04);
%-----

%Evaluation - Inference Fuzzy

%Import Socioeconomic Characteristics parameters
%Index of Inequity (Gini);
%Unoccupied workforce (%);

[~, ~, raw] = xlsread('Dados.xlsx','Plan1','N11');
Gini = reshape([raw{:}],size(raw));
[~, ~, raw] = xlsread('Dados.xlsx','Plan1','N12');
Desempreg = reshape([raw{:}],size(raw));

%Create variable output
ParCaractSocio = ([Gini,Desempreg]);
%-----

%Import Parameters:
%Areas of agricultural holdings intended for farming (Crops Temporary +
Permanent (%));
%Degraded areas (%);

[~, ~, raw] = xlsread('Dados.xlsx','Plan1','N17');
Lavoura = reshape([raw{:}],size(raw));
[~, ~, raw] = xlsread('Dados.xlsx','Plan1','N18');
Degradacao = reshape([raw{:}],size(raw));

%Create variable output
ParCaractAtiv = ([Lavoura,Degradacao]);
%-----
Carac_Tec = evalfis(ParCaractTec,fis05);
Carac_Socioecon = evalfis(ParCaractSocio,fis04);
Carac_Atividades = evalfis(ParCaractAtiv,fis06);
%-----

%Subindex Definitions
%Using the first output as input to Sensibility

%Input 2.1 = Socioeconomic Characteristics
fis07 = addvar(fis07,'input','Carac_Socioecon',[0 1]);
fis07 = addmf(fis07,'input',1,'L','trimf',[0 0 0.5]);
fis07 = addmf(fis07,'input',1,'M','trimf',[0.25 0.5 0.75]);
fis07 = addmf(fis07,'input',1,'H','trimf',[0.5 1 1]);

```

```

%Input 2.2 = Technological characteristics
fis07 = addvar(fis07,'input','Carac_Tec',[0 1]);
fis07 = addmf(fis07,'input',2,'L','trimf',[0 0 0.5]);
fis07 = addmf(fis07,'input',2,'M','trimf',[0.25 0.5 0.75]);
fis07 = addmf(fis07,'input',2,'H','trimf',[0.5 1 1]);

%Input 2.3 = Activities characteristics
fis07 = addvar(fis07,'input','Carac_Atividades',[0 1]);
fis07 = addmf(fis07,'input',3,'L','trimf',[0 0 0.5]);
fis07 = addmf(fis07,'input',3,'M','trimf',[0.25 0.5 0.75]);
fis07 = addmf(fis07,'input',3,'H','trimf',[0.5 1 1]);

%Output 7 = Sensibility
fis07 = addvar(fis07,'output','Sensibilidade',[0 1]);
fis07 = addmf(fis07,'output',1,'VL','trimf',[0 0 0.33]);
fis07 = addmf(fis07,'output',1,'L','trimf',[0.17 0.33 0.50]);
fis07 = addmf(fis07,'output',1,'M','trimf',[0.33 0.50 0.66]);
fis07 = addmf(fis07,'output',1,'H','trimf',[0.50 0.66 0.83]);
fis07 = addmf(fis07,'output',1,'VH','trimf',[0.66 1 1]);
%-----

rules_05 = [1 1 1 1 1 1
            1 1 2 2 1 1
            1 1 3 2 1 1
            1 2 1 2 1 1
            1 2 2 3 1 1
            1 2 3 3 1 1
            1 3 1 2 1 1
            1 3 2 3 1 1
            1 3 3 4 1 1
            2 1 1 2 1 1
            2 1 2 3 1 1
            2 1 3 3 1 1
            2 2 1 3 1 1
            2 2 2 3 1 1
            2 2 3 3 1 1
            2 3 1 3 1 1
            2 3 2 3 1 1
            2 3 3 4 1 1
            3 1 1 2 1 1
            3 1 2 3 1 1
            3 1 3 4 1 1
            3 2 1 3 1 1
            3 2 2 3 1 1
            3 2 3 4 1 1
            3 3 1 4 1 1
            3 3 2 4 1 1
            3 3 3 5 1 1];

fis07 = addrule(fis07,rules_05);
Sensibilidade = evalfis([Carac_Socioecon, Carac_Tec, Carac_Atividades],fis07);

% -----Adaptive Capacity-----
-%

fis11 = newfis('Fuzzy');
fis12 = newfis('Fuzzy');
fis13 = newfis('Fuzzy');
fis14 = newfis('Fuzzy');

```

```

%-----Human Capacity-----
----%

%Input 19 = IDH Municipal
fis11 = addvar(fis11,'input','IDH_Mun',[0 1]);
fis11 = addmf(fis11,'input',1,'L','trimf',[0 0 0.6]);
fis11 = addmf(fis11,'input',1,'H','trimf',[0.4 1 1]);

%Input 20 = Percentage of GDP invested in Education and Culture (%);
fis11 = addvar(fis11,'input','PIB_Educacao',[0 1]);
fis11 = addmf(fis11,'input',2,'L','trimf',[0 0 0.6]);
fis11 = addmf(fis11,'input',2,'H','trimf',[0.4 1 1]);

%Output 8 = Human_Capacity
fis11 = addvar(fis11,'output','Capacidade_Humana',[0 1]);
fis11 = addmf(fis11,'output',1,'L','trimf',[0 0 0.5]);
fis11 = addmf(fis11,'output',1,'M','trimf',[0.25 0.5 0.75]);
fis11 = addmf(fis11,'output',1,'H','trimf',[0.5 1 1]);

%-----Population Exposure-----%

%Input 21 = Population attended by Social Programs in the municipality (%);
fis12 = addvar(fis12,'input','Pop_PSocialis',[0 1]);
fis12 = addmf(fis12,'input',1,'L','trimf',[0 0 0.6]);
fis12 = addmf(fis12,'input',1,'H','trimf',[0.4 1 1]);

%Input 22 = Municipal Gross Domestic Product per capita (R$);
fis12 = addvar(fis12,'input','PIB_Mun',[0 1]);
fis12 = addmf(fis12,'input',2,'L','trimf',[0 0 0.6]);
fis12 = addmf(fis12,'input',2,'H','trimf',[0.4 1 1]);

%Output 9 = Governability
fis12 = addvar(fis12,'output','Governabilidade',[0 1]);
fis12 = addmf(fis12,'output',1,'L','trimf',[0 0 0.5]);
fis12 = addmf(fis12,'output',1,'M','trimf',[0.25 0.5 0.75]);
fis12 = addmf(fis12,'output',1,'H','trimf',[0.5 1 1]);

%----- Livelihood -----%

%Input 23 = Population receiving some type of MPS Benefit (%);
fis13 = addvar(fis13,'input','Pop_BenMPS',[0 1]);
fis13 = addmf(fis13,'input',1,'L','trimf',[0 0 0.6]);
fis13 = addmf(fis13,'input',1,'H','trimf',[0.4 1 1]);

%Input 24 = Public Functionality (%).
fis13 = addvar(fis13,'input','Func_Publico',[0 1]);
fis13 = addmf(fis13,'input',2,'L','trimf',[0 0 0.6]);
fis13 = addmf(fis13,'input',2,'H','trimf',[0.4 1 1]);

%Output 10 = Livelihood
fis13 = addvar(fis13,'output','Meios_Vida',[0 1]);
fis13 = addmf(fis13,'output',1,'L','trimf',[0 0 0.5]);
fis13 = addmf(fis13,'output',1,'M','trimf',[0.25 0.5 0.75]);
fis13 = addmf(fis13,'output',1,'H','trimf',[0.5 1 1]);

%Rules Definitions
rules_06 = [1 1 1 1 1
            1 2 2 1 1
            2 1 2 1 1
            2 2 3 1 1];

```

```

fis11 = addrule(fis11, rules_06);
fis12 = addrule(fis12, rules_06);
fis13 = addrule(fis13, rules_06);

%Evaluation - Inference Fuzzy

                %IMPORT DATAS FROM EXCEL FILE ".xlsx"

%Import Human Capacity parameters:
    %Municipal Human Development Index;
    %Percentage of GDP invested in Education and Culture (%);

[~, ~, raw] = xlsread('Dados.xlsx', 'Plan1', 'N19');
IDH = reshape([raw{:}], size(raw));
[~, ~, raw] = xlsread('Dados.xlsx', 'Plan1', 'N20');
PIBeduc = reshape([raw{:}], size(raw));

%Create variable output
ParCapHumana = ([IDH, PIBeduc]);
%-----

%Import parameters of Governability:
    %Population attended by Social Programs in the municipality (%);
    %Municipal Gross Domestic Product per capita (R$);

[~, ~, raw] = xlsread('Dados.xlsx', 'Plan1', 'N21');
ProgSocial = reshape([raw{:}], size(raw));
[~, ~, raw] = xlsread('Dados.xlsx', 'Plan1', 'N22');
PIB = reshape([raw{:}], size(raw));

%Create variable output
ParGovern = ([ProgSocial, PIB]);

%-----

%Import ways of life parameters:
    %Population receiving some type of MPS Benefit (%);
    %Public Functionality (%).

[~, ~, raw] = xlsread('Dados.xlsx', 'Plan1', 'N23');
Aposentados = reshape([raw{:}], size(raw));
[~, ~, raw] = xlsread('Dados.xlsx', 'Plan1', 'N24');
FuncPubl = reshape([raw{:}], size(raw));

%Create variable output
ParMeio_vida = ([Aposentados, FuncPubl]);

Capacidade_Humana = evalfis(ParCapHumana, fis11);
Governabilidade = evalfis(ParGovern, fis12);
Meios_Vida = evalfis(ParMeio_vida, fis13);

%-----

%Subindex Definitions
%Using the firsts outputs as inputs to Adaptive Capacity

%Input 3.1 = Human Capacity
fis14 = addvar(fis14, 'input', 'Capacidade_Humana', [0 1]);
fis14 = addmf(fis14, 'input', 1, 'L', 'trimf', [0 0 0.5]);
fis14 = addmf(fis14, 'input', 1, 'M', 'trimf', [0.25 0.5 0.75]);
fis14 = addmf(fis14, 'input', 1, 'H', 'trimf', [0.5 1 1]);

```

```

%Input 3.2 = Governability
fis14 = addvar(fis14,'input','Governabilidade',[0 1]);
fis14 = addmf(fis14,'input',2,'L','trimf',[0 0 0.5]);
fis14 = addmf(fis14,'input',2,'M','trimf',[0.25 0.5 0.75]);
fis14 = addmf(fis14,'input',2,'H','trimf',[0.5 1 1]);

%Input 3.3 = Livelihood
fis14 = addvar(fis14,'input','Meios_Vida',[0 1]);
fis14 = addmf(fis14,'input',3,'L','trimf',[0 0 0.5]);
fis14 = addmf(fis14,'input',3,'M','trimf',[0.25 0.5 0.75]);
fis14 = addmf(fis14,'input',3,'H','trimf',[0.5 1 1]);

%Output 11 = Adaptive Capacity
fis14 = addvar(fis14,'output','CapacidadeAdaptativa',[0 1]);
fis14 = addmf(fis14,'output',1,'VL','trimf',[0 0 0.33]);
fis14 = addmf(fis14,'output',1,'L','trimf',[0.17 0.33 0.50]);
fis14 = addmf(fis14,'output',1,'M','trimf',[0.33 0.50 0.66]);
fis14 = addmf(fis14,'output',1,'H','trimf',[0.50 0.66 0.83]);
fis14 = addmf(fis14,'output',1,'VH','trimf',[0.66 1 1]);

%-----
rules_07 = [1 1 1 1 1 1
            1 1 2 2 1 1
            1 1 3 2 1 1
            1 2 1 2 1 1
            1 2 2 3 1 1
            1 2 3 3 1 1
            1 3 1 2 1 1
            1 3 2 3 1 1
            1 3 3 4 1 1
            2 1 1 2 1 1
            2 1 2 3 1 1
            2 1 3 3 1 1
            2 2 1 3 1 1
            2 2 2 3 1 1
            2 2 3 3 1 1
            2 3 1 3 1 1
            2 3 2 3 1 1
            2 3 3 4 1 1
            3 1 1 2 1 1
            3 1 2 3 1 1
            3 1 3 4 1 1
            3 2 1 3 1 1
            3 2 2 3 1 1
            3 2 3 4 1 1
            3 3 1 4 1 1
            3 3 2 4 1 1
            3 3 3 5 1 1];

fis14 = addrule(fis14,rules_07);
CapacidadeAdaptativa = evalfis([Capacidade_Humana Governabilidade
Meios_Vida],fis14);

% -----Vulnerability-----%

fis15 = newfis('Fuzzy');

%-----Indicators-----%
%Input 25 = Exposure
fis15 = addvar(fis15,'input','Exposicao',[0 1]);
fis15 = addmf(fis15,'input',1,'VL','trimf',[0 0 0.33]);
fis15 = addmf(fis15,'input',1,'L','trimf',[0.17 0.33 0.50]);

```

```

fis15 = addmf(fis15,'input',1,'M','trimf',[0.33 0.50 0.66]);
fis15 = addmf(fis15,'input',1,'H','trimf',[0.50 0.66 0.83]);
fis15 = addmf(fis15,'input',1,'VH','trimf',[0.66 1 1]);

%Input 26 = Sensibility
fis15 = addvar(fis15,'input','Sensibilidadade',[0 1]);
fis15 = addmf(fis15,'input',2,'VL','trimf',[0 0 0.33]);
fis15 = addmf(fis15,'input',2,'L','trimf',[0.17 0.33 0.50]);
fis15 = addmf(fis15,'input',2,'M','trimf',[0.33 0.50 0.66]);
fis15 = addmf(fis15,'input',2,'H','trimf',[0.50 0.66 0.83]);
fis15 = addmf(fis15,'input',2,'VH','trimf',[0.66 1 1]);

%Input 27 = CapacidadeAdaptativa
fis15 = addvar(fis15,'input','CapacidadeAdaptativa',[0 1]);
fis15 = addmf(fis15,'input',3,'VL','trimf',[0 0 0.33]);
fis15 = addmf(fis15,'input',3,'L','trimf',[0.17 0.33 0.50]);
fis15 = addmf(fis15,'input',3,'M','trimf',[0.33 0.50 0.66]);
fis15 = addmf(fis15,'input',3,'H','trimf',[0.50 0.66 0.83]);
fis15 = addmf(fis15,'input',3,'VH','trimf',[0.66 1 1]);

%Output 12 = Vulnerability
fis15 = addvar(fis15,'output','Vulnerabilidade',[0 1]);
fis15 = addmf(fis15,'output',1,'VL','trimf',[0 0 0.25]);
fis15 = addmf(fis15,'output',1,'L','trimf',[0.125 0.25 0.375]);
fis15 = addmf(fis15,'output',1,'ModL','trimf',[0.25 0.375 0.50]);
fis15 = addmf(fis15,'output',1,'M','trimf',[0.375 0.5 0.625]);
fis15 = addmf(fis15,'output',1,'ModH','trimf',[0.5 0.625 0.75]);
fis15 = addmf(fis15,'output',1,'H','trimf',[0.625 0.75 0.875]);
fis15 = addmf(fis15,'output',1,'VH','trimf',[0.75 1 1]);

rules_08 = [ 1 1 1 1 1 1
             1 1 2 1 1 1
             1 1 3 2 1 1
             1 1 4 3 1 1
             1 1 5 3 1 1
             1 2 1 1 1 1
             1 2 2 2 1 1
             1 2 3 2 1 1
             1 2 4 3 1 1
             1 2 5 3 1 1
             1 3 1 2 1 1
             1 3 2 2 1 1
             1 3 3 3 1 1
             1 3 4 4 1 1
             1 3 5 4 1 1
             1 4 1 3 1 1
             1 4 2 3 1 1
             1 4 3 4 1 1
             1 4 4 4 1 1
             1 4 5 6 1 1
             1 5 1 3 1 1
             1 5 2 3 1 1
             1 5 3 4 1 1
             1 5 4 6 1 1
             1 5 5 6 1 1
             2 1 1 1 1 1
             2 1 2 2 1 1
             2 1 3 2 1 1
             2 1 4 3 1 1
             2 1 5 3 1 1
             2 2 1 2 1 1
             2 2 2 2 1 1
             2 2 3 3 1 1

```

2	2	4	3	1	1
2	2	5	4	1	1
2	3	1	2	1	1
2	3	2	3	1	1
2	3	3	3	1	1
2	3	4	4	1	1
2	3	5	4	1	1
2	4	1	3	1	1
2	4	2	3	1	1
2	4	3	4	1	1
2	4	4	6	1	1
2	4	5	6	1	1
2	5	1	3	1	1
2	5	2	4	1	1
2	5	3	4	1	1
2	5	4	6	1	1
2	5	5	6	1	1
3	1	1	2	1	1
3	1	2	2	1	1
3	1	3	3	1	1
3	1	4	4	1	1
3	1	5	4	1	1
3	2	1	2	1	1
3	2	2	3	1	1
3	2	3	3	1	1
3	2	4	4	1	1
3	2	5	4	1	1
3	3	1	3	1	1
3	3	2	3	1	1
3	3	3	4	1	1
3	3	4	6	1	1
3	3	5	6	1	1
3	4	1	4	1	1
3	4	2	4	1	1
3	4	3	6	1	1
3	4	4	6	1	1
3	4	5	5	1	1
3	5	1	4	1	1
3	5	2	4	1	1
3	5	3	6	1	1
3	5	4	5	1	1
3	5	5	5	1	1
4	1	1	3	1	1
4	1	2	3	1	1
4	1	3	4	1	1
4	1	4	4	1	1
4	1	5	6	1	1
4	2	1	3	1	1
4	2	2	3	1	1
4	2	3	4	1	1
4	2	4	6	1	1
4	2	5	6	1	1
4	3	1	4	1	1
4	3	2	4	1	1
4	3	3	6	1	1
4	3	4	6	1	1
4	3	5	5	1	1
4	4	1	4	1	1
4	4	2	6	1	1
4	4	3	6	1	1
4	4	4	5	1	1
4	4	5	5	1	1
4	5	1	6	1	1

```

4 5 2 6 1 1
4 5 3 5 1 1
4 5 4 5 1 1
4 5 5 7 1 1
5 1 1 3 1 1
5 1 2 3 1 1
5 1 3 4 1 1
5 1 4 6 1 1
5 1 5 6 1 1
5 2 1 3 1 1
5 2 2 4 1 1
5 2 3 4 1 1
5 2 4 6 1 1
5 2 5 6 1 1
5 3 1 4 1 1
5 3 2 4 1 1
5 3 3 6 1 1
5 3 4 5 1 1
5 3 5 5 1 1
5 4 1 6 1 1
5 4 2 6 1 1
5 4 3 5 1 1
5 4 4 5 1 1
5 4 5 7 1 1
5 5 1 6 1 1
5 5 2 6 1 1
5 5 3 5 1 1
5 5 4 7 1 1
5 5 5 7 1 1];

```

```

fis15 = addrule(fis15,rules_08);
Vulnerabilidade = evalfis([Exposicao Sensibilidade (1-
CapacidadeAdaptativa)],fis15);

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

%----- Parameters inputs Plots -----
-----

```

```

% Six Subplot (N Graph by Col, N Graph by Line, Local)

```

```

%-----Exposure-----
-----

```

```

%figure (01)
figure('Name','Exposure Parameters','NumberTitle','off')

```

```

subplot(3,2,1)
title('Parameters')
plotmf(fis00,'input',1);

```

```

%Graph dimensions [xmin,xmax,ymin,ymax]
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
% hold on -> Overlays plotted graphics
hold on
%Create a straight
y = [RAI, RAI, RAI, RAI, RAI, RAI, RAI, RAI, RAI, RAI, RAI];
% x = [start: increase from 0.1: up to 1.0]

```

```

x = (0.0:0.1:1.0);

% Plot a straight, where-> '--r' -> dashed, red
plot(y,x,'--r','linewidth',2)
grid on
xlabel ('Variable value')
title('Aridity Index')
ylabel ('Membership degree')

subplot(3,2,2)
plotmf(fis00,'input',2);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
y = [AI,AI,AI,AI,AI,AI,AI,AI,AI,AI,AI,AI];
plot(y,x,'--r','linewidth',2)
grid on
title('Rainfall Anomaly Index')
xlabel ('Variable value')
ylabel ('Membership degree')

subplot(3,2,3)
plotmf(fis01,'input',1);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
y =
[Forc_Trab,Forc_Trab,Forc_Trab,Forc_Trab,Forc_Trab,Forc_Trab,Forc_Trab,Forc_Trab
,Forc_Trab,Forc_Trab,Forc_Trab];
plot(y,x,'--r','linewidth',2)
grid on
title('Labor force dependent on agriculture')
xlabel ('Variable value')
ylabel ('Membership degree')

subplot(3,2,4)
plotmf(fis01,'input',2);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
y =
[Pop_Rural,Pop_Rural,Pop_Rural,Pop_Rural,Pop_Rural,Pop_Rural,Pop_Rural,Pop_Rural
,Pop_Rural,Pop_Rural,Pop_Rural];
plot(y,x,'--r','linewidth',2)
grid on
title('Rural population')
xlabel ('Variable value')
ylabel ('Membership degree')

subplot(3,2,5)
plotmf(fis02,'input',1);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
y =
[Expo_Agricola,Expo_Agricola,Expo_Agricola,Expo_Agricola,Expo_Agricola,Expo_Agricola,Expo_Agricola,Expo_Agricola,Expo_Agricola,Expo_Agricola];
plot(y,x,'--r','linewidth',2)
grid on
title('Agricultural exposure')
xlabel ('Variable value')
ylabel ('Membership degree')

subplot(3,2,6)
plotmf(fis02,'input',2);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])

```

```

hold on
y =
[Expo_Rebanho,Expo_Rebanho,Expo_Rebanho,Expo_Rebanho,Expo_Rebanho,Expo_Rebanho,E
xpo_Rebanho,Expo_Rebanho,Expo_Rebanho,Expo_Rebanho,Expo_Rebanho];
plot(y,x,'--r','linewidth',2)
grid on
title('Herd exposure')
xlabel ('Variable value')
ylabel ('Membership degree')

%Save Graph in file ".pdf"
h=gcf;
set(h,'PaperOrientation','landscape');
saveas(gcf,'lParam_Exposicao_Cabaceiras.pdf')

% _____ Sensibility _____

%figure(02)
figure('Name','Sensitivity Parameters','NumberTitle','off')

subplot(2,4,1)
plotmf(fis04,'input',1);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
% hold on -> Overlays plotted graphics
hold on
%Cria a straight
y = [Gini, Gini, Gini, Gini, Gini, Gini, Gini, Gini, Gini, Gini];
% y = [start: increase from 0.1: up to 1.0]
x = (0.0:0.1: 1.0);
% Plot a straight, where-> '--r' -> dashed, red
plot(y,x,'--r','linewidth',2)
grid on
title(' Gini index')
xlabel ('Variable value')
ylabel ('Membership degree')

subplot(2,4,2)
plotmf(fis04,'input',2);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
y =
[Desempreg,Desempreg,Desempreg,Desempreg,Desempreg,Desempreg,Desempreg,Desempreg
,Desempreg,Desempreg,Desempreg];
plot(y,x,'--r','linewidth',2)
grid on
title('Unemployed population')
xlabel ('Variable value')
ylabel ('Membership degree')

subplot(2,4,3)
plotmf(fis05,'input',1);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
y =
[VolAting,VolAting,VolAting,VolAting,VolAting,VolAting,VolAting,VolAting,VolAtin
g,VolAting,VolAting];
plot(y,x,'--r','linewidth',2)
grid on
title('Reservoirs volume')
xlabel ('Variable value')
ylabel ('Membership degree')

```

```

subplot(2,4,4)
plotmf(fis05,'input',2);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
y = [Pocos,Pocos,Pocos,Pocos,Pocos,Pocos,Pocos,Pocos,Pocos,Pocos,Pocos];
plot(y,x,'--r','linewidth',2)
grid on
title('Wells by family')
xlabel ('Variable value')
ylabel ('Membership degree')

subplot(2,4,5)
plotmf(fis05,'input',2);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
y =
[Cisternas,Cisternas,Cisternas,Cisternas,Cisternas,Cisternas,Cisternas,Cisternas,
,Cisternas,Cisternas,Cisternas];
plot(y,x,'--r','linewidth',2)
grid on
title('Cisterns by family')
xlabel ('Variable value')
ylabel ('Membership degree')

subplot(2,4,6)
plotmf(fis05,'input',3);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
y =
[Irriga,Irriga,Irriga,Irriga,Irriga,Irriga,Irriga,Irriga,Irriga,Irriga,Irriga];
plot(y,x,'--r','linewidth',2)
grid on
title('Irrigation')
xlabel ('Variable value')
ylabel ('Membership degree')

subplot(2,4,7)
plotmf(fis06,'input',1);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
y =
[Lavoura,Lavoura,Lavoura,Lavoura,Lavoura,Lavoura,Lavoura,Lavoura,Lavoura,Lavoura,
,Lavoura];
plot(y,x,'--r','linewidth',2)
grid on
title('Crops')
xlabel ('Variable value')
ylabel ('Membership degree')

subplot(2,4,8)
plotmf(fis06,'input',2);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
y =
[Degradacao,Degradacao,Degradacao,Degradacao,Degradacao,Degradacao,Degradacao,De
gradacao,Degradacao,Degradacao,Degradacao];
plot(y,x,'--r','linewidth',2)
grid on
title('Degradation')
xlabel ('Variable value')

```



```

title('Character. of the event')

subplot(2,3,2)
plotmf(fis01,'output',1);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
x2 =
[Carac_Pop,Carac_Pop,Carac_Pop,Carac_Pop,Carac_Pop,Carac_Pop,Carac_Pop,Carac_Pop
,Carac_Pop,Carac_Pop,Carac_Pop];
plot(x2,y,'--r','linewidth',2)
grid on
xlabel('Result of the sub-indicator')
ylabel('Membership degree')
title('Character. of the population')

subplot(2,3,3)
plotmf(fis02,'output',1);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
x3 = [Carac_Agropec, Carac_Agropec, Carac_Agropec, Carac_Agropec,Carac_Agropec,
Carac_Agropec,Carac_Agropec, Carac_Agropec,Carac_Agropec,
Carac_Agropec,Carac_Agropec];
plot(x3,y,'--r','linewidth',2)
grid on
xlabel('Result of the sub-indicator')
ylabel('Membership degree')
title('Character. of Farming')

subplot(2,3,4:6)
plotmf(fis03,'output',1);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
x4 =
[Exposicao,Exposicao,Exposicao,Exposicao,Exposicao,Exposicao,Exposicao,Exposicao
,Exposicao,Exposicao,Exposicao];
plot(x4,y,'--r','linewidth',2)
grid on
xlabel('Result of the indicator')
ylabel('Membership degree')
title('Exposure of Cabaceiras')

%Save Graph in file ".pdf"
h=gcf;
set(h,'PaperOrientation','landscape');
saveas(gcf,'4Exposicao_Cabaceiras.pdf')

%----- Sensibility PLOTS -----
%Four graphs (N Graph by Columns, N Graph by Line, Local)
% three graphs in the first and one in the center of the second line

%figure(05)
figure('Name','Sensitivity Calculation','NumberTitle','off')
subplot(2,3,1)
plotmf(fis04,'output',1);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
% hold on -> overlap the plotted graphs
hold on
%Create a straight
x5 =
[Carac_Socioecon,Carac_Socioecon,Carac_Socioecon,Carac_Socioecon,Carac_Socioecon
,Carac_Socioecon,Carac_Socioecon,Carac_Socioecon,Carac_Socioecon,Carac_Socioecon
,Carac_Socioecon];

```

```

% y = [start: increase from 0.1: up to 1.0]
y = (0.0:0.1: 1.0);
% Plot a straight, where-> '--r' -> dashed, red
plot(x5,y,'--r','linewidth',2)
grid on
xlabel('Result of the sub-indicator')
ylabel('Membership degree')
title('Character. Socioeconomic')

subplot(2,3,2)
plotmf(fis05,'output',1);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
x6 = [Carac_Tec, Carac_Tec, Carac_Tec, Carac_Tec, Carac_Tec, Carac_Tec,
Carac_Tec, Carac_Tec, Carac_Tec, Carac_Tec, Carac_Tec];
plot(x6,y,'--r','linewidth',2)
grid on
xlabel('Result of the sub-indicator')
ylabel('Membership degree')
title('Character. Technological')

subplot(2,3,3)
plotmf(fis06,'output',1);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
x7 = [Carac_Atividades, Carac_Atividades, Carac_Atividades, Carac_Atividades,
Carac_Atividades, Carac_Atividades, Carac_Atividades, Carac_Atividades,
Carac_Atividades, Carac_Atividades, Carac_Atividades];
plot(x7,y,'--r','linewidth',2)
grid on
xlabel('Result of the sub-indicator')
ylabel('Membership degree')
title('Character. of Activities')

subplot(2,3,4:6)
plotmf(fis07,'output',1);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
x8 = [Sensibilidade, Sensibilidade, Sensibilidade, Sensibilidade,
Sensibilidade, Sensibilidade, Sensibilidade, Sensibilidade, Sensibilidade,
Sensibilidade, Sensibilidade];
plot(x8,y,'--r','linewidth',2)
grid on
xlabel('Result of the indicator')
ylabel('Membership degree')
title('Sensitivity of Cabaceiras')

%Save Graph in file ".pdf"
h=gcf;
set(h,'PaperOrientation','landscape');
saveas(gcf,'5Sensibilidade_Cabaceiras.pdf')

%----- Adaptive Capacity PLOTS -----
-----
%Four graphs (N Graph by Columns, N Graph by Line, Local)
% three graphs in the first and one in the center of the second line

%figure(06)
figure('Name','Calculation of Adaptive Capacity','NumberTitle','off')
subplot(2,3,1)
plotmf(fis11,'output',1);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])

```

```

% hold on -> overlap the plotted graphs
hold on
%Cria a straight
x9 = [Capacidade_Humana, Capacidade_Humana, Capacidade_Humana,
Capacidade_Humana, Capacidade_Humana, Capacidade_Humana, Capacidade_Humana,
Capacidade_Humana, Capacidade_Humana, Capacidade_Humana, Capacidade_Humana];
% y = [start: increase from 0.1: up to 1.0]
y = (0.0:0.1: 1.0);
% Plot a straight, where-> '--r' -> dashed, red
plot(x9,y,'--r','linewidth',2)
grid on
xlabel('Result of the sub-indicator')
ylabel('Membership degree')
title('Human Capacity')

subplot(2,3,2)
plotmf(fis12,'output',1);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
x10 = [Governabilidade, Governabilidade, Governabilidade, Governabilidade,
Governabilidade, Governabilidade, Governabilidade, Governabilidade,
Governabilidade, Governabilidade, Governabilidade];
plot(x10,y,'--r','linewidth',2)
grid on
xlabel('Result of the sub-indicator')
ylabel('Membership degree')
title('Governability')

subplot(2,3,3)
plotmf(fis13,'output',1);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
x11 = [Meios_Vida, Meios_Vida, Meios_Vida, Meios_Vida, Meios_Vida, Meios_Vida,
Meios_Vida, Meios_Vida, Meios_Vida, Meios_Vida, Meios_Vida];
plot(x11,y,'--r','linewidth',2)
grid on
xlabel('Result of the sub-indicator')
ylabel('Membership degree')
title('Livelihood')

subplot(2,3,4:6)
plotmf(fis14,'output',1);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
x12 = [CapacidadeAdaptativa, CapacidadeAdaptativa, CapacidadeAdaptativa,
CapacidadeAdaptativa, CapacidadeAdaptativa, CapacidadeAdaptativa,
CapacidadeAdaptativa, CapacidadeAdaptativa, CapacidadeAdaptativa,
CapacidadeAdaptativa, CapacidadeAdaptativa];
plot(x12,y,'--r','linewidth',2)
grid on
xlabel('Result of the indicator')
ylabel('Membership degree')
title('Adaptive Capability of Cabaceiras')

%Save Graph in file ".pdf"
h=gcf;
set(h,'PaperOrientation','landscape');
saveas(gcf,'6CapAdaptativa_Cabaceiras.pdf')

%----- Vulnerability PLOTS -----
-----

```

```

%Four graphs (N Graph by Columns, N Graph by Line, Local)
% three graphs in the first and one in the center of the second line

%figure(07)
figure('Name',' Vulnerability Calculation','NumberTitle','off')
subplot(2,3,1)
plotmf(fis03,'output',1);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
plot(x4,y,'--r','linewidth',2)
grid on
xlabel('Result of the indicator')
ylabel('Membership degree')
title('Exposure')

subplot(2,3,2)
plotmf(fis07,'output',1);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
plot(x8,y,'--r','linewidth',2)
grid on
xlabel('Result of the indicator')
ylabel('Membership degree')
title('Sensibility')

subplot(2,3,3)
plotmf(fis14,'output',1);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
plot(x12,y,'--r','linewidth',2)
grid on
xlabel('Result of the indicator')
ylabel('Membership degree')
title('Adaptive Capacity')

subplot(2,3,4:6)
plotmf(fis15,'output',1);
axis([-0.1,1.1,-0.1,1.1])
hold on
x13 = [Vulnerabilidade, Vulnerabilidade, Vulnerabilidade, Vulnerabilidade,
Vulnerabilidade, Vulnerabilidade, Vulnerabilidade, Vulnerabilidade,
Vulnerabilidade, Vulnerabilidade, Vulnerabilidade];
plot(x13,y,'--r','linewidth',2)
grid on
xlabel('Result of the index')
ylabel('Membership degree')
title('Cabaceiras Vulnerability')

%Save Graph in file .pdf
h=gcf;
set(h,'PaperOrientation','landscape');
saveas(gcf,'7Vulnerabilidade_Cabaceiras.pdf')

append_pdfs Cabaceiras_Results.pdf 1Param_Exposicao_Cabaceiras.pdf
2Param_Sensibilidade_Cabaceiras.pdf 3Param_CapAdaptativa_Cabaceiras.pdf
4Exposicao_Cabaceiras.pdf 5Sensibilidade_Cabaceiras.pdf
6CapAdaptativa_Cabaceiras.pdf 7Vulnerabilidade_Cabaceiras.pdf

delete ('1Param_Exposicao_Cabaceiras.pdf',
'2Param_Sensibilidade_Cabaceiras.pdf', '3Param_CapAdaptativa_Cabaceiras.pdf',
'4Exposicao_Cabaceiras.pdf', '5Sensibilidade_Cabaceiras.pdf',
'6CapAdaptativa_Cabaceiras.pdf', '7Vulnerabilidade_Cabaceiras.pdf')

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% SAVING NUMERICAL RESULTS
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```
%Create an excel file with fine Results
```

```
%Create a matrix information to insert in the excel file ".xlsx"
```

```

Results={'Results','--'
        ''''
        'Aspects','Values'
        'Rainfall Anomaly Index',RAI
        'Aridity Index', AI
        'Character. of the event',          Caracteristica_Evento
        'Labor force dependent on agriculture' ,          Forc_Trab
        'Rural population' ,          Pop_Rural
        'Character. of the population',          Carac_Pop
        'Exposure of agricultural production',          Expo_Agricola
        'Exposure of the herds',          Expo_Rebanho
        'Character. of agriculture and livestock',          Carac_Agropec
        ''''
        'Exposure =' ,          Exposicao
        ''''
        'Inequity Index (Gini)',          Gini
        'Unoccupied workforce' , Desempreg
        'Socioeconomic Characteristics',          Carac_Socioecon
        'Volume of water in reservoirs at the end of the rainy period', VolAting
        'Percentage of households served by Wells (in operation)', Pocos
        'Cisterns by family', Cisternas
        'Agricultural establishments using irrigated agriculture', Irriga
        'Technological Characteristics',          Carac_Tec
        'Areas of agricultural holdings intended for farming', Lavoura
        'Degraded areas', Degradacao
        'Activities Characteristics',          Carac_Atividades
        ''''
        'Sensibility =' , Sensibilidade
        ''''
        'Municipal Human Development Index', IDH
        'Percentage ofGDP invested in Education and Culture', PIBeduc
        'Human Capacity', Capacidade_Humana
        'Population attended by Social Programs in the municipality', ProgSocial
        'Municipal Gross Domestic Product per capita (R$)', PIB
        'Governability', Governabilidade
        'Population receiving some type of MPS Benefit', Aposentados
        'Public Functionality', FuncPubl
        'Livelihood', Meios_Vida
        ''''
        'Adaptive Capacity =' , CapacidadeAdaptativa
        ''''
        'Vulnerability =' , Vulnerabilidade};

```

```

%xlswrite ('file name', matrix informations,'sheet name','starts in cell')
%xlswrite('Results',Results,'Cabaceiras','B2')

```

```

%fprintf %%%%%%%%% Create a matrix information to insert in the txt file ".txt"
fileID = fopen('Results_Cabaceiras.txt','w');

```

```
fprintf(fileID,'%61s %12s\n','Results:','--');
```

```

fprintf(fileID, '%61s %12s\n', 'Aspects:', 'values');
fprintf(fileID, '%61s %12s\n', '---:', '--');
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Rainfall Anomaly Index:', RAI);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Aridity Index:', AI);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Character. of the
event:', Caracteristica_Evento);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Labor force dependent on
agriculture:', Forc_Trab);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Rural population:', Pop_Rural);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Character. of the population:', Carac_Pop);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Exposure of agricultural
production:', Expo_Agricola);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Exposure of the herds:', Expo_Rebanho);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Character. of agriculture and
livestock:', Carac_Agropec);
fprintf(fileID, '%61s %12s\n', '---:', '--');
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Exposure:', Expositcao);
fprintf(fileID, '%61s %12s\n', '---:', '--');
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Inequity Index (Gini):', Gini);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Unoccupied workforce:', Desempreg);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Socioeconomic
Characteristics:', Carac_Socioecon);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Volume of water in reservoirs at the end of
the rainy period:', VolAting);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Percentage of households served by Wells (in
operation):', Pocos);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Cisterns by family:', Cisternas);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Agricultural establishments using irrigated
agriculture:', Irriga);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Technological Characteristics:', Carac_Tec);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Areas of agricultural holdings intended for
farming:', Lavoura);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Degraded areas:', Degradacao);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Activities
Characteristics:', Carac_Atividades);
fprintf(fileID, '%61s %12s\n', '---:', '--');
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Sensibility:', Sensibilidade);
fprintf(fileID, '%61s %12s\n', '---:', '--');
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Municipal Human Development Index:', IDH);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Percentage ofGDP invested in Education and
Culture:', PIBeduc);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Human Capacity:', Capacidade_Humana);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Population attended by Social Programs in
the municipality:', ProgSocial);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Municipal Gross Domestic Product per capita
(R$):', PIB);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Governability:', Governabilidade);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Population receiving some type of MPS
Benefit:', Aposentados);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Public Functionality:', FuncPubl);
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Livelihood:', Meios_Vida);
fprintf(fileID, '%61s %12s\n', '---:', '--');
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Adaptive Capacity:', CapacidadeAdaptativa);
fprintf(fileID, '%61s %12s\n', '---:', '--');
fprintf(fileID, '%61s %12.4f\n', 'Vulnerability:', Vulnerabilidade);

fclose(fileID);

%Create a matrix with all information to insert in the .csv file to shape file
fileID= fopen('TotalResults.CSV', 'w');
fprintf(fileID, '%5s\n', 'sep=,');
fprintf(fileID, '%61s %1s %61s %1s %61s %1s %61s %1s %61s %1s %61s %1s
%61s %1s %61s %1s %61s %1s %61s %1s %61s %1s %61s %1s
%61s %1s

```

```

%61s %1s %61s %1s %61s %1s %61s %1s %61s %1s %61s %1s %61s %1s
%61s %1s %61s %1s %61s %1s %61s %1s %61s %1s %61s %1s %61s
%1s %61s %1s %61s %1s %61s %1s %61s\n', 'Municipality', ',', 'Rainfall
Anomaly Index', ',', 'Aridity Index', ',', 'Character. of the event', ',', 'Labor
force dependent on agriculture', ',', 'Rural population', ',', 'Character. of the
population', ',', 'Exposure of agricultural production', ',', 'Exposure of the
herds', ',', 'Character. of agriculture and
livestock', ',', 'Exposure', ',', 'Inequity Index (Gini)', ',', 'Unoccupied
workforce', ',', 'Socioeconomic Characteristics', ',', 'Volume of water in
reservoirs at the end of the rainy period', ',', 'Percentage of households served
by Wells (in operation)', ',', 'Cisterns by family', ',', 'Agricultural
establishments using irrigated agriculture', ',', 'Technological
Characteristics', ',', 'Areas of agricultural holdings intended for
farming', ',', 'Degraded areas', ',', 'Activities
Characteristics', ',', 'Sensibility', ',', 'Municipal Human Development
Index', ',', 'Percentage of GDP invested in Education and Culture', ',', 'Human
Capacity', ',', 'Population attended by Social Programs in the
municipality', ',', 'Municipal Gross Domestic Product per capita
(R$)', ',', 'Governability', ',', 'Population receiving some type of MPS
Benefit', ',', 'Public Functionality', ',', 'Livelihood', ',', 'Adaptive
Capacity', ',', 'Vulnerability');
fmt = '%20s %1s %12.4f %1s %12.4f %1s %12.4f %1s %12.4f %1s %12.4f %1s %12.4f
%1s %12.4f %1s %12.4f %1s %12.4f %1s %12.4f %1s %12.4f %1s %12.4f %1s
%12.4f %1s %12.4f %1s %12.4f %1s %12.4f %1s %12.4f %1s %12.4f %1s
%12.4f %1s %12.4f %1s %12.4f %1s %12.4f %1s %12.4f %1s %12.4f %1s
%12.4f %1s %12.4f %1s %12.4f %1s %12.4f %1s %12.4f %1s %12.4f\n';

fprintf(fileID, fmt, 'Cabaceiras', ',', 'RAI', ',', 'AI', ',', 'Caracteristica_Evento', ',', 'For
c_Trab', ',', 'Pop_Rural', ',', 'Carac_Pop', ',', 'Expo_Agricola', ',', 'Expo_Rebanho', ',', 'Carac_
Agropec', ',', 'Exposicao', ',', 'Gini', ',', 'Desempreg', ',', 'Carac_Socioecon', ',', 'VolAting', ',',
', Pocos', ',', 'Cisternas', ',', 'Irriga', ',', 'Carac_Tec', ',', 'Lavoura', ',', 'Degradacao', ',', 'Ca
rac_Atividades', ',', 'Sensibilidade', ',', 'IDH', ',', 'PIBeduc', ',', 'Capacidade_Humana', ',', 'P
rogSocial', ',', 'PIB', ',', 'Governabilidade', ',', 'Aposentados', ',', 'FuncPubl', ',', 'Meios_Vid
a', ',', 'CapacidadeAdaptativa', ',', 'Vulnerabilidade);

fclose(fileID);

```

ANEXO I

Descrição das tabelas utilizadas do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)

Tabela 13 - Distribuição percentual das pessoas de 10 anos ou mais de idade, ocupadas na semana de referência, por posição na ocupação – Funcionários Públicos e Militar ou estatutário -Paraíba.

Tabela 21 - Produto interno bruto a preços correntes, impostos, líquidos de subsídios, sobre produtos a preços correntes e valor adicionado bruto a preços correntes total e por atividade econômica, e respectivas participações

Tabela 229 - Famílias residentes em domicílios particulares por tipo de família, situação do domicílio e número de componentes das famílias.

Tabela 765 - Número de estabelecimentos e Área dos estabelecimentos agropecuários, por condição do produtor em relação às terras, sexo, classe de idade e nível de instrução da pessoa que dirige o estabelecimento.

Tabela 822 - Produção, Venda, Valor da produção e Área colhida da lavoura temporária por produtos da lavoura temporária, condição produtor em relação às terras, grupos de atividade econômica, grupos de área total e grupos de área colhida.

Tabela 854 - Número de estabelecimentos agropecuários e Área dos estabelecimentos por utilização das terras, condição do produtor em relação às terras, tempo em que o produtor dirige o estabelecimento, grupos de área total e associação à cooperativa e/ou à entidade de classe.

Tabela 855 - Número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação e Área dos estabelecimentos por método utilizado para irrigação, condição do produtor em relação às terras, fonte de água utilizada, orientação técnica e grupos de área de lavoura.

Tabela 1244 - Número de estabelecimentos e Área dos estabelecimentos agropecuários por condição legal das terras, condição do produtor em relação às terras, grupos de atividade econômica e grupos de área total.

Tabela 1749 - Efetivo da pecuária nos estabelecimentos agropecuários, com agricultura familiar e não familiar, em 31/12/2006, por espécie de efetivo, condição do produtor em relação às terras, grupos de atividade econômica e grupos de área total - (MDA).

Tabela 3213 - Pessoas de 5 anos ou mais de idade alfabetizadas e Taxa de alfabetização das pessoas de 5 anos ou mais de idade, por idade.

Tabela 3213 - Pessoas de 10 anos ou mais de idade, ocupadas na semana de referência cuja atividade do trabalho principal era agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura.

Tabela X- População residente, por sexo e situação do domicílio, população residente de 10 anos ou mais de idade, total, alfabetizada e taxa de alfabetização, segundo os Municípios.

Tabela X2 - Produto Interno Bruto a preço de mercado e Produto Interno Bruto per capita, segundo as Grandes Regiões, Unidades da Federação e municípios.

Descrição das tabelas utilizadas do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS)

- 1- Índice de Gini da renda domiciliar per capita segundo Município;
- 2- Taxa de desemprego 16a e+ por Ano segundo Município;

Descrição das tabelas utilizadas do Banco de dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicadas (IPEADATA)

- 1- População atendida por Programas Sociais no município (%)
 - a) Programa Bolsa Família (PBF) - número de benefícios em dezembro.
 - b) Benefício de Prestação Continuada (BPC) para deficientes - número de benefícios em dezembro.
 - c) Benefício de Prestação Continuada (BPC) para idosos - número de benefícios em dezembro.

Descrição das tabelas utilizadas do Banco de dados do Ministério da Previdência Social (IPEADATA)

- 1- Aposentados e pensionistas (%)-Quantidade de benefícios emitidos em Dezembro.

Descrição das tabelas utilizadas do Ranking IDHM Municípios 2010 – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) no Brasil

- 1- Ranking IDHM Municípios 2010 Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013 (Com dados dos Censos 2000 e 2010).

Descrição das tabelas utilizadas do Instituto Nacional de Estatística – Portugal

Volume de trabalho da mão-de-obra agrícola (UTA) por Localização geográfica (Região agrária/ Ilha) e Tipo de mão-de-obra; Decenal;

Índice de concentração da população residente em cidades (%);

Superfície das culturas permanentes (ha) por Localização geográfica (NUTS - 2001) e Tipo (culturas permanentes); Decenal - INE, Recenseamento agrícola - séries históricas;

Efectivo animal (N.º) da exploração agrícola por Localização geográfica (NUTS - 2001) e Espécie animal; Decenal;

Superfície irrigável (ha) das explorações agrícola por Localização geográfica (Região agrária/ Ilha); Decenal;

Superfície de prados e pastagens permanentes (ha) por Localização geográfica (Região agrária/ Ilha); Decenal;

Áreas das propriedades agrícolas destinadas a lavoura (Pardos e pastagens permanentes);

Tipo de superfície ardida - Povoamentos florestais e Matos;

Descrição das tabelas utilizadas do PORDATA – Portugal

Poder de compra per capita;

Taxa de desemprego segundo os Censos: total e por sexo (%);

Despesas das Câmaras Municipais em cultura e desporto em % do total de despesas

Subsídio de bonificação por deficiência da Segurança Social;

Subsídio mensal vitalício da Segurança Social;

Beneficiários do Rendimento Mínimo Garantido e Rendimento Social de Inserção da Segurança Social: total e por sexo;

Caixa Geral de Aposentações: reformados/aposentados e pensionistas;

Trabalhadores da Administração Pública Local: total e por sexo;

ANEXO II

Referências utilizadas na composição dos pesos de exposição das culturas agropecuárias e dos rebanhos:

Para o cálculo da demanda de água para os rebanhos, foi aplicado o coeficiente de demanda indicado pelo PLIRHINE, que admite um consumo médio constante de 50 l/cab/dia, por cada unidade BEDA. A demanda para abastecimento pecuário por município foi obtida multiplicando-se o consumo médio pelo BEDA, que é definido pela seguinte equação:

$$BEDA = BOV + EQUI + \frac{1}{5}(OV/CAP) + \frac{1}{4}(SUI)$$

Onde:

BOV = bovinos e bufalinos
OV/CAP = ovinos e/ou caprinos
EQUI = equídeos (equínos + asininos + muares)
SUI = suínos

Fonte: PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, **AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo e Atlas**. Brasília, DF, 2006. 112p.

		HUMANOS	Total em Litros
Número de Pessoas		multiplicado por 180 L/dia/pessoa	
BOVINOS DE CORTE			
Animais	Cabeças	Litros/Dia/Cabeça	Total em Litros
Até 250 kg		multiplicado por 18,0	
Até 410 kg		multiplicado por 32,0	
Até 566 kg		multiplicado por 46,0	
Vacas com bezerros		multiplicado por 55,0	
Vacas Secas		multiplicado por 46,0	
Bezerros		multiplicado por 9,0	
BOVINOS DE LEITE			
	Cabeças		Total em Litros
Vaca em Lactação		multiplicado por 62,0	
Vaca e Novilha no final da gestação		multiplicado por 51,0	
Vaca Seca e Novilha gestante		multiplicado por 45,0	
Fêmea Desmamada		multiplicado por 30,0	
Bezerro Lactante (a pasto)		multiplicado por 11,0	
Bezerro Lactante (baia até 60 dias)		multiplicado por 1,0	
Total de água consumida pelos Bovinos (soma das colunas)			
AVES			
	Cabeças		Total em Litros
Frangos		multiplicado por 0,16	
Frangas		multiplicado por 0,18	
Poedeiras		multiplicado por 0,25	
Reprodutores(as)		multiplicado por 0,32	
Total de água consumida pelas Aves (soma das colunas)			
SUINOS			
	Cabeças		Total em Litros
Até 55 dias de idade		multiplicado por 3,0	
De 56 a 95 dias de idade		multiplicado por 8,0	
De 96 a 156 dias de idade		multiplicado por 12,0	
De 157 a 230 dias de idade		multiplicado por 20,0	
Leitoas		multiplicado por 16,0	
Fêmeas em gestação		multiplicado por 22,0	
Fêmeas em lactação		multiplicado por 27,0	
Machos		multiplicado por 20,0	
Total de água consumida pelos Suínos (soma das colunas)			
CONSUMO TOTAL DA PROPRIEDADE POR DIA EM LITROS (Somar todos os valores Totais)			

* Nas quantidades de litros por cabeça por dia não foi considerado o gasto com lavagem das instalações

Fonte: EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cartilha digital **Estimando o Consumo de Água de Suínos, Aves e Bovinos em uma propriedade**. 2005.

Tabela 1. Demanda específica de água por produtos selecionados (em m³/t), Brasil, 1999.

Produto	Demanda espec. de água	Produto	Demanda espec. de água
Banana	483	Vegetais	273
Cevada	1.823	Melancia	596
Feijão seco	5.846	Trigo	1.706
Feijão verde	***	Algodão	3.095
Uvas	485	Repolho	***
Amendoim	2.701	Cenoura	235
Milho	1.261	Couve-flor	360
Manga	1.878	Pepino	401
Milheto	***	Alface	203
Palm	1.286	Aveia	4.592
Pimenta	1.470	Cebola verde	220
Batata	305	Cebola seca	528
Sorgo	2.467	Ervilha	461
Soja	2.244	Açafrão	***
Beterraba	220	Espinafre	***
Cana de açúcar	209	Batata doce	565
Girassol	5.351	Alcachofra	***
Tabaco	2.295	Cítricos	1.741
Tomate	954	Arroz	2.720

***Não disponível. Fonte: Hoekstra e Hung, 2002.

Fontes: CARMO, Roberto Luiz do. OJIMA Andréa Leda Ramos de Oliveira. OJIMA Ricardo. NASCIMENTO, Thais Tartalha do. **Água virtual, escassez e gestão: O Brasil como grande “exportador” de água.** In: Ambiente e Sociedade. Campinas v. X, n. 1 p. 83-96 jan.-jun. 2007.

HOEKSTRA, A. Y.; HUNG, P. Q. Virtual Water Trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. **Value of Water Research Report Series, Netherlands: UNESCO/IHE**, n. 11, p. 25-47, Sept. 2002.