Identificação de municípios prioritários para implantação de cisternas e outras tecnologias de acesso à água no Semiárido









Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Territorial Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

DOCUMENTOS 122

Identificação de municípios prioritários para implantação de cisternas e outras tecnologias de acesso à água no Semiárido

Marcelo Fernando Fonseca Lucíola Alves Magalhães Rogério Resende Martins Ferreira Fernando Antônio de Pádua Paim Ciro Ruiz Vicente da Silva Vitor Leal Santana

Editores Técnicos

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Territorial

Av. Soldado Passarinho, nº 303 Fazenda Chapadão 13070-115, Campinas, SP Fone: (19) 3211.6200 www.embrapa.br/territorial www.embrapa.br/fale-conosco/sac Comitê Local de Publicações da Embrapa Territorial

Presidente Sérgio Gomes Tôsto

Secretário-Executivo

André Luiz dos Santos Furtado

Membros

Bibiana Teixeira de Almeida, Carlos Alberto de Carvalho, Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues, José Dilcio Rocha, Suzi Carneiro, Vera Viana dos Santos Brandão, Ângelo Mansur Mendes, Carlos Fernando Quartaroli e Marcelo Fernando Fonseca

Supervisão editorial Suzi Carneiro e Bibiana Teixeira de Almeida

Revisão de texto Bibiana Teixeira de Almeida

Normalização bibliográfica Vera Viana dos Santos Brandão

Projeto gráfico da coleção Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica e tratamento das ilustrações Suzi Carneiro

Ilustração da capa Fernanda Birolo

1ª edição

1ª impressão (2018): versão on-line

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Embrapa Territorial

Identificação de municípios prioritários para implantação de cisternas e outras tecnologias de acesso à água no Semiárido / Marcelo Fernando Fonseca... [et al.]. — Campinas: Embrapa Territorial, 2018. 36 p.: il.; (Documentos / Embrapa Territorial, ISSN 0103-7811; 122).

1. Análise estatística. 2. Políticas públicas. 3. Política territorial. 4. Sistema de Informação Geográfica. I. Fonseca, Marcelo Fernando. II. Magalhães, Lucíola Alves. III. Ferreira, Rogério Resende Martins. IV. Paim, Fernando Antônio de Pádua. V. Silva, Ciro Ruiz Vicente da. VI. Santana, Vitor Leal. VII. Título. VIII. Série.

CDD 333.9122

Autores

Marcelo Fernando Fonseca

Geógrafo, Doutor em Geografia, analista da Embrapa Territorial, Campinas, SP

Lucíola Alves de Magalhães

Geóloga, Doutora em Geociências, analista da Embrapa Territorial, Campinas, SP

Rogério Resende Martins Ferreira

Agrônomo, Doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Acre, Rio Branco, AC

Fernando Antônio de Pádua Paim

Analista de Sistemas, Especialista em Análise de Sistemas, analista da Embrapa Territorial, Campinas, SP

Ciro Ruiz Vicente da Silva

Graduando em Geografia, Universidade Estadual de Campinas, estagiário da Embrapa Territorial, Campinas, SP

Vitor Leal Santana

Cientista político, Mestre em Ciência Política, Ministério do Desenvolvimento Social, Brasília, DF

Sumário

Re	esum	0	9
1.	Intro	duçãodução	10
2.	Mate	erial e Métodos	12
	2.1	Variáveis do quadro natural	13
	2.2	Variáveis do quadro social	16
	2.3	Padronização das variáveis	18
	2.4	Análise de agrupamentos	18
3	Resu	Itados	21
	3.1	Quadro natural	21
	3.2	Quadro social	26
	3.3	Quadro geral	31
4.	Con	siderações finais	34
5	Refe	rências	35

Resumo

O Programa Nacional de Apoio à Captação de Água da Chuva e outras Tecnologias Sociais (Programa Cisternas) é financiado pelo Ministério do Desenvolvimento Social (MDS) desde 2003. Trata-se de um programa que vem se mostrando exitoso, ao tornar a convivência com o Semiárido mais digna e humana para milhões de famílias rurais por meio da promoção do acesso à água, sobretudo durante os meses de estiagem. O objetivo deste estudo foi identificar municípios prioritários para a implantação de novas cisternas nessa região, auxiliando no direcionamento de investimentos públicos para áreas do território que demandam maior atenção. Por meio da ferramenta estatística Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi*), do software de geoprocessamento ArcGIS, foi possível processar os dados de variáveis pré-selecionadas do que denominamos quadros natural e social. Para o quadro natural, foram considerados o índice de aridez, o registro de eventos de seca e o índice de unidades hidroestratigráficas; para o quadro social, foram considerados o índice de desenvolvimento humano municipal, o índice de vulnerabilidade à desnutrição, a demanda qualificada por cisternas e a taxa de mortalidade infantil por doenças diarreicas. Como resultado do processamento, da análise e integração dos dados dessas 7 variáveis, foi possível elencar 61 municípios do Semiárido brasileiro que apresentam maior vulnerabilidade e, consequentemente, nível muito alto de prioridade para a implantação de novas unidades de cisternas para consumo humano.

1. Introdução

Com o objetivo de melhor compreender a repartição territorial dos dados de alguns dos programas sociais da Secretaria Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (Sesan), órgão do Ministério do Desenvolvimento Social (MDS), e facilitar, a partir disso, o processo de tomada de decisão, foi firmado um acordo entre o MDS e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), por meio do Termo de Execução Descentralizada (2016) n° 006/2016 intitulado "Tecnologias geoespaciais e de gestão territorial para auxiliar o mapeamento de vulnerabilidades sociais". Entre as demandas apresentadas pela Sesan estava uma análise de inteligência territorial para indicação de municípios prioritários para a implantação de cisternas e/ou outras tecnologias sociais de acesso à água no Semiárido brasileiro.

O Programa Nacional de Apoio à Captação de Água da Chuva e outras Tecnologias Sociais de Acesso à Água (Programa Cisternas) é financiado pelo MDS desde 2003 por intermédio da Sesan e executado em parceria com governos estaduais, municipais, consórcios públicos de municípios e organizações da sociedade civil. O programa visa promover o acesso à água de qualidade às famílias rurais de baixa renda afetadas pela seca ou pela falta regular do recurso. Sua abrangência envolve todo o território nacional, mas tem como prioridade a região do Semiárido brasileiro, historicamente a mais afetada pela má distribuição de água.

O Semiárido é uma região legalmente delimitada de acordo com critérios definidos na Portaria n° 89 de março de 2005¹. Segundo ela, fazem parte do Semiárido os municípios com precipitação pluvial média anual menor que 800 mm, com índice de aridez menor que 0,5 (com dados do balanço hídrico do período de 1961 a 1990) e com risco de seca maior que 60% (com base no período de 1970 a 1990) (Brasil, 2017b). Nessas condições, a região abrange 1.135 municípios, distribuídos em nove estados brasileiros, oito no Nordeste e Minas Gerais (Figura 1). Segundo dados do Censo Demográfico de 2010, residiam no Semiárido brasileiro cerca de 22,6 milhões de habitantes, e, desse total, aproximadamente 8,6 milhões viviam na zona rural, o correspondente a cerca de 38% da população residente no Semiárido.

Malvezzi (2007) ressalta que, ao contrário do que se acredita, o problema da água no Semiárido não é sua escassez, e sim sua má distribuição. A pluviosidade na região, apesar de irregular, pode chegar a 800 mm no ano, por isso o autor afirma que "é o Semiárido mais chuvoso do mundo". Contudo, grande parte desse volume de água não fica armazenado em razão da baixa porosidade do subsolo e dos altos níveis de evapotranspiração, fazendo com que o grande desafio para os moradores da região seja o de "guardar a água no tempo que chove e evitar a evaporação".

O Programa Cisternas foi fomentado no início dos anos 2000, a partir de ampla articulação de entidades da sociedade civil e com a perspectiva central de tornar possível e mais digna a convivência com o clima semiárido. A dispersão da população rural no Semiárido brasileiro inviabiliza a construção de sistemas de abastecimento centralizados, pois os custos de implementação e a realidade de escassez dos recursos hídricos da região não permitem o funcionamento e a manutenção de um sistema de ampla envergadura para a região como um todo. Atualmente, por exemplo, ainda é comum encontrar famílias rurais que precisam buscar água com qualidade comprometida, muitas vezes salobra, em açudes, represas e poços, percorrendo, para isso, longas distâncias a pé. Atravessar os meses de estiagem ainda é um desafio para muitas famílias. Atenuar essa realidade de forma descentralizada, com a disponibilização de cisternas com água de qualidade para beber,

¹ Em julho e novembro de 2017 o Conselho Deliberativo da Sudene incluiu, respectivamente, 54 e 73 novos municípios na região do Semiárido brasileiro. Para este estudo, utilizamos a base oficial com 1.135 municípios.

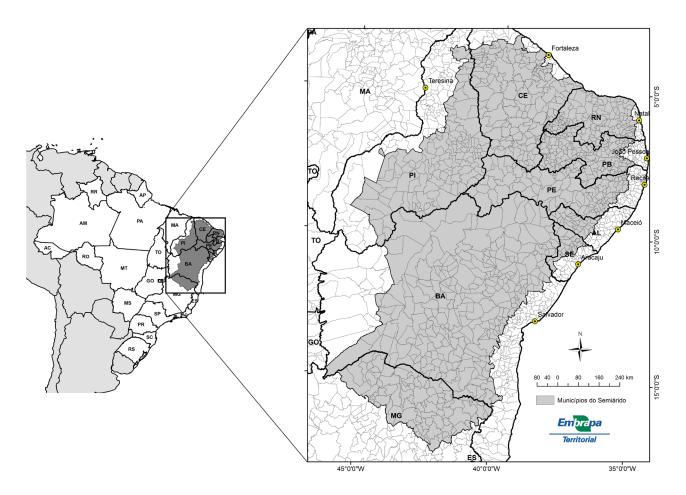


Figura 1. Localização do Semiárido brasileiro.

cozinhar e produzir alimentos fez com que o programa entrasse na esfera de política pública de segurança alimentar do governo federal em 2003 e ganhasse destaque dentro do Programa Água Para Todos a partir de 2011 (Santana et al., 2011).

Tecnologia Social é um conceito de tecnologia baseado no saber e na cultura local, e as formas de implementação de uma política pública baseada em tecnologias sociais variam de acordo com as técnicas e os recursos locais, resultando em uma política que, na prática, se adapta à realidade do beneficiado e que conta com o envolvimento da comunidade (Dias, 2013). É com esse olhar que são desenvolvidas e implementadas soluções para problemas sociais de diversas naturezas da realidade local. No caso do Programa Cisternas, a principal tecnologia utilizada é a de cisternas de placas de cimento, que têm como objetivo captar e armazenar adequadamente a água da chuva durante o irregular período chuvoso, para que ela seja utilizada ao longo dos meses de estiagem.

As tecnologias apoiadas podem ser de uso familiar para consumo humano, de uso agrícola e de uso escolar. No caso das tecnologias de uso familiar para consumo humano, mais especificamente a cisterna de placas com capacidade de 16 mil litros, a água da chuva é captada a partir do telhado dos domicílios e direcionada para um reservatório, e esse volume é suficiente para o consumo de uma família de cinco pessoas durante a estiagem (Brasil, 2017a). O valor unitário atual é de R\$ 3,5 mil, e inclui os custos associados à mobilização e capacitação dos beneficiários para a gestão da água e o uso adequado da tecnologia, além do custo com o processo construtivo e a disponibilização de um filtro de barro.

As tecnologias de uso agrícola são utilizadas para a produção de alimentos e criação de animais, sendo que as principais apoiadas pelo MDS são as cisternas com capacidade para armazenar até 52 mil litros de água (com diferentes formas de captação), além da barragem subterrânea e do barreiro de trincheira. A implantação dessas tecnologias vem acompanhada de um componente produtivo que envolve insumos e/ou materiais de infraestrutura, para potencializar as condições de produção de alimentos das famílias beneficiadas, como sementes, ração, mudas, enxadas, entre outros. Por essa razão, tais tecnologias auxiliam na ampliação da renda familiar, por meio da venda de excedentes, e também possibilitam uma alimentação mais diversificada e com maior valor nutricional (Brasil, 2017a).

Já as cisternas escolares atendem professores e alunos de escolas públicas da zona rural. O volume de armazenagem do reservatório também é de 52 mil litros, e estão incluídos em seus componentes dois filtros de barro para auxiliar no tratamento da água e torná-la própria para consumo durante os meses de estiagem. Além da implantação, toda a comunidade escolar passa por formações socioeducativas voltadas para o uso consciente e a gestão adequada da água disponível (Brasil, 2017a).

O programa abrange, portanto, um público de grande vulnerabilidade socioeconômica. Sua implantação muda drasticamente o cotidiano das famílias beneficiadas, as quais, além de não precisarem percorrer grandes distâncias para captar água, também passam a consumir água de melhor qualidade, com grande impacto na saúde e na segurança alimentar. Com isso, além de verem reduzida a incidência de doenças de veiculação hídrica, as famílias também ganham condições de produzir alimentos com melhor valor nutricional.

Todo esse quadro torna o mapeamento de áreas prioritárias para a implantação de tecnologias do Programa Cisternas no Semiárido brasileiro um processo importante e delicado, pois, além de envolver uma realidade social com sérias e numerosas demandas, ele também trata do direcionamento de repasses de dinheiro público. Dessa forma, o objetivo central deste estudo foi identificar, quantificar e classificar os municípios de todo o Semiárido quanto ao nível de prioridade para receber a implantação de novas tecnologias destinadas ao consumo humano/familiar, por meio da aplicação de técnicas e metodologias de análise espacial a partir da seleção empírica e criteriosa de variáveis de cunho natural e social.

2. Material e Métodos

O processo de seleção dos municípios prioritários foi feito a partir de variáveis elencadas por especialistas do MDS e da Embrapa, com base inclusive em estudos referenciados anteriormente, como D'alva e Farias (2008). Foram consideradas variáveis referentes aos quadros natural e social do Semiárido, cujos dados foram tratados e processados por meio de software e ferramentas de geoprocessamento e técnicas de análise espacial. Para compor a análise do quadro natural, foram consideradas três variáveis: o índice de aridez; o registro de eventos de seca de 2003 a 2015; e o índice de unidades hidroestratigráficas. No que diz respeito ao quadro social, foram consideradas quatro variáveis: o índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM); o índice de vulnerabilidade à desnutrição; a demanda qualificada por cisternas; e a taxa de mortalidade infantil por doenças diarreicas.

É importante destacar que, de posse dessas sete variáveis, foi feita uma análise dos componentes principais, isto é, uma análise estatística que buscou verificar se, dentro desse conjunto de variáveis, havia um número menor de variáveis que respondesse melhor pelo universo dos dados,

evitando, assim, sobreposições de informações e o processamento de dados de variáveis sem relevância estatística. Essa técnica pode ser utilizada para gerar índices e agrupar indivíduos (Hongyu et al., 2015).

A análise constatou que, das sete variáveis originalmente elencadas, não houve um número menor de variáveis que melhor representasse a distribuição dos dados. A Tabela 1 indica que o IDHM foi o índice que apresentou maior influência sobre a variabilidade dos dados, mas que, ainda assim, representa um valor pouco expressivo (18,58%). Seis delas representariam cerca de 90% da variância, o que indica que não há variáveis principais a destacar, portanto justifica-se o uso das sete variáveis para a análise em conjunto.

	IDHM	Índice de aridez	Registro eventos de seca	Índice de vulnerabilidade à desnutrição	Índice unidades HE	Demanda qualificada	Taxa mortalidade infantil por doenças diarreicas
Desvio-padrão	1,14	1,09	1,07	1,01	0,95	0,89	0,82
% da variância	18,58	16,88	16,24	14,47	12,96	11,33	9,55
% acumulada	18,58	35,45	51,69	66,17	79,12	90,45	100

Tabela 1. Desvio-padrão e variância dos dados utilizados no estudo.

2.1 Variáveis do quadro natural

Em razão da baixa densidade de estações meteorológicas na região, para o cálculo do índice de aridez foi utilizada uma série de dados interpolados de temperatura média do ar e precipitação pluvial anual do National Centers for Environmental Prediction (NCEP), a *Climate Forecast System Reanalysis* (CFSR), para o período de 2004 a 2013, disponibilizada no *Global Weather Data for SWAT*, da Texas A&M University. Foi calculado o balanço hídrico climatológico, segundo Thornthwaite e Mather (1955), com a capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm, para obtenção da evapotranspiração real. Foi utilizada, ainda, a Equação 1, de Thornthwaite (1948) ajustada por Penman (1953):

$$Ia = Pr / ETP \tag{1}$$

la é o índice de aridez, Pr é a precipitação hídrica anual e ETP é a evapotranspiração potencial anual. A evapotranspiração potencial foi calculada usando a fórmula de Thornthwaite (1948) (Equação 2):

$$EP=16,2*(10*T/I)$$
 (2)

EP é a evapotranspiração potencial (mm mês⁻¹), t é a temperatura média mensal do ar (°C) e I é o índice de calor anual resultante da soma de 12 índices mensais (Equação 3):

$$I = \sum_{1}^{12} i \tag{3}$$

na qual:

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514}$$

.

Por fim, os valores calculados do índice de aridez (la) foram submetidos à classificação das zonas climáticas estabelecidas pelo Conama (1997), apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Classes de clima de acordo com o índice de aridez (Conama, 1997).

Classe	Índice
Hiperárido	< 0,03
Árido	0,03 - 0,20
Semiárido	0,21 - 0,50
Subúmido e seco	0,51 - 0,65
Subúmido e úmido	> 0,65

O mapa final correspondente ao índice de aridez foi elaborado usando o software ArcGIS 10.5.1 e os pontos (latitude e longitude) disponibilizados no *Global Weather Data for SWAT* pela Texas A&M University. Para os munícipios não cobertos, foi utilizado o método de estatística conhecido como krigagem. Assim, os municípios com menores valores no índice de aridez são aqueles em situação de maior aridez (Figura 2A).

O registro de eventos de seca refere-se à contabilização de decretos de emergência e/ou calamidade pública expedidos pelas prefeituras dos municípios brasileiros quando o próprio município se viu afetado pela estiagem ou seca. A contabilização é feita pela Defesa Civil e disponibilizada pela Agência Nacional de Águas (ANA) para os registros de 2003 a 2015. Nesse caso, quanto maior o número de registros de um município, maior é a sua vulnerabilidade hídrica (Figura 2B).

Segundo o mapeamento das unidades hidroestratigráficas executado pelo Serviço Geológico do Brasil (Diniz et al., 2014), uma unidade hidroestratigráfica reúne um conjunto de formações geológicas que apresentam semelhanças de porosidade e permeabilidade, as quais permitem um modo de armazenagem e de movimentação de águas subterrâneas também semelhante. Por essa razão, as unidades hidroestratigráficas podem identificar áreas com maior facilidade de obtenção de água subterrânea e são divididas em seis classes segundo sua produtividade (Diniz et al., 2014): 1 - Muito alta: fornecimento de água de importância regional (abastecimento de cidades e grandes irrigações); aquíferos que se destacam em âmbito nacional. 2 - Alta: características semelhantes às da classe anterior, contudo situam-se dentro da média nacional de bons aquíferos. 3 - Moderada: fornecimento de água para abastecimentos locais em pequenas comunidades, irrigação em áreas restritas. 4 - Geralmente baixa, porém localmente moderada: fornecimento de água para suprir abastecimento local ou consumo privado. 5 - Geralmente muito baixa, porém localmente baixa: fornecimento contínuo dificilmente é garantido. 6 - Pouco produtiva ou não aquífera: fornecimento insignificante de água, abastecimento restrito ao uso de bombas manuais.

Como os números que identificam essas classes são representações de dados categóricos, foi necessário atribuir um peso para cada classe, contemplando a ideia original de que quanto menor é o valor do índice, melhor é a situação hidroestratigráfica do local: Classe 1 – peso 0,2; Classe 2 – peso 0,2; Classe 3 – peso 0,4; Classe 4 – peso 0,6; Classe 5 – peso 0,8; Classe 6 – peso 1. Cada município do Semiárido foi classificado segundo o percentual da área de seu território sob influência de cada uma das unidades hidroestratigráficas identificadas (Figura 2C). Para tanto, foi calculado o percentual do território de cada município ocupado por cada uma dessas unidades. Esse resultado foi multiplicado pelo peso correspondente de cada classe, para gerar o mapa contínuo utilizado na integração com as demais bases de dados.

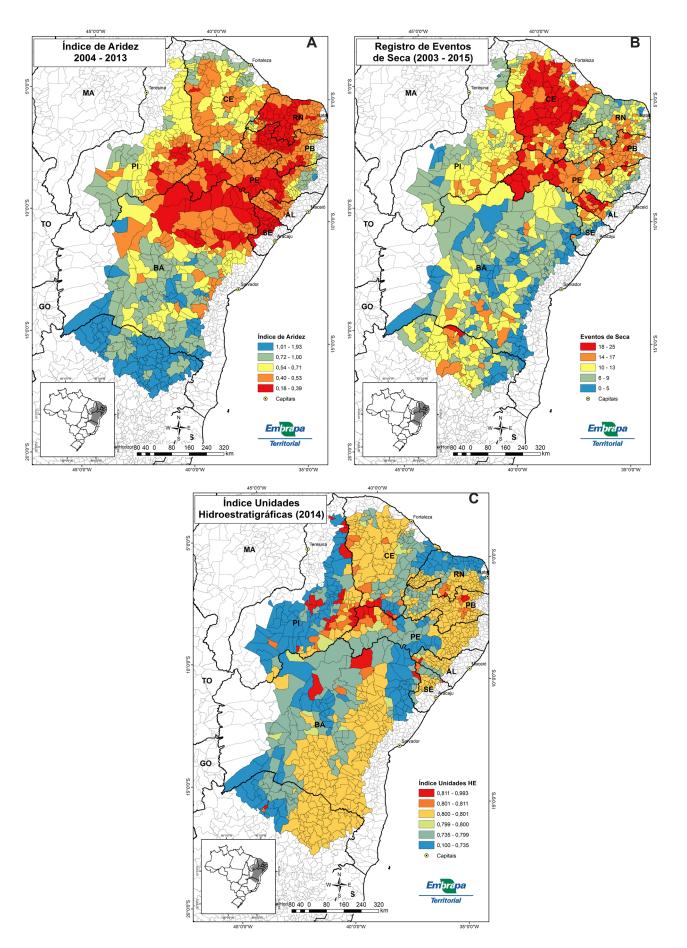


Figura 2. Mapas com a espacialização das variáveis do quadro natural: A – índice de aridez; B – registro de eventos de seca; C – índice de unidades hidroestratigráficas.

2.2 Variáveis do quadro social

No quadro social, a primeira variável trabalhada foi o índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) de 2010. Os dados de IDHM foram calculados pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, o PNUD, da Organização das Nações Unidas (ONU), com dados do Censo Demográfico de 2010, e estão disponíveis no portal *Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil* (PNUD, 2010).

Seu cálculo é baseado na expectativa de vida, nos níveis de escolaridade e nos níveis de renda dos habitantes de cada município. Seus valores ficam no intervalo de 0 a 1 (Tabela 3). Quanto mais próximo de 0, pior é o nível de desenvolvimento do município e, quanto mais próximo de 1, melhor é o nível de desenvolvimento do município (Figura 3A).

Os dados do índice de vulnerabilidade à desnutrição e a demanda qualificada por cisternas de uso humano foram fornecidos pela Secretaria de Segurança Alimentar e Nutricional (Sesan) do Ministério do Desenvolvimento Social (MDS) (Caisan, 2017). O índice de vulnerabilidade à desnutrição, calculado com base nos dados de 2014, considera a razão entre a estimativa de pessoas vulneráveis segundo o índice apenas com desnutrição (crianças menores de 5 anos acompanhadas pelo Bolsa Família e que apresentam déficit de peso e altura para a idade) e o total de pessoas do CadÚnico em cada município (Figura 3B).

Já a demanda qualificada por cisternas para o ano de 2017 representa o número ideal de cisternas de uso familiar que o município deveria apresentar. Esse número é calculado com base no número de famílias inscritas no CadÚnico que não têm acesso à rede pública de abastecimento de água ou não têm atendimento com cisternas, residentes na zona rural de algum município do Semiárido e com perfil de elegibilidade para o programa Bolsa Família, isto é, famílias com renda per capita

Tabela 3.	Faixas de	desenvolvi	mento hui	mano (PNUD	2010)

Faixa	IDHM
Muito alto	0,800 - 1,000
Alto	0,700 - 0,799
Médio	0,600 - 0,699
Baixo	0,500 - 0,599
Muito baixo	0,000 - 0,499

mensal menor que R\$ 60,00 ou famílias com filhos entre 0 e 16 anos incompletos e com renda per capita entre R\$ 60,01 e R\$ 120,00 (D'alva; Farias, 2008). Em ambas as variáveis, quanto maiores os valores, pior é a situação do município (Figura 3C).

A taxa de mortalidade infantil por doenças diarreicas foi obtida pela Sesan junto ao Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) para o ano de 2015. São dados que representam a razão entre o número de mortes por doenças diarreicas na faixa de 0 a 4 anos de idade e o número de nascidos vivos, segundo o local de residência da mãe (Figura 3D). Quanto maior o valor da taxa, maior é o número de mortes infantis e, consequentemente, pior é a situação do município.

Segundo a Classificação Internacional de Doenças (CID-10), as doenças infecciosas intestinais que se encaixam nesse quadro são classificadas do A00 ao A09: A00 – cólera; A01 – febres tifoide e paratifoide; A02 – outras infecções por *Salmonella*; A03 – shiguelose; A04 – outras infecções intestinais bacterianas; A05 – outras intoxicações alimentares bacterianas, não classificadas em

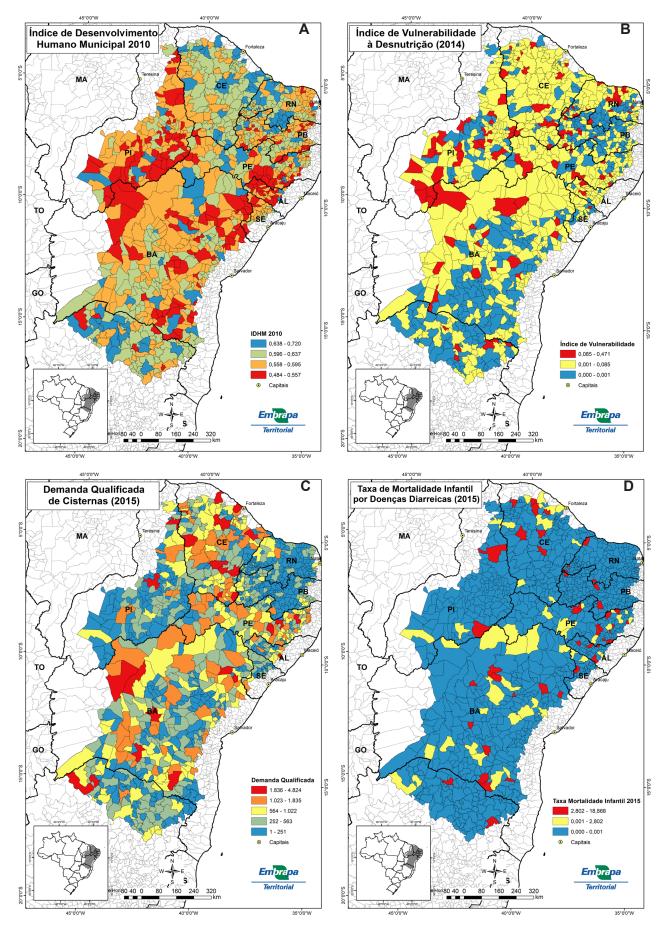


Figura 3. Mapas com a espacialização das variáveis do quadro social: A – IDHM; B – índice de vulnerabilidade à desnutrição; C – demanda qualificada por cisternas; D – taxa de mortalidade infantil por doenças diarreicas.

outra parte; A06 – amebíase; A07 – outras doenças intestinais por protozoários; A08 – infecções intestinais virais, outras e as não especificadas; A09 – diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível. São doenças que estão fortemente associadas à qualidade da água e, por essa razão, esta é uma variável que indica um possível impacto positivo da implantação de cisternas (Datasus, 2017).

2.3 Padronização das variáveis

O trabalho conjunto com as sete variáveis visou identificar municípios do Semiárido brasileiro onde os indicadores apresentassem os piores valores. São essas as áreas identificadas como prioritárias para a implantação de cisternas. Nessas condições, as sete variáveis permitem compreender a situação geral dos municípios do Semiárido. Contudo, foi necessário fazer uma adequação no índice de aridez e no IDHM, pois, ao contrário das outras variáveis, ambas indicam os piores cenários quando seus valores são mais baixos (Tabela 4). Para que as sete variáveis tivessem a mesma lógica na hora de utilizar a ferramenta Hot Spot Analysis, foi preciso calcular o inverso dos valores das duas variáveis (Figura 4). Com esse pequeno ajuste, todas as sete variáveis passaram a indicar que os maiores valores são piores indicadores para os municípios nas sete variáveis.

Tabela 4. Natureza das variáveis e ajustes necessários.

V ariáveis	Quanto maior	Quanto menor
Índice de aridez (-1)	Melhor	Pior
Índice – Unidades HE	Pior	Melhor
Registro de eventos de seca	Pior	Melhor
IDHM (-1)	Melhor	Pior
Índice de vulnerabilidade à desnutrição	Pior	Melhor
Demanda qualificada por cisternas	Pior	Melhor
Taxa de mortalidade infantil por doenças diarreicas	Pior	Melhor

2.4 Análise de agrupamentos

Com o objetivo de identificar agrupamentos espaciais em cada uma das variáveis, foi utilizada a ferramenta de estatística espacial Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi*) do software ArcGIS 10.5.1 (Figura 5). Essa ferramenta localiza regiões estatisticamente significativas que concentram os valores mais altos e os valores mais baixos da variável analisada.

Segundo Getis e Ord (2010), essa técnica de estatística espacial trabalha considerando valores de desvio-padrão em relação à média do conjunto de dados. Ela avalia as probabilidades de que, por meio de um processo aleatório, os dados de uma amostra distribuam-se da mesma forma como estariam originalmente distribuídos. Supondo que o conjunto de valores de uma variável seja recolhido e que, em um processo aleatório, esses valores sejam redistribuídos infinitas vezes pelo espaço, um arranjo espacial diferente será formado com esses valores em cada redistribuição. Assim, cada um desses valores receberá um *p-value*².

Nesse processo, alguns valores serão iguais ou parecidos com seus valores vizinhos. Dessa maneira, o *p-value* será mais alto, pois o arranjo pode ser semelhante entre esses dados sem surtir muita

² Disponível em: http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-statistics-toolbox/what-is-a-z-score-what-is-a-p-value.htm Acesso em: 30 out. 2017.

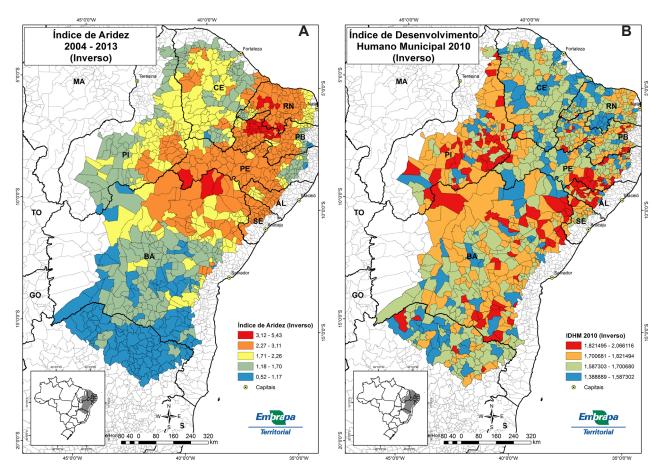


Figura 4. Espacialização dos valores inversos do índice de aridez (A) e do IDHM (B).

diferença em relação ao arranjo original. Esse cenário indica valores de desvio-padrão (*z-scores*) baixos, pela proximidade da média geral. Do contrário, o *p-value* será menor para aqueles dados que apresentarem valores extremos e que originalmente encontram-se espacialmente próximos. Isso traz maior confiança para o fato de que aquele arranjo é realmente original e seus entes apresentam forte correlação espacial. Cada variável processada recebe, então, três novas colunas em sua tabela de atributos: GiZScore; GiPValue e Gi_Bin. A primeira coluna contém os *z-scores*, que são valores de desvio-padrão, a segunda coluna contém os p-*values*, que são as probabilidades, e a terceira coluna contém os níveis de confiança³.

Os níveis de confiança para um *cold spot* são de 99%, 95% e 90%. Na coluna Gi_Bin, esses valores correspondem a -3, -2 e -1 respectivamente. Nos dados reunidos em um *hot spot*, isto é, em uma concentração original de dados com valores altos, os níveis de confiança também são de 99%, 95% e 90%, aos quais correspondem os valores 3, 2 e 1 na coluna Gi_Bin. Os dados com *p-value* muito alto não têm significância estatística, uma vez que a sua relação com a vizinhança pode ser feita com diversos dados semelhantes sem haver grande diferença do arranjo original. A esses dados sem significância estatística é atribuído o valor 0 (zero) na coluna Gi_Bin (Figura 6). A ferramenta estatística Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi*) mostra-se, dessa forma, como um importante instrumento para destacar aglomerados espaciais de valores altos (*hot spot*) e baixos (*cold spot*) de uma variável.

Disponível em: http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-statistics-toolbox/hot-spot-analysis.htm Acesso em: 28 nov. 2017.



Figura 5. Representação do funcionamento da ferramenta Hot Spot Analysis. Fonte: ESRI (2017).

Se a natureza da variável indicar que os piores valores são os mais altos, a ferramenta estatística indicará áreas mais críticas como *hot spot*, ou seja, áreas de aglomerados espaciais com valores mais altos. Neste exemplo, as áreas menos críticas são aquelas cujos valores são menores e, portanto, são encontrados onde há algum *cold spot*. Essa é a lógica que determina a ligação entre a natureza da variável e a ferramenta utilizada, pois cada aglomerado (*hot spot* ou *cold spot*) apresenta um nível de confiança dado pela coluna Gi_Bin. O grau de confiança dado ao aglomerado de municípios é, por essa razão, uma medida que indica a singularidade daquele arranjo, e atua como um valor de relevância para a análise da variável.

Em termos práticos, isso significa afirmar que os piores valores seriam marcados como *hot spot* e receberiam um valor de confiança na coluna Gi_Bin atribuído pela ferramenta estatística (3, 2 ou 1). Da mesma forma, os melhores valores reunidos formariam um *cold spot* e também seriam representados por níveis de confiança na coluna Gi_Bin (-3, -2 e -1). Os valores sem significância estatística receberiam o valor 0 nessa mesma coluna. Se os níveis de confiança indicam a singularidade e a significância estatística do aglomerado, eles também podem ser indicativos do grau de prioridade para o aglomerado.

Durante o processamento de cada variável, cada município recebeu um valor na coluna Gi_Bin (-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3). A soma algébrica desses valores indica uma visão integrada das áreas mais e menos críticas para priorização de atendimento pelo Programa Cisternas. Com o uso da ferramenta Spatial Join do software de análise, os valores da coluna Gi_Bin de cada variável foram reunidos em um único *shapefile* (formato de saída do arquivo) e na tabela de atributos foram feitas três somas no conjunto de dados: a – soma das três variáveis referentes ao quadro natural, b – soma das quatro variáveis do quadro social e c – soma de todas as variáveis consideradas no estudo – quadro geral. Um aspecto importante a se destacar é que o trabalho dos dados dessas variáveis em um único *shapefile* permite fazer uma análise integrada entre as próprias variáveis, cruzando informações pertinentes.

As três sobreposições dos conjuntos de dados foram, por fim, organizadas em cinco classes segundo o método de quebras naturais. São classes que representam os níveis de prioridade de cada município: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto. Quanto maiores os valores das três somas para um município, maiores são as suas chances de pertencer a um *hot spot*, mais críticos são seus valores e maior é seu nível de prioridade.

Guardadas as devidas especificidades de cada caso, no Brasil, é possível encontrar alguns estudos que utilizam essa técnica. São estudos que abordam assuntos socioeconômicos, como no caso de Gouveia et al. (2016), que trabalham com a identificação de áreas de extração do babaçu no Maranhão. No entanto, há um número maior de estudos que usam essa técnica na Epidemiologia,

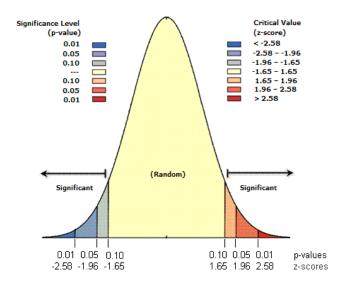


Figura 6. Distribuição normal padrão com as classes dos níveis de confiança e os respectivos *z-scores* e *p-values*. Fonte: ESRI (2017).

por exemplo, a análise de Melo (2011) sobre a identificação de áreas com maior ocorrência de morte por doença de Chagas no Brasil ou, ainda, o trabalho de Castro e Singer (2007) com a análise da ocorrência de malária no município de Machadinho, RO, e, seguindo essa linha, entre outros, o trabalho de Lucena et al. (2008) analisando a ocorrência de dengue em João Pessoa, PB, entre 2001 e 2006. São temáticas pontuais que utilizam essa técnica para análises direcionadas ao próprio tema. O presente estudo abrange temas de diferentes áreas que são dados pelas variáveis trabalhadas. Um esquema representativo da metodologia e dos procedimentos feitos é apresentado na Figura 7.

3 Resultados

A partir do processamento dos dados, foram produzidos sete mapas de *hot / cold spot*, um para cada variável. Em cada caso, os municípios do Semiárido foram classificados segundo seu nível de confiança (coluna Gi_Bin). Em seguida, foi possível criar mais três mapas a partir da soma dos níveis de confiança das variáveis do quadro natural, das variáveis do quadro social e de todas as variáveis elencadas. Após as três somatórias, os dados foram classificados em cinco níveis de prioridade (muito alto, alto, médio, baixo, muito baixo) e resultaram em mais três mapas, um considerando apenas o quadro natural, outro considerando apenas o quadro social e um último considerando todas as variáveis.

A classificação dos municípios prioritários nesses três eixos tem como finalidade abrir um leque maior de opções de uso da informação para o usuário final. Se o usuário decidir, por exemplo, ser mais apropriado utilizar a classificação que levou em consideração somente as variáveis naturais, ele terá essa opção, assim como se for o caso de utilizar apenas as variáveis sociais ou, por fim, todas as variáveis conjuntamente.

3.1 Quadro natural

As três variáveis do quadro natural foram processadas usando o Hot Spot Analysis e geraram seus três mapas de *hot / cold spot* (Figura 8). Após o cruzamento dos dados da coluna Gi_Bin com os

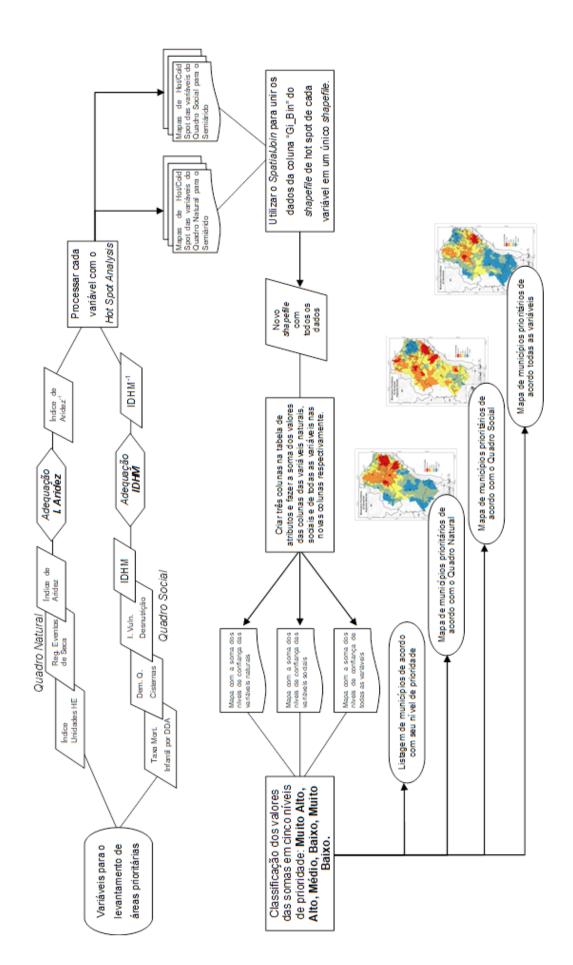


Figura 7. Esquema representativo da metodologia e dos procedimentos adotados.

dados das próprias variáveis, ficou visível a relação existente entre as áreas de *hot spot* e os valores mais críticos de cada variável (Tabelas 5, 6 e 7).

O índice de aridez é uma variável que indica maior aridez onde seus valores são menores. O mapa de *hot spot* do inverso do índice de aridez (Figura 8A) indica que os municípios nas áreas de *cold spot* (-3, -2 ou -1) têm, em média, valores acima de 0,65, o que significa que são municípios com clima subúmido e úmido (Conama, 1997). É um dado importante presente em quase um terço dos municípios do Semiárido. Os municípios com nível de confiança igual a 0 enquadram-se, em média, no clima subúmido e seco. Somente os municípios de *hot spot* (1, 2 ou 3) enquadram-se, em média, no clima semiárido de fato (Tabela 5). Trata-se, portanto, de uma região que é castigada severamente pela seca, mas com disponibilidade de água que, no entanto, ainda é considerada maior que em algumas outras regiões áridas e semiáridas do planeta (Malvezzi, 2007).

Tabela 5. Descrição dos dados da coluna Gi_Bin do mapa de *hot / cold spot* do inverso do índice de aridez (2004 – 2013) para o Semiárido.

Gi_Bin	Nº de municípios	% relativa	Demanda qualificada por cisternas	% DQ*	DQ/M**	Média índice aridez
3	341	30,04	96.611	19,83	283	0,39
2	71	6,26	29.326	6,02	413	0,44
1	32	2,82	15.233	3,13	476	0,45
0	335	29,52	164.290	33,72	490	0,53
-1	46	4,05	25.415	5,22	553	0,69
-2	60	5,29	36.664	7,53	611	0,71
-3	250	22,03	119.621	24,55	478	0,94
TOTAL	1.135	100,00	487.160	100,00	429	

^{*}DQ = demanda qualificada por cisternas; **M = número de municípios.

Tabela 6. Descrição dos dados da coluna Gi_Bin do mapa de *hot / cold spot* do Registro de Eventos de Seca (2003 – 2015) para o Semiárido.

Gi_Bin	Nº de municípios	% relativa	Demanda qualificada por cisternas	% DQ*	DQ/M**	Média de registros
3	285	25,11	134.560	27,62	472	16
2	55	4,85	25.555	5,25	465	13
1	30	2,64	11.990	2,46	400	13
0	429	37,80	191.225	39,25	446	11
-1	38	3,35	15.520	3,19	408	9
-2	67	5,90	19.920	4,09	297	8
-3	231	20,35	88.390	18,14	383	6
TOTAL	1.135	100,00	487.160	100,00	429	

^{*}DQ = demanda qualificada por cisternas; **M = número de municípios.

O registro de eventos de seca é uma variável fortemente influenciada pelas características naturais da região. Se, por exemplo, chove pouco em um determinado município, ele fica mais propenso a sofrer com a seca durante os meses de estiagem e, consequentemente, podem ocorrer mais decretos de emergência e/ou calamidade pública. A grande questão é que, apesar de esse fato ser verdadeiro e plausível, os decretos dependem também do engajamento político das municipalidades e do próprio governo estadual. É o que possivelmente explica o fato de os Sertões Cearenses serem praticamente um grande *hot spot* (Figura 8B).

Ao decretar emergência ou calamidade pública em razão da seca, é criada uma situação jurídica especial para a municipalidade e o governo estadual terem maior liberdade político-orçamentária para abastecer a população, contando também como importante fator para a municipalidade receber obras e/ou recursos para o abastecimento da população⁴. De todo modo, com base na Tabela 6, é possível afirmar que os municípios que apresentam, em média, um número maior de registros de seca apresentam demanda qualificada média também maior.

A Tabela 7 indica que os maiores (e mais críticos) valores do índice de unidades hidroestratigráficas encontram-se, em média, de fato nas áreas de *hot spot* (1, 2 ou 3), ainda que o Semiárido como um todo apresente, em média, valores críticos. Essas áreas agregam cerca de 38% dos municípios do Semiárido e demandam, por si sós, 142.000 cisternas, 29% da demanda total (Figura 8C).

Tabela 7. Descrição dos dados da coluna Gi_Bin do mapa de *hot l cold spot* do índice de unidades hidroestratigráficas (2014) para o Semiárido.

Gi_Bin	Nº de municípios	% relativa	Demanda qualificada por cisternas	% DQ*	DQ/M**	Média índice unidades HE
3	141	12,42	29.298	6,01	208	0,800
2	191	16,83	71.973	14,77	377	0,798
1	103	9,07	40.801	8,38	396	0,798
0	505	44,49	266.866	54,78	528	0,785
-1	14	1,23	4.912	1,01	351	0,725
-2	26	2,29	11.938	2,45	459	0,707
-3	155	13,66	61.372	12,60	396	0,559
TOTAL	1.135	100,00	487.160	100,00	429	

^{*}DQ = demanda qualificada por cisternas; **M = número de municípios.

A sobreposição dos níveis de confiança de cada variável natural proporcionou uma visão geral das áreas mais críticas e menos críticas do Semiárido brasileiro a partir do próprio quadro natural. A análise feita somente com tais variáveis indica 180 municípios com nível de prioridade considerado muito alto, 16% do total de municípios (Tabela 8). Eles localizam-se no extremo leste do Piauí, no Sertão Paraibano, Sertão Pernambucano, Sertão Alagoano e Sertão Sergipano (Figura 9B) e correspondem a aproximadamente 10% de toda a demanda qualificada por cisternas, o que equivale a 48.125 cisternas.

Mais informações em: <a href="http://www.defesacivil.ce.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=686:situacao-de-emergencia-por-estiagemse-ca-de-2012-a-2014&catid=14:lista-de-noticias<emid=81> Acesso em: 24 nov. 2017.

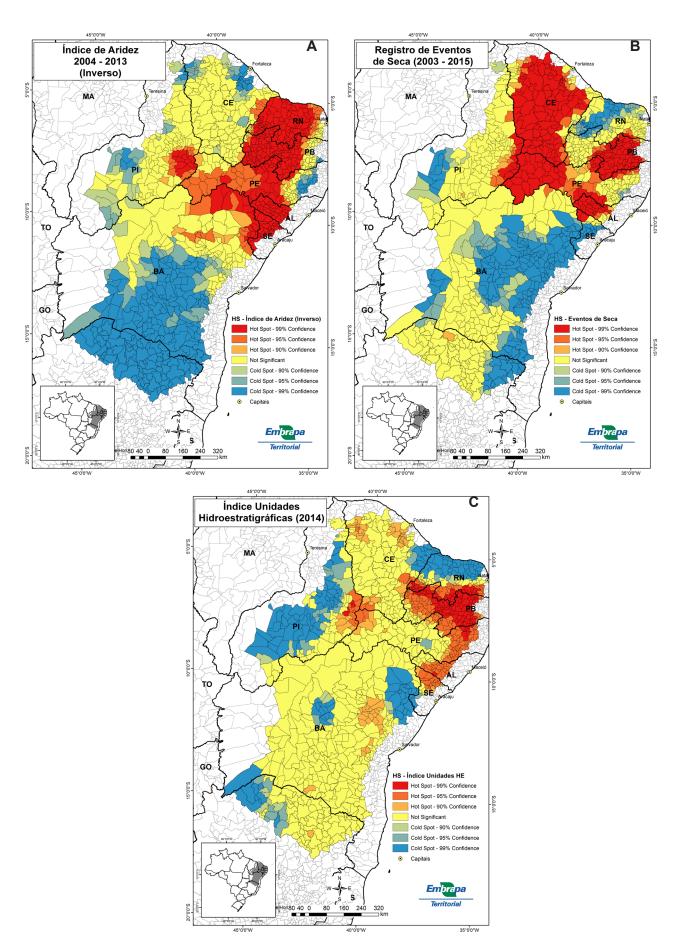


Figura 8. Mapas de *hot / cold spot* das variáveis naturais: A – índice de aridez (inverso); B – registro de eventos de seca; C – índice de unidades hidroestratigráficas.

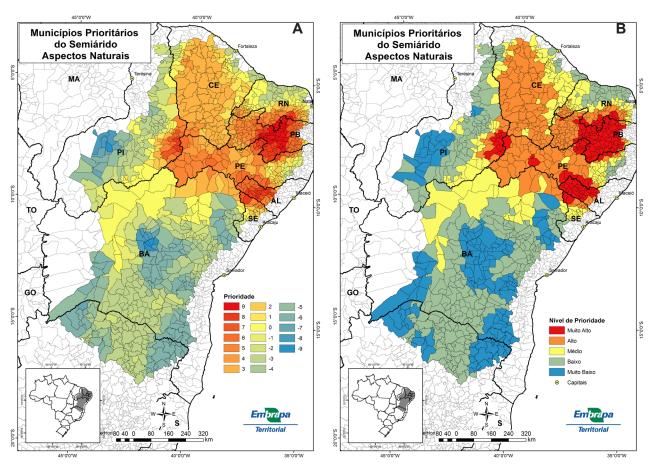


Figura 9. Municípios prioritários de acordo com o quadro natural: A - Mapa com a sobreposição dos níveis de confiança das variáveis do quadro natural; B - Mapa síntese com os níveis de prioridade, segundo classificação em cinco classes, dos municípios do Semiárido, para as variáveis do quadro natural.

Tabela 8. Número de municípios em cada um dos níveis de prioridade do quadro natural.

Gi_Bin	Nº de municípios	% relativa	Demanda qualificada por cisternas	% DQ*	DQ/M**
Muito alto	180	15,9	48.125	9,9	267
Alto	264	23,3	125.979	25,9	477
Médio	220	19,4	99.015	20,3	450
Baixo	324	28,5	148.305	30,4	458
Muito baixo	147	13,0	65.736	13,5	447
Total	1.135	100,0	487.160	100,0	429

^{*}DQ = demanda qualificada por cisternas; **M = número de municípios.

3.2 Quadro social

As quatro variáveis do quadro social foram processadas pela técnica Hot Spot Analysis e geraram seus respectivos mapas de *hot / cold spot* (Figura 10). Assim como no quadro natural, de modo geral, os valores críticos de cada variável concentraram-se de fato nas áreas de *hot spot*, e o cruzamento dos dados também trouxe informações importantes (Tabelas 9, 10, 11 e 12).

Segundo o *Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil*, entre as faixas de desenvolvimento humano expostas na Tabela 3, a que abrange todos os municípios pertencentes a algum *hot spot* (1, 2 ou 3) é a de baixo desenvolvimento segundo seu IDHM. Esse é um dado preocupante,

pois há 247 municípios nessa situação, o equivalente a 22% dos municípios do Semiárido, e que demandam, juntos, 124.709 cisternas, 25% do total (Tabela 9). O mapa de *hot l cold spot* do inverso do IDHM indica que a grande maioria desses municípios concentra-se no leste do Piauí e no Sertão Alagoano, Sertão Sergipano e Centro Norte Baiano (Figura 10A). Não distante dessa realidade, a média do IDHM dos outros municípios do Semiárido não passa do nível considerado como médio desenvolvimento.

Tabela 9. Descrição dos dados da coluna Gi Bin do mapa de hot / cold spot do inverso do IDHM (2010) para o Semiárido.

Gi_Bin	Nº de municípios	% relativa	Demanda qualificada por cisternas	% DQ*	DQ/M**	Média IDHM
3	169	14,89	87.516	17,96	518	0,556
2	51	4,49	27.798	5,71	545	0,567
1	27	2,38	9.395	1,93	348	0,567
0	566	49,87	234.985	48,24	415	0,592
-1	55	4,85	23.371	4,80	425	0,602
-2	62	5,46	27.875	5,72	450	0,605
-3	205	18,06	76.220	15,65	372	0,621
TOTAL	1.135	100,00	487.160	100,00	429	

^{*}DQ = demanda qualificada por cisternas; **M = número de municípios.

Estocar água de qualidade durante o período de estiagem para o consumo e também para a produção de alimentos produz melhora significativa nos hábitos alimentares das famílias rurais beneficiadas pelo Programa Cisternas em quantidade e em qualidade. Por essa razão, o índice de vulnerabilidade à desnutrição também é um importante indicador a ser considerado no levantamento de municípios prioritários.

O mapa da Figura 10B indica algumas áreas de *hot spot* dispersas pelo Semiárido. São ao todo 239 municípios nessas condições, 21% dos municípios do Semiárido, e que demandam 123.880 cisternas, 25% do total (Tabela 10). A demanda qualificada média por cisternas chega a 518 por município nesse caso. No lado oposto, nos 266 municípios que compõem as áreas de *cold spot*, a demanda qualificada média por cisternas é de 295 por município.

Tabela 10. Descrição dos dados da coluna Gi_Bin do mapa de *hot / cold spot* do índice de vulnerabilidade à desnutrição (2014) para o Semiárido.

Gi_Bin	Nº de municípios	% relativa	Demanda qualificada por cisternas	% DQ*	DQ/M**	Média índice vulnerabilidade
3	77	6,78	35.616	7,31	463	0,0672
2	98	8,63	55.458	11,38	566	0,0628
1	64	5,64	32.806	6,73	513	0,0686
0	630	55,51	284.701	58,44	452	0,0475
-1	47	4,14	20.271	4,16	431	0,0259
-2	76	6,70	23.787	4,88	313	0,0216
-3	143	12,60	34.521	7,09	241	0,0198
TOTAL	1.135	100,00	487.160	100,00	429	

^{*}DQ = demanda qualificada por cisternas; **M = número de municípios.

A demanda qualificada por cisternas, por si só, é um importante dado a ser considerado. Em seu mapa de *hot l cold spot* (Figura 10C), é possível notar algumas manchas de *hot spot* nos Sertões Cearenses, no Sertão Pernambucano e da Bahia, somando 245 municípios, 22% do total. Juntos, esses municípios demandam 198.121 cisternas, 41% de toda a demanda do Semiárido (Tabela 11). Há, ainda, um grande número de municípios na grande mancha de *cold spot* que abrange boa parte do Rio Grande do Norte e da Paraíba. São ao todo 327 municípios em algum *cold spot* (-3, -2 ou -1), que representam 29% de todos os municípios do Semiárido, mas que demandam 55.708 cisternas (11% da demanda qualificada total do Semiárido).

Tabela 11. Descrição dos dados da coluna Gi_Bin do mapa de *hot / cold spot* da demanda qualificada por cisternas (2017) para o Semiárido.

Gi_Bin	Nº de municípios	% relativa	Demanda qualificada por cisternas	% DQ*	DQ/M**
3	144	12,69	125.149	25,69	869
2	60	5,29	47.766	9,80	796
1	41	3,61	25.206	5,17	615
0	563	49,60	233.331	47,90	414
-1	47	4,14	11.722	2,41	249
-2	39	3,44	6.215	1,28	159
-3	241	21,23	37.771	7,75	157
TOTAL	1.135	100,00	487.160	100,00	429

^{*}DQ = demanda qualificada por cisternas; **M = número de municípios.

No que se refere à taxa de mortalidade infantil por doenças diarreicas, o mapa de *hot l cold spot* indica (Figura 10D) que grande parte dos municípios do Semiárido são classificados como sem significância estatística. São 1.003 municípios nessa situação, 88% dos municípios do Semiárido (Tabela 12). A razão para isso é que eles apresentam taxa de mortalidade por essa tipologia pouco significativa, sendo que a demanda qualificada média desse grupo de municípios é de 417 cisternas por município, enquanto, nos 124 municípios presentes em algum *hot spot*, com valores processados mais significativos, esse valor sobe para 547 cisternas por município. Como citado anteriormente, essa variável evidencia a importância da qualidade da água para a saúde pública.

Tabela 12. Descrição dos dados da coluna Gi_Bin do mapa de *hot l cold spot* da taxa de mortalidade infantil por doenças diarreicas (2015) para o Semiárido.

Gi_Bin	Nº de municípios	% relativa	Demanda qualificada por cisternas	% DQ*	DQ/M**	Taxa média
3	36	3,17	29.273	6,01	813	1,458
2	51	4,49	24.446	5,02	479	1,652
1	37	3,26	14.103	2,89	381	0,531
0	1.003	88,37	418.523	85,91	417	0,208
-1	8	0,70	815	0,17	102	0,000
-2	-	-	-	-	-	-
-3	-	-	-	-	-	-
TOTAL	1.135	100,00	487.160	100,00	429	

^{*}DQ = demanda qualificada por cisternas; **M = número de municípios.

No que diz respeito à sobreposição dos níveis de confiança das variáveis sociais, o número de municípios com o nível de prioridade muito alto é de 119 (Tabela 13), distribuídos em pequenos agrupamentos no leste do Piauí, no norte da Bahia e nos Sertões Alagoano, Sergipano e Pernambucano (Figura 11B). O que mais chama a atenção é que esse grupo de municípios demanda 84.332 cisternas – a demanda média chega a ser de 709 cisternas por município.

Tabela 13. Número de municípios em cada um dos níveis de prioridade do quadro social.

Gi_Bin	Nº de municípios	% relativa	Demanda qualificada por cisternas	% DQ*	DQ/M**
Muito alto	119	10,5	84.332	17,3	709
Alto	243	21,4	139.717	28,7	575
Médio	381	33,6	169.259	34,7	444
Baixo	221	19,5	68.457	14,1	310
Muito baixo	171	15,1	25.395	5,2	149
TOTAL	1.135	100,00	487.160	100,00	429

^{*}DQ = demanda qualificada por cisternas; **M = número de municípios.

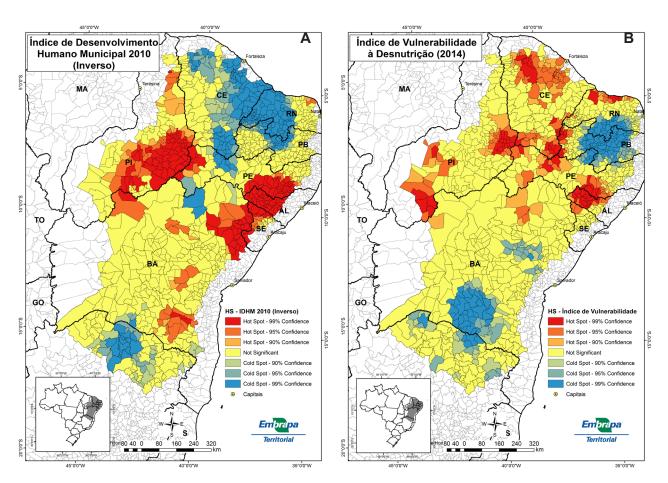


Figura 10. Mapas de *hot / cold spot* das variáveis sociais: A – índice de desenvolvimento humano municipal (inverso); B – índice de vulnerabilidade à desnutrição; (continua...).

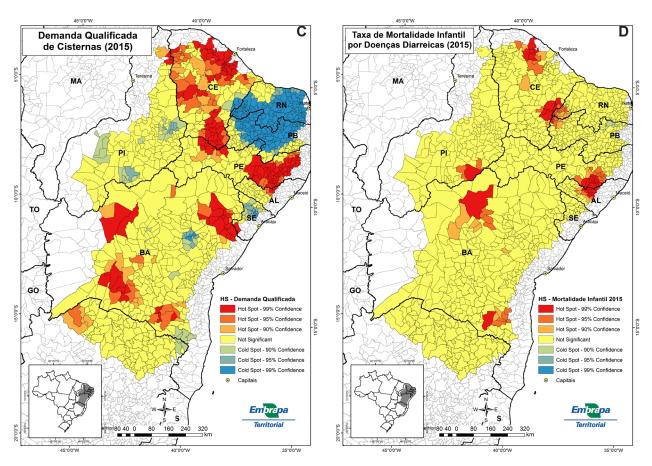


Figura 10. (continuação) C – demanda qualificada por cisternas; D – taxa de mortalidade infantil por doenças diarreicas.

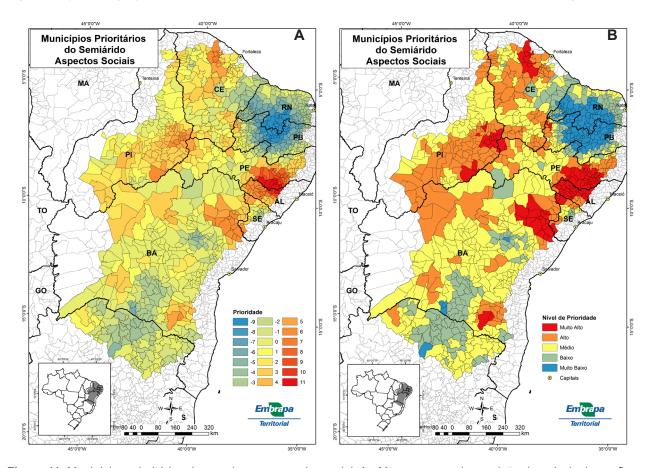


Figura 11. Municípios prioritários de acordo com o quadro social: A - Mapa com a sobreposição dos níveis de confiança das variáveis do quadro social; B – Mapa síntese com os níveis de prioridade, segundo classificação em cinco classes, dos municípios do Semiárido, para as variáveis do quadro social.

3.3 Quadro geral

Por fim, considerando todas as sete variáveis em conjunto, três do quadro natural e quatro do quadro social, a classificação dos níveis de prioridade de cada município mostrou-se mais detalhada e apresentou um quadro geral do Semiárido brasileiro (Figura13B). Ao todo, 61 municípios da soma geral foram listados com o nível de prioridade muito alto, valor que corresponde a 5,37% do total de municípios do Semiárido (Tabela 14).

Tabela 14. Descrição dos níveis de prioridade do quadro geral.

Nível de prioridade	Nº de municípios	% relativa	Demanda qualificada por cisternas	% DQ*	DQ/M**
Muito alto	61	5,37	31.598	6,49	518
Alto	167	14,71	102.023	20,94	611
Médio	276	24,32	129.555	26,59	469
Baixo	331	29,16	121.387	24,92	367
Muito baixo	300	26,43	102.597	21,06	342
TOTAL	1.135	100,00	487.160	100,00	429

^{*}DQ = demanda qualificada por cisternas; **M = número de municípios.

O gráfico da Figura 12A apresenta a localização desses municípios, que se encontram nos estados de Alagoas (31), Pernambuco (16), Piauí (12) e Sergipe (2). Ao todo, a demanda qualificada desses municípios é de 31.598 cisternas de uso para consumo humano, cerca de 6,49% da demanda qualificada total do Semiárido brasileiro.

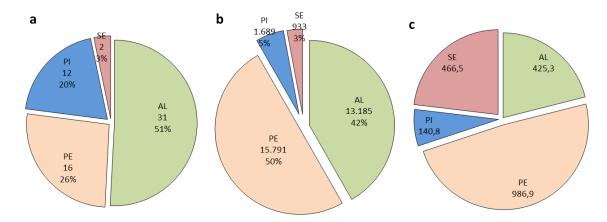


Figura 12. Gráficos com a situação geral dos municípios com nível de prioridade muito alto: a – número de municípios; b – demanda qualificada; c – média = DQ/M.

Os municípios do Semiárido foram, então, listados em uma nova planilha contendo seu geocódigo (identificação oficial dada pelo IBGE), nome, estado, quantidade de cisternas de uso humano já existentes no município, a demanda qualificada por cisternas, sua prioridade como o valor da soma da coluna Gi_Bin e seu nível de prioridade dado pela última classificação (Tabela 15). Em caso de restrição orçamentária e diante da necessidade de focar o atendimento, esses 61 municípios encabeçariam a lista, por apresentarem as maiores carências quando avaliadas de forma integrada todas as variáveis trabalhadas neste estudo.

Tabela 15. Municípios do Semiárido listados com o nível de prioridade muito alto.

ID	Geocódigo	Município	Estado	Quantidade de cisternas de uso humano	Demanda qualificada por cisternas	Prioridade	Nível de prioridade
1	2705309	Minador do Negrão	AL	269	137	19	Muito alto
2	2701209	Cacimbinhas	AL	1077	231	18	Muito alto
3	2702553	Estrela de Alagoas	AL	1046	203	18	Muito alto
4	2606507	lati	PE	1520	543	18	Muito alto
5	2706307	Palmeira dos Índios	AL	2131	1077	17	Muito alto
6	2702504	Dois Riachos	AL	1372	176	17	Muito alto
7	2703106	Igaci	AL	1219	860	17	Muito alto
8	2600500	Águas Belas	PE	1151	1593	17	Muito alto
9	2607505	Itaíba	PE	398	788	17	Muito alto
10	2701803	Carneiros	AL	572	156	16	Muito alto
11	2704401	Major Isidoro	AL	876	832	15	Muito alto
12	2705408	Monteirópolis	AL	320	158	15	Muito alto
13	2705705	Olho d'água das Flores	AL	108	327	15	Muito alto
14	2706000	Olivença	AL	1219	308	15	Muito alto
15	2708006	Santana do Ipanema	AL	3078	477	15	Muito alto
16	2602100	Bom Conselho	PE	3046	1425	15	Muito alto
17	2609154	Manari	PE	943	477	15	Muito alto
18	2706208	Palestina	AL	128	105	14	Muito alto
19	2706406	Pão de Açúcar	AL	881	166	14	Muito alto
20	2708402	São José da Tapera	AL	2176	1119	14	Muito alto
21	2703403	Jacaré dos Homens	AL	30	197	14	Muito alto
22	2615805	Tupanatinga	PE	533	519	14	Muito alto
23	2200277	Alegrete do Piauí	PI	305	45	13	Muito alto
24	2205953	Marcolândia	PI	90	53	13	Muito alto
25	2206050	Massapê do Piauí	PI	735	273	13	Muito alto
26	2210706	Simões	PI	1217	128	13	Muito alto
27	2805406	Poço Redondo	SE	821	502	13	Muito alto
28	2706109	Ouro Branco	AL	1005	155	13	Muito alto
29	2707107	Piranhas	AL	366	131	13	Muito alto
30	2707602	Quebrangulo	AL	0	438	13	Muito alto
31	2708956	Senador Rui Palmeira	AL	1509	209	13	Muito alto
32	2702009	Coité do Nóia	AL	1273	634	13	Muito alto
33	2702355	Craíbas	AL	100	328	13	Muito alto
34	2608602	Lagoa do Ouro	PE	983	175	13	Muito alto
35	2612307	Saloá	PE	746	736	13	Muito alto
36 37	2615102 2201572	Terezinha Belém do Piauí	PE PI	122 342	142 28	13 12	Muito alto Muito alto
38	2202091	Caldeirão Grande do Piauí	PI	382	151	12	Muito alto
39	2204154	Francisco Macedo	PI	324	44	12	Muito alto
40	2207207	Padre Marcos	PI	683	130	12	Muito alto
41	2801207	Canindé de São Fran- cisco	SE	247	431	12	Muito alto
42	2704609	Maravilha	AL	1185	169	12	Muito alto

Continuação...

43	2705002	Mata Grande	AL	406	1697	12	Muito alto
44	2705804	Olho d'água do Casado	AL	303	201	12	Muito alto
45	2707206	Poço das Trincheiras	AL	2467	304	12	Muito alto
46	2700102	Água Branca	AL	849	973	12	Muito alto
47	2701605	Canapi	AL	2529	515	12	Muito alto
48	2703304	Inhapi	AL	1754	342	12	Muito alto
49	2604700	Correntes	PE	0	768	12	Muito alto
50	2606002	Garanhuns	PE	808	1354	12	Muito alto
51	2610301	Paranatama	PE	1175	683	12	Muito alto
52	2202554	Caridade do Piauí	PI	503	152	11	Muito alto
53	2203271	Curral Novo do Piauí	PI	354	75	11	Muito alto
54	2207777	Patos do Piauí	PI	211	486	11	Muito alto
55	2211605	Vila Nova do Piauí	PI	384	124	11	Muito alto
56	2706422	Pariconha	AL	683	227	11	Muito alto
57	2700904	Belo Monte	AL	86	333	11	Muito alto
58	2601102	Araripina	PE	909	1516	11	Muito alto
59	2602407	Brejão	PE	0	805	11	Muito alto
60	2602803	Buíque	PE	3374	3679	11	Muito alto
61	2603801	Capoeiras	PE	1742	588	11	Muito alto

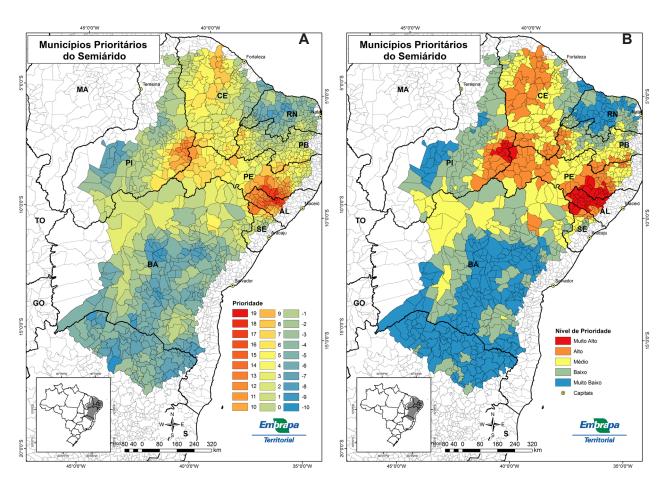


Figura 13. Municípios prioritários do Semiárido: A - Mapa com a sobreposição dos níveis de confiança de todas as variáveis; B - Mapa síntese com os níveis de prioridade, segundo classificação em cinco classes, dos municípios do Semiárido, para todas as variáveis.

4. Considerações finais

A água é um recurso que está no centro de muitas questões no Semiárido brasileiro. Mesmo sendo atribuição do Estado promover acesso à água, isso não é realidade para grande parte da população rural do Semiárido, em virtude de sua dispersão pelo território, da falta de infraestrutura, da pobreza rural acentuada e da aplicação de políticas públicas inadequadas para enfrentar a realidade da escassez hídrica da região. Por essas razões, em muitas oportunidades ao longo da história, as soluções para esse problema pautaram-se em obras de represamento, construção de açudes e instalação de poços em locais pontuais. O acesso à água, nesses casos, ocorre mediante o transporte de água até as casas das famílias rurais. Além dos custos elevados das obras, muitas vezes nem todos conseguem se locomover até a fonte de água, sobretudo pela distância. Por conta disso, garantir o acesso à água é uma questão de cidadania, é democratizar o acesso a um bem vital e que é direito de todos.

A ideia de convivência com o clima semiárido, intrinsecamente relacionada ao conceito de adaptação climática, propõe uma abordagem mais inteligente para essas questões. Nesse sentido, o Programa Cisternas surge como uma solução economicamente viável, descentralizada, de fácil replicação e adaptada à realidade social da região. Com as cisternas, os custos são menores, o acesso à água é garantido durante a estiagem, não sendo mais necessário percorrer longas distâncias transportando água, diminuindo a ocorrência de doenças de veiculação hídrica e abrindo novas oportunidades com a produção de alimentos e geração de renda para as famílias beneficiadas.

Um dos sinais de sucesso do programa, além daqueles evidenciados pela própria realidade das famílias atendidas, foi a premiação, em agosto de 2017, do Programa Cisternas com o segundo lugar no Prêmio Internacional de Política para o Futuro concedido pela ONU em parceria com a organização alemã World Future Council⁵. Isso evidencia que o programa vem se mostrando exitoso ao garantir autonomia e dignidade às famílias beneficiadas.

Neste estudo, os municípios do Semiárido foram classificados segundo níveis de prioridade para a implantação de cisternas de acordo com as sete variáveis descritas anteriormente. Mesmo possibilitando novas abordagens, o aspecto positivo deste método é que, além de ser aplicado para múltiplas finalidades, ele permite agregar a esta análise um número maior de variáveis, aumentando ainda mais o refinamento dos níveis de prioridade para cada município. Nestas condições, os 61 municípios levantados com prioridade muito alta apresentam valores críticos na maioria das variáveis analisadas, e isso também evidencia o quão relevante é considerar sete variáveis distintas que apresentam graus de importância semelhantes.

Para atingir os objetivos, o uso de geotecnologias e do método estatístico Hot Spot Analysis (Getis-OrdGi*) foram importantes tanto para o processamento dos dados das variáveis, quanto para a identificação da distribuição espacial de municípios que demandam maior atenção. Além disso, este trabalho agregou todas as variáveis de forma a tornar esta abordagem multitemática e possibilitar uma ampliação do foco sobre a área de estudo. O levantamento de municípios prioritários para a implantação de cisternas apresenta-se como elemento fundamental em um contexto econômico que demanda maior racionalização e eficiência nos gastos e investimentos públicos, além do fato de se tratar de um programa social que garante autonomia e acesso a um recurso vital para milhões de famílias rurais no Semiárido brasileiro.

Programa Cisternas é premiado como uma das melhores políticas públicas do mundo. Disponível em: http://www.brasil.gov.br/cidadania-e-justi-ca/2017/08/programa-cisternas-e-premiado-como-uma-das-melhores-politicas-publicas-do-mundo> Acesso em: 30 out. 2017.

5. Referências

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social. **Acesso à água para consumo**. Disponível em: http://mds.gov.br/assuntos/seguranca-alimentar/acesso-a-agua-1/acesso-a-agua-para-consumo> Acesso em: 23 nov. 2017a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social. **Programa Cisternas**. Disponível em: http://mds.gov.br/assuntos/seguranca-alimentar/acesso-a-agua-1/programa-cisternas. Acesso em: 01 nov. 2017b.

CAISAN. Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional. **Mapeamento da insegurança alimentar e nutricional com foco na desnutrição a partir da análise do cadastro único e do SISVAN 2014**. Estudo Técnico CAISAN. Disponível em: http://aplicacoes.mds.gov.br/sagirmps/noticias/arquivos/files/Estudo_T%C3%A9cnico_MAPAINSAN 2014.pdf> Acesso em: 21 nov. 2017.

CASTRO, M. C. de; SINGER, B. H. **Meio ambiente e saúde: metodologia para análise espacial da ocorrência de malária em projetos de assentamento**. Revista Brasileira de Estudos Populacionais, v. 24, n. 2, p. 247-262, São Paulo, 2007.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Biomas – diretrizes para o manejo**. Resolução CONAMA nº 238, de 22 de dezembro de 1997. Publicada no DOU no 248, 23 de dez. 1997, Seção 1, 1997.

DATASUS. Departamento de Informática do SUS. **CID 10**. Disponível em: http://www.datasus.gov.br/cid10/V2008/WebHelp/a00_a09.htm>. Acesso em: 23 nov. 2017.

D'ALVA, O. A.; FARIAS, L. O. P. **Programa Cisternas**: um estudo sobre a demanda, cobertura e focalização. 7. ed. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, 2008. 40 p. (Cadernos de Estudos Desenvolvimento Social em Debate).

DIAS, R. de B. Tecnologia social e desenvolvimento local: reflexões a partir da análise do Programa Um Milhão de Cisternas. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, Blumenau, v. 1, n. 2, p. 173-189, set. 2013. Disponível em: http://gorila.furb.br/ojs/index.php/rbdr/article/view/4084/2562>. Acesso em: 03 nov. 2017.

DINIZ, J. A. O.; MONTEIRO, A. B.; SILVA, R. de C.; PAULA, T. L. F. de. **Manual de cartografia hidrogeológica**. Recife: CPRM. 2014.

ESRI. Environmental Systems Research Institute. **ArcGIS 10.5 for Desktop**. Geographic Information System Software, 2017. Disponível em: https://desktop.arcgis.com/en/system-requirements/10.5/arcgis-desktop-system-requirements. httm>. Acesso em: 03 nov. 2017.

GETIS, A.; ORD, J. K. The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. **Geographical Analysis**, v. 24, n. 3, p. 189-206, set. 2010. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x. Acesso em: 03 nov. 2017.

GOUVEIA, V. M.; MATRICARDI, E. A. T.; ANGELO, H. Análise do hot spot do extrativismo do babaçu e atividades agropecuárias no Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 10., 2016, Cuiabá. **Anais**... Cuiabá: SBSAF, 2016.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **Engineering and Science**, v. 1, n. 5, p. 83-90, 2015.

LUCENA, S. E. L.; MARINHO, P. R. D.; SILVA, A. H. A.; MORAES, R. M. Análise da distribuição espacial da incidência da dengue na cidade de João Pessoa nos anos de 2001 a 2006. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA 18., 2008, São Pedro, SP. **Anais**... São Pedro, SP: Associação Brasileira de Estatística, 2008. 1 CD-ROM.

MALVEZZI, R. **Semiárido**: uma visão holística. Brasília, DF: Confea, 2007. (Pensar o Brasil e Construir o Futuro da Nação).

MELO, F. R. M. de. **Epidemiologia e distribuição espacial da mortalidade relacionada à doença de Chagas no Brasil, 1999 a 2007**. 2011. 259 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde Coletiva, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

PENMAN, H. L. Experiments on irrigation of sugar beet. Journal of Agricultural Science, v. 42, p. 286-292, 1953.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Índice de Desenvolvimento Humano Municipal**. Brasília, DF: PNUD, 2010. Organização das Nações Unidas. Dados do Censo Demográfico de 2010. (Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil). Disponível em: http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/o_atlas_/. Acesso em: 03 nov. 2017.

SANTANA, V. L.; ARSKY, I. da C.; SOARES, C. C. S. Democratização do acesso à água e desenvolvimento local: a experiência do Programa Cisternas no Semiárido brasileiro. In: CONFERÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO 2., 2011. Brasília. **Anais...** Brasília, DF: IPEA, 2011. p. 1 - 18. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/code2011/chamada2011/pdf/area7/area7-artigo34.pdf. Acesso em: 31 out. 2017.

TERMO DE EXECUÇÃO DESCENTRALIZADA. **Tecnologias geoespaciais e de gestão territorial para auxiliar o mapeamento de vulnerabilidades sociais**. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Social (MDS); Embrapa, 2016. (TED, 006).

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Publications in Climatology, v. 8, p. 1-104, 1955.

