

# Interfaces entre a produção do espaço urbano e o risco de desabastecimento de água

*Interfaces between production of urban space and the water shortage risk*

Simone Danielle Aciole Morais Marinho<sup>1</sup> , Maria José de Sousa Cordão<sup>2</sup> ,  
Francine Modesto Santos<sup>1\*</sup> , Bervylly Lianne de Farias Santos<sup>1</sup> ,  
Carlos Oliveira Galvão<sup>1</sup> , Iana Rufino<sup>1</sup> 

## RESUMO

O contínuo crescimento de áreas urbanas é uma realidade vivenciada no âmbito global. Esse crescimento, no entanto, na maioria das vezes, não é seguido de um planejamento da ocupação territorial, especialmente no que diz respeito às articulações com o provimento dos serviços de infraestrutura urbana, a exemplo dos sistemas de abastecimento de água. Dentre outras consequências, esses distanciamentos, somados ao crescimento populacional, agravam o risco de desabastecimento de água nessas áreas. Analisando-se a cidade paraibana Campina Grande, Nordeste do Brasil, o presente artigo identificou interfaces entre o chamado processo de produção do espaço urbano e o consequente risco de desabastecimento. Analisa-se especificamente o bairro Catolé, representativo de acelerada urbanização nas últimas três décadas, decorrente de ações de diferentes agentes produtores do espaço. É empregada análise espacial multicritério para determinação do risco de desabastecimento, realizando-se análise comparativa entre os anos de 2000 e 2010. Os resultados apontam a importância de elevar a profundidade nas discussões a respeito da forma como as cidades são construídas, considerando-se não apenas os critérios técnicos e avançando-se na compreensão de como diferentes interesses envolvidos no processo de produção do espaço urbano condicionam a cidade a um maior ou menor risco de desabastecimento de água.

**Palavras-chave:** sistemas de abastecimento de água; segurança hídrica urbana; adensamento urbano.

## ABSTRACT

The continuous growth of urban areas is a reality experienced globally. However, this growth is sometimes not supported by a suitable urban land-use planning, in particular, there is a lack between infrastructure services (e.g. water supply systems) planning and urban planning. Among other consequences, these disconnections, coupled with population growth, exacerbate the risk of water shortage in these urban areas. This article analyzes the city of Campina Grande, Northeast Brazil, and identifies the interfaces between the so-called urban space production process and the consequent risk of water shortage. The analysis focuses on the Catolé district, which is a representative case of accelerated urbanization in the last three decades, due to the actions of different urban built-up stakeholders. A spatial multicriteria analysis is used to determine the water shortage risk, making a comparative analysis between 2000 and 2010. The results point out to the importance of increasing an in-depth discussion about the built-up process of cities. Besides, the study takes into account technical criteria, plus the understanding of how different interests groups involved in the built-up process submits a city to a high or low water shortage risk.

**Keywords:** water supply systems; urban water security; urban densification.

## INTRODUÇÃO

O conceito de risco está relacionado a uma probabilidade de ocorrência de eventos no tempo e no espaço, não constantes e não determinados, e ao modo como esses eventos afetam a vida humana, seja de forma direta ou indireta (CASTRO;

PEIXOTO; RIO, 2005). Considerando-se que as instalações urbanas de abastecimento de água devem ser projetadas de modo a garantir o fornecimento hídrico com qualidade, regularidade e de forma acessível à população (FARMANI; WALTERS; SAVIC, 2005; HELLER, 2006), o risco de desabastecimento de água

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande (PB), Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Estadual da Paraíba - Campina Grande (PB), Brasil.

\***Autora correspondente:** franmodesto@gmail.com

**Conflitos de interesse:** os autores declaram não haver conflito de interesses.

**Financiamento:** Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ), Rede Clima e Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Observatório das Metrópoles e Mudanças Climáticas.

**Recebido:** 22/11/2019 - **Aceito:** 11/04/2020 - **Reg. ABES:** 20190369

diz respeito à possibilidade de falhas nos sistemas de abastecimento e distribuição de água, podendo afetar negativamente os seus usuários.

Os debates atuais relativos aos riscos de desabastecimento de água concentram-se principalmente em abordagens baseadas em critérios de engenharia, como o desequilíbrio entre o crescimento urbano e o provimento de infraestrutura (e.g., GURAGAI *et al.*, 2018; HAMER *et al.*, 2018; SIMUKONDA; FARMANI; BUTLER, 2018; TAYLOR; SLOCUM; WHITTLE, 2019; FALDI *et al.*, 2019), assim como nas deficiências institucionais e de gestão (e.g. JONES; CLENCH; HARRIS, 2014; SCHRAMM *et al.*, 2018). Entretanto, as raízes desse desequilíbrio estão fundamentalmente no processo histórico da produção do espaço urbano, aspecto que tem sido negligenciado em tais debates. Alguns estudos abordam tangencialmente essa interface (e.g., GARCIAS; SANCHES, 2009; CORDÃO; RUFINO; ARAÚJO, 2013; FARMANI; BUTLER, 2014; ALEIXO *et al.*, 2016; DESAI, 2018; SILVA *et al.*, 2019; GOLDMAN; NARAYAN, 2019), mas não chegam a explorá-la com profundidade.

Por exemplo, Cordão, Rufino e Araújo (2013) consideraram fatores hidráulicos, enquanto Grande *et al.* (2014) incorporaram a esses fatores hidráulicos variáveis socioeconômicas como condicionantes do aumento do risco de desabastecimento de água. Farmani e Butler (2014) investigaram a relação entre o desempenho de um sistema de distribuição e o desenho urbano, abordando a taxa de crescimento urbano, a forma urbana e as estratégias de eficiência hídrica. Desai (2018) examinou relações entre o planejamento urbano e as políticas de abastecimento de água, analisando as desigualdades existentes na cidade e suas consequências na forma de conflitos entre as pessoas, o que o autor denomina “violência infraestrutural”.

A abordagem deste trabalho destaca a necessidade de se compreender a construção do ambiente urbano e suas relações com as infraestruturas que lhe dão suporte (e.g. MCFARLANE; RUTHERFORD, 2008; FERRER; THOMÉ; SCARVADA, 2018; MIKOVITS; RAUCH; KLEIDORFER, 2018). É observada, portanto, uma lacuna nos estudos dessa linha, sendo necessário levantar com profundidade a discussão sobre a forma como a cidade é produzida e seus impactos sobre o abastecimento de água, considerando-se que é possível lidar melhor com o risco a partir da compreensão de como o espaço urbano é formado, desenvolvido, planejado e construído.

Este artigo identifica e analisa as relações existentes entre a produção do espaço urbano e o risco de desabastecimento de água em Campina Grande, município localizado no estado da Paraíba, Nordeste do Brasil, realizando uma análise comparativa entre os anos de 2000 e 2010. Mostra-se como exemplo representativo o bairro Catolé, que passou por um processo dinâmico de urbanização nas últimas três décadas, porém não seguido de um plano de ocupação e controle de adensamento. Esse processo provocou intensa verticalização e adensamento desigual, não apresentando a mesma proporção na expansão da infraestrutura de abastecimento de água. Essa desproporção gera no sistema de abastecimento de água baixas pressões, devido ao alcance cada vez menor de redes e reservatórios e capacidade de reserva do sistema incompatível com a demanda.

## ÁREA DE ESTUDO

Campina Grande, cidade de médio porte do semiárido brasileiro, está inserida na região do agreste paraibano, distando, aproximadamente, 130 km da capital, João Pessoa (Figura 1). É o segundo município mais populoso do estado

da Paraíba, com população estimada em 409.731 habitantes (IBGE, 2019), dos quais 95% habitam o perímetro urbano, que tem área aproximada de 90 km<sup>2</sup>.

O abastecimento de água da cidade é proveniente da captação superficial do Açude Epitácio Pessoa, localizado no município de Boqueirão, situado, aproximadamente, a 40 km de distância da área urbana de Campina Grande. Há elevada variabilidade climática e hidrológica na região onde está situado o referido açude, com estação chuvosa entre os meses de fevereiro e maio e elevadas taxas de evaporação. A cidade apresenta alta vulnerabilidade em relação aos recursos hídricos, enfrentando recorrentes períodos críticos de abastecimento de água. Nas últimas duas décadas, por exemplo, enfrentou uma grande crise hídrica, entre os anos de 1997 e 2003, e outra, de maior dimensão, entre 2012 e 2017 (RÊGO; ALBUQUERQUE; RIBEIRO, 2000; RÊGO *et al.*, 2017).

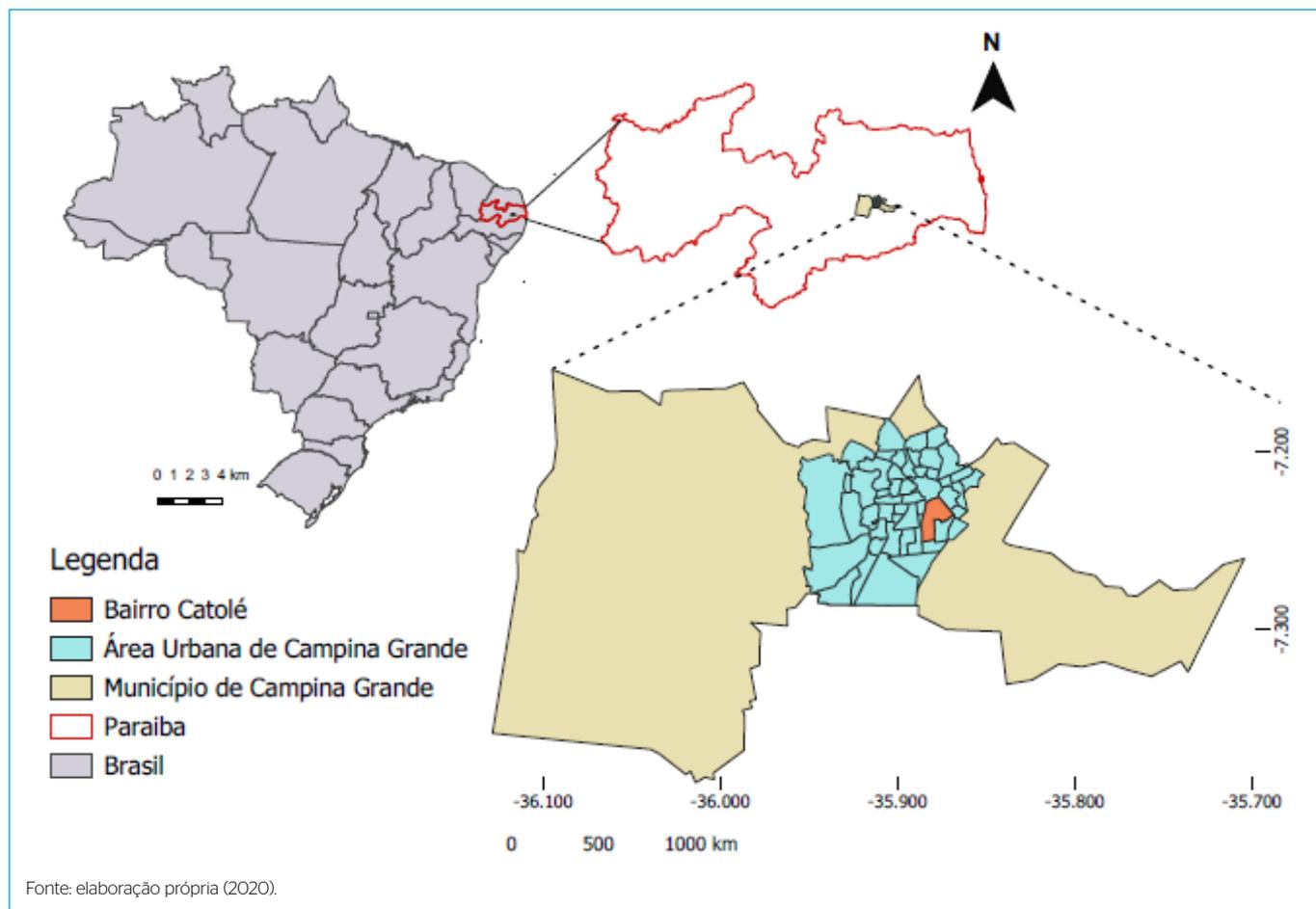
O volume de água do referido reservatório durante a última crise hídrica alcançou o menor nível histórico em abril de 2017: 3,18% de sua capacidade total. Como não houve gestão adequada dos recursos hídricos disponíveis no reservatório, assim como não foi promovido gerenciamento da demanda de água, tornou-se urgente recorrer-se à transposição de vazões do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias do Nordeste Setentrional (PISF). Essas sucessões de eventos de escassez hídrica culminaram também em ações de racionamento e, dessa forma, usuários de determinadas áreas urbanas experimentaram até 84 horas sem água em suas residências (RÊGO *et al.*, 2017).

É importante destacar que o PISF é uma solução parcial para o problema. Apesar da transposição, a vulnerabilidade ao desabastecimento da cidade permanece, pois:

- ela continua crescendo, tendo em vista a tendência de migração para os centros urbanos em busca de mais infraestrutura, sendo essa uma realidade com a qual a sociedade precisa lidar no curto, médio e longo prazo;
- a variabilidade climática da região continuará ocorrendo, ou seja, ainda haverá secas futuras, com ciclos mais longos ou curtos;
- as cidades necessitam continuar buscando mecanismos de adaptação às mudanças, inclusive aquelas decorrentes de seu crescimento;
- na ausência de gerenciamento da demanda de água, a expansão da oferta sempre será considerada pelos tomadores de decisão como uma necessidade, em vez de a adoção de mecanismos de controle do consumo do recurso. No caso de Campina Grande, a resiliência ante crises hídricas deveria ser uma meta de qualquer planejamento.

Mesmo tendo enfrentado recorrentes crises hídricas, o processo de ocupação do território urbano de Campina Grande é intenso. O bairro Catolé, por exemplo, disposto em uma área de 2.897 km<sup>2</sup>, é representativo de um processo dinâmico de urbanização, tendo intensa verticalização, trazendo como resultado, dentre outras consequências, adensamento fragmentado (BARROS; RUFINO; MIRANDA, 2016). Chama a atenção o fato de o referido bairro ter passado por um rápido processo de urbanização, especialmente nas últimas três décadas, configurando-se, atualmente, como uma das áreas mais valorizadas da cidade.

De acordo com o Plano Diretor Municipal, o bairro Catolé está localizado na Zona de Recuperação Urbana, que corresponde a uma área predominantemente residencial e com carência de equipamentos públicos e de infraestrutura, além da incidência de loteamentos irregulares e núcleos habitacionais de baixa renda (CAMPINA GRANDE, 2006). No entanto, tais características não correspondem à realidade atual do Catolé, uma vez que nas últimas décadas



**Figura 1** - Localização de Campina Grande (PB) e do bairro Catolé.

foram instalados no bairro importantes equipamentos urbanos, a exemplo de parque, *shoppings centers*, grandes escolas, terminal rodoviário e clubes, o que fez aumentar a valorização imobiliária na área (MARINHO; GALVÃO; MIRANDA, 2020).

O bairro Catolé é apropriado a este estudo pelo fato de o seu processo de produção espacial ter ocorrido de forma muito acelerada. Esse fato decorre de um padrão de produção urbana em que os tomadores de decisão sobre o território não consideraram as questões relacionadas às particularidades da cidade em relação aos recursos hídricos, tampouco a disposição da infraestrutura de abastecimento de água, que, por sua vez, é expandida em uma velocidade inferior à da urbanização. A área é, portanto, representativa de uma tendência dos grandes centros urbanos, em que a ocupação territorial não é seguida de articulações com os recursos hídricos, potencializando o risco de desabastecimento de água.

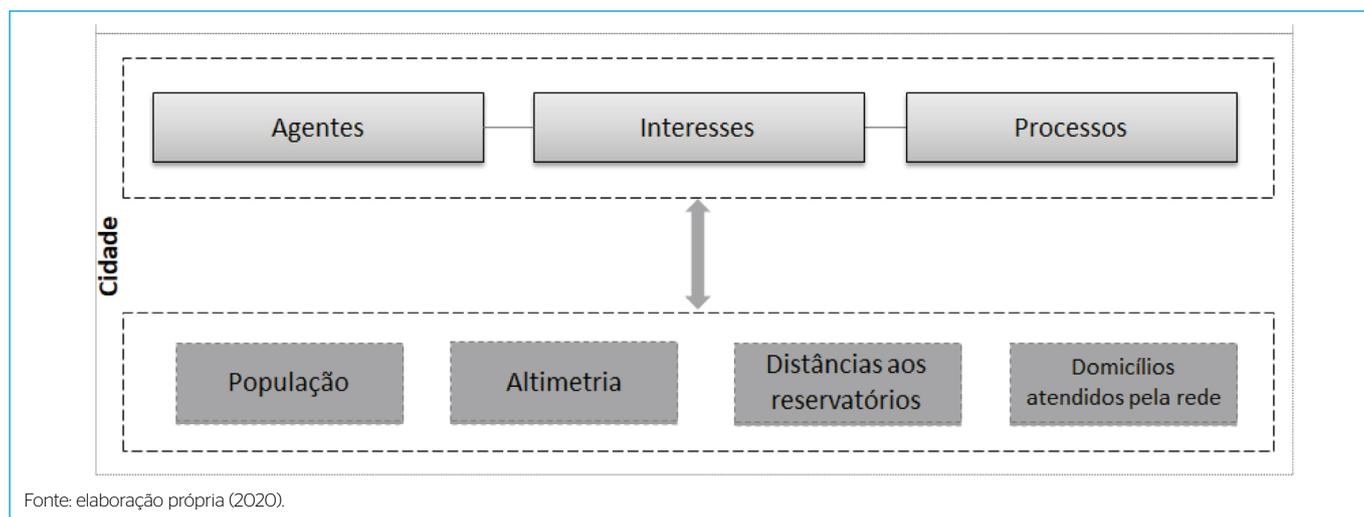
## METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste estudo foi dividida em duas etapas (Figura 2): a primeira diz respeito ao levantamento histórico da produção do espaço urbano do bairro Catolé, em que são apontados os seus principais marcos urbanísticos, assim como os grupos de atores que estiveram relacionados a esse processo,

revelando seus interesses e o resultado de suas intervenções no ambiente construído. Esse levantamento envolve a análise de relações entre a cidade e a água ao longo de seu processo de ocupação.

Faz-se um resgate das soluções adotadas para atender ao crescente aumento das demandas de água ao longo do tempo, identificando-se quais as medidas referentes ao planejamento urbano tiveram ou têm repercussão sobre os recursos hídricos. São ainda identificados os agentes responsáveis pela produção do espaço urbano, os principais conflitos relativos ao uso do solo e dos recursos hídricos, assim como as oportunidades que foram aproveitadas, ou não, para promover o aumento da sensibilidade urbana à água. Tendo em vista que as primeiras intervenções urbanísticas na área de estudo tiveram início na década de 1970, a análise segue o recorte temporal de 1970 até 2019.

A segunda etapa contempla, a partir do levantamento da etapa anterior, a análise do risco de desabastecimento de água, considerando-se os seguintes critérios: altimetria (AL), população (PO), distância ao reservatório de distribuição (DR) e número de domicílios atendidos pela rede (ND). Considera-se, ainda, o mapa de risco de desabastecimento da cidade de Campina Grande para uma base de dados do ano de 2000, produzido por Cordão, Rufino e Araújo (2013) por meio de Análise de Decisão Multicriterial baseada em Sistemas de Informações Geográficas (SIG-MCDA). Metodologias SIG-MCDA são amplamente utilizadas em recursos hídricos, pois possibilitam a simplificação de situações complexas



**Figura 2** - Interações entre produção do espaço urbano e risco de desabastecimento de água.

com o uso de variáveis multidisciplinares, a exemplo de estudos sobre sistemas urbanos de abastecimento de água (ALVARADO *et al.*, 2016).

A soma ponderada dos quatro critérios (PO, AL, DR e ND) originou um mapa de risco de desabastecimento de água. O termo LOTES é uma variável binária e restritiva da função do risco de desabastecimento, ou seja, a análise se restringiu à presença de lotes urbanos. Seguindo a mesma metodologia de Cordão, Rufino e Araújo (2013), este estudo realizou a análise para o ano de 2010, com o propósito de confrontar essas bases de dados e identificar interfaces do risco de desabastecimento com a produção do espaço urbano.

A base de dados foi adquirida junto à Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), à Prefeitura Municipal de Campina Grande (PMCG) e ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o Censo Demográfico 2010. Nesse sentido, destaca-se que, com os resultados do novo Censo 2020, previsto para os próximos anos, a metodologia aqui empregada é passível de ser utilizada com os novos dados censitários, além de tornar possível uma análise intercensitária. Uma vez identificado o problema ou o objetivo que se deseja alcançar, a obtenção do mapa de risco de desabastecimento de água, a análise concentra-se no conjunto de critérios a serem avaliados. Os critérios podem ser definidos como atributos mensuráveis das alternativas consideradas e combinados na forma de uma regra de decisão.

Os critérios foram nomeados considerando-se sua presença, importância e influência nos estudos sobre Sistemas Urbanos de Abastecimento de Água (SUAA), além da disponibilidade de informações (Figura 3). Eles foram representados em planos de informações (mapas) e organizados em um banco de dados digital, para tornar possível o processamento das etapas seguintes. Todas as informações foram geradas em formato *raster* com resolução espacial de  $5 \times 5$  m, considerada compatível para estudos em áreas urbanas com as dimensões da cidade de Campina Grande. O Sistema de Informação Geográfica utilizado é o ArcGIS® (ESRI — *Environmental Systems Research*) na sua versão 10.2.

As etapas seguintes para obtenção do mapa de risco de desabastecimento são: a normalização, a ponderação e a combinação. Na primeira, todos os critérios e suas diferentes unidades de medida são padronizados para uma escala comum, de acordo com uma função de adequação à análise proposta. Para este

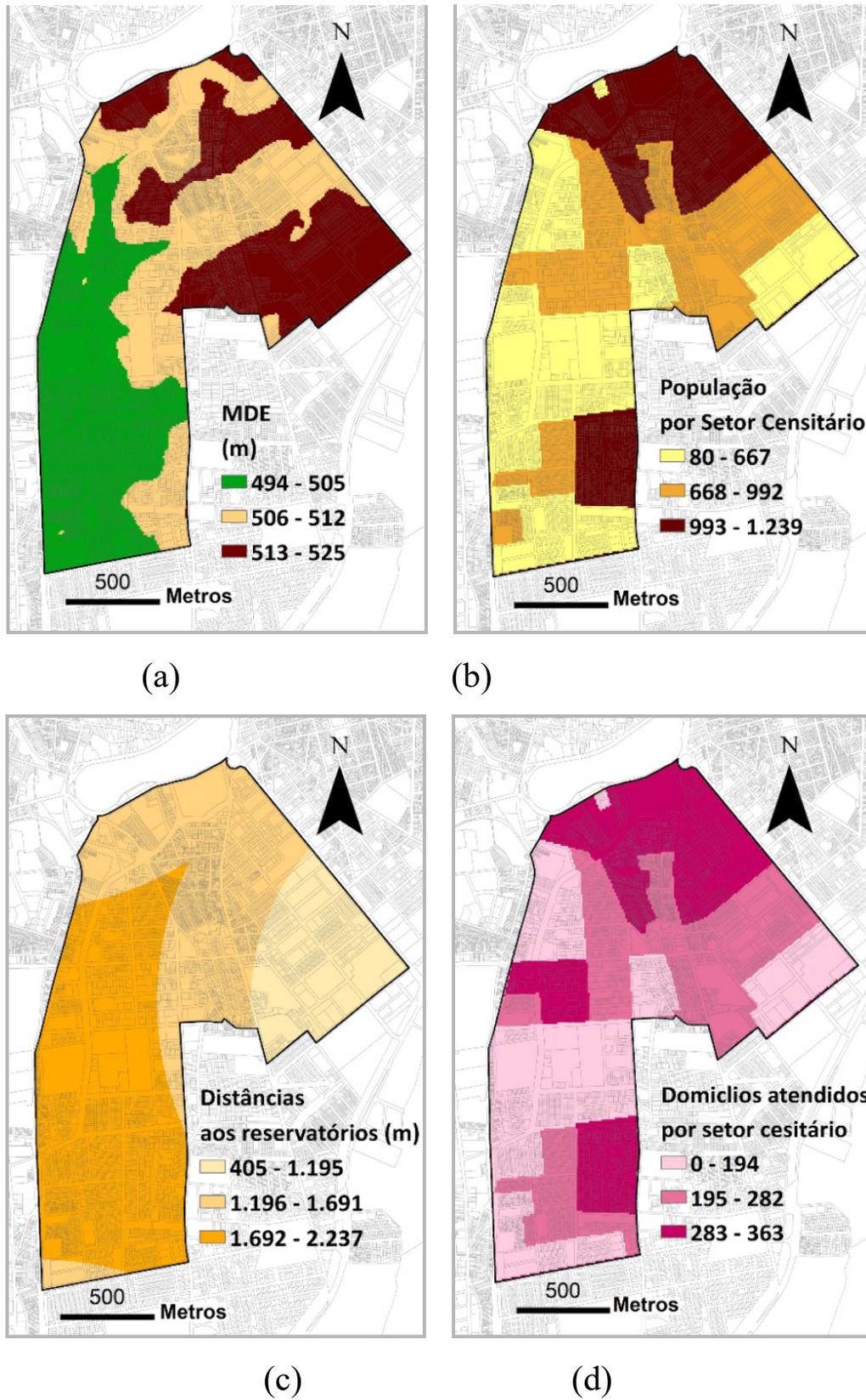
caso, foram escolhidas funções lineares baseadas em conjuntos difusos (ZADEH, 1965). Dessa forma, a transição entre a pertinência de uma célula entre diferentes classes é gradual, o que reflete melhor a realidade representada. A padronização de critérios para uma escala comum torna possível a combinação de critérios em diferentes unidades e/ou escalas. A ponderação é a etapa em que se define o grau de importância relativa de cada critério por meio de pesos. Na combinação, os critérios são agregados de acordo com as regras de decisão. Para tornar possível a comparação dos dois períodos analisados (2000–2010), essas etapas foram implementadas seguindo as mesmas normalizações, ponderações, combinações e regras apresentadas em Cordão, Rufino e Araújo (2013).

A ponderação de cada critério foi avaliada segundo métodos heurísticos. A formalização da ponderação baseou-se em conhecimento especializado (JOHNS; KEEDWELL; SAVIC, 2020), por meio de testes de sensibilidade utilizando visões e experiências individuais de quatro pesquisadores e engenheiros com ampla experiência em redes hidráulicas. Os critérios mapeados foram apresentados aos especialistas intencionalmente, para apoiar a identificação e a interpretação das informações, facilitar a consulta e estimular associações mentais. Há uma variedade de técnicas, além da utilizada, para estimativa de pesos (ZARDARI *et al.*, 2015), a depender da disponibilidade de dados em cada caso, tais como Delphi (KAMALI *et al.*, 2017; SEPEHR *et al.*, 2017), *Analytic Hierarchy Process* (AHP) (SAATY, 1980) e as da família ELECTRE — *Elimination and Choice Translating Algorithm* (ROY, 1990).

Os pesos finais foram obtidos após a concordância entre todos os especialistas consultados, conforme Equação 1.

$$\text{Risco} = (0,4^*AL + 0,2^*PO + 0,2^*DR + 0,2^*ND) * \text{LOTES} \quad (1)$$

Cordão, Rufino e Araújo (2013) consideram que em Campina Grande o critério da altimetria é mais definidor de risco do que os demais, pois a cidade apresenta grande variabilidade altimétrica, o que impacta diretamente as pressões na rede de distribuição, gerando, algumas vezes, pressões baixas que não atendem adequadamente a determinados usuários, a depender de sua localização geográfica; outras vezes, gerando pressões demasiadamente altas, provocando



Fonte: elaboração própria (2020).

**Figura 3** - Critérios utilizados para o mapa risco de desabastecimento de água (ano-base: 2010): (A) Altimetria (AL), (B) População (PO), (C) Distâncias aos reservatórios (DR); (D) Número de domicílios atendidos pela rede (ND).

rompimentos na rede e consequentes perdas e interrupções no serviço. Por isso, o seu peso é o dobro dos demais critérios.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Resgate histórico da produção do espaço urbano do bairro Catolé

As rápidas alterações urbanísticas do bairro Catolé trouxeram consigo novas demandas, evidenciadas, por exemplo, no aumento da população residente na área. O Quadro 1 mostra a evolução do crescimento populacional na área de estudo, mostrando que houve crescimento de aproximadamente 60% da população no bairro entre 2000 e 2010 (IBGE, 2010). Os demais dados para 2020 e 2040 são projeções populacionais estimadas por Barros, Rufino e Miranda (2016), a partir da taxa geométrica de crescimento populacional do Catolé, que é de 1,05% a.a., calculada pelos dados dos Censos de 2000 e 2010.

Os primeiros instrumentos urbanísticos da cidade de Campina Grande datam do ano de 1970, denominados Plano de Desenvolvimento Local Integrado (PDLI) e Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI). Os referidos instrumentos não mencionam relações entre a urbanização e os recursos hídricos. Por meio de incentivos financeiros de projetos de habitação do governo federal, a exemplo do programa Complementação Urbana para Renovação Acelerada (CURA) e do Programa de Erradicação de Sub-habitação (PROMORAR), ambos financiados pelo Banco Nacional de Habitação (BNH), foram promovidas construções de conjuntos habitacionais e obras de mobilidade urbana no bairro Catolé. Essas intervenções marcam o início de um processo de requalificação urbana na localidade.

Na década de 1980, o Terminal Rodoviário Argemiro de Figueiredo foi inaugurado nas imediações do bairro, promovendo a abertura de novas vias de acesso à localidade, atraindo, dessa forma, a instalação de equipamentos e serviços. A Figura 4A apresenta a ocupação do Catolé no ano de 1982, evidenciando uma ocupação dispersa e pouco planejada. Na década de 1990, novos importantes equipamentos foram instalados no bairro, a exemplo de um grande parque e de dois *shopping centers*, evidenciando a participação tanto do poder público quanto da iniciativa privada no processo de valorização da área. Os referidos equipamentos passaram a configurar o bairro como uma nova centralidade da cidade, fazendo com que houvesse atração pela ocupação dessa área sem, no entanto, seguir um plano de ocupação e controle de adensamento. Cabe ressaltar que, apesar do crítico período vivenciado pela cidade de Campina Grande no final daquela década, não foram adotadas medidas de controle da demanda de água, apenas controle de oferta, com promoção de racionamento (MARINHO; GALVÃO; MIRANDA, 2020).

**Quadro 1** - Evolução do populacional no bairro Catolé, Campina Grande (PB).

Ano	População
2000	18.498
2010	31.560
2020*	53.845
2040*	91.867

\*Projeções de população.  
Fonte: Barros, Rufino e Miranda (2016).

Na década de 2000, o Catolé começou a se apresentar como um bairro valorizado de Campina Grande e deu-se início, com grande expressividade, ao processo de verticalização. Lotes que antes eram desocupados ou ocupados por residências unifamiliares passaram a ter concentrados em seu território edificações com maior número de residentes, aumentando, por exemplo, a pressão gerada à infraestrutura de abastecimento de água. Naquela década houve a construção de, no mínimo, 19 edifícios de 4 ou mais pavimentos no bairro, tendo sido construídos na década anterior apenas 2 (COSTA, 2013).

Na década de 2010, o processo de verticalização tem continuidade, o que confere ao bairro Catolé o segundo maior adensamento populacional da cidade. Além da verticalização, essas novas características do bairro lhe conferiram atração de serviços e comércio. A Figura 4B apresenta a ocupação do bairro no ano de 2014, em que é possível perceber consideráveis diferenças, quando comparada à ocupação no ano de 1982 (Figura 4A). O processo de verticalização pode ser observado na Figura 5, que apresenta uma comparação entre os anos de 2011 (Figura 5A) e 2018 (Figura 5B), evidenciando que esse processo teve forte expressão na última década.

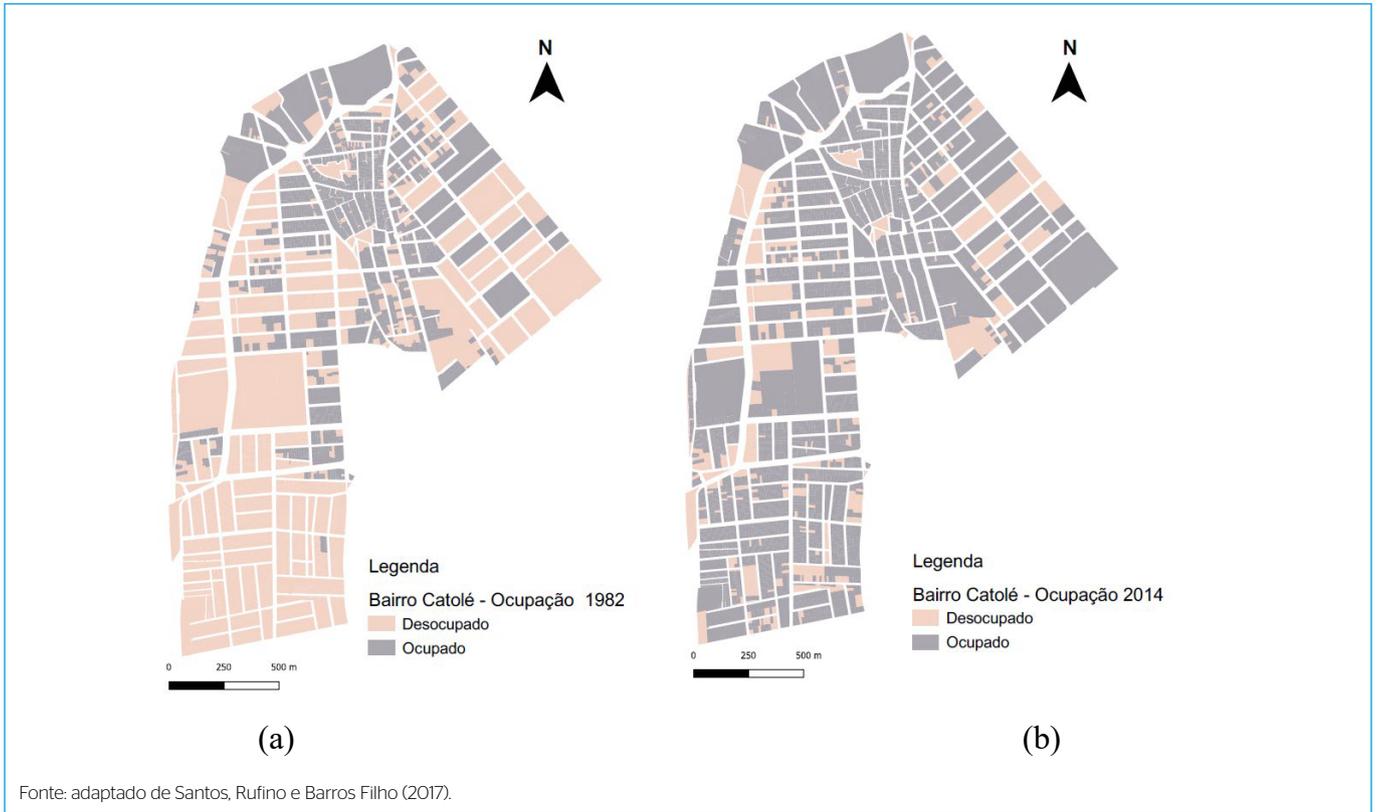
O bairro Catolé passou por grandes alterações em seu ambiente construído em um curto intervalo de tempo, configurando-se não apenas como uma área de forte valorização da cidade, mas também como um bairro que concentra importantes equipamentos e serviços urbanos, atraindo muitos moradores. As mencionadas alterações seguem um ritmo acelerado, não acompanhado pelas infraestruturas de água, o que potencializa os riscos de desabastecimento. Para a referida área, houve mudança no número de zonas de operação, passando de quatro zonas de pressão para duas. Esse novo zoneamento foi motivado pelo racionamento ocorrido na crise hídrica de 2012–2017, para facilitar as manobras operacionais, e permanece sendo empregado até o momento (2020).

### Análise espacial do risco de desabastecimento de água

A Figura 6A apresenta o mapa de risco de desabastecimento para o bairro Catolé para o ano de 2000, classificado em três faixas: baixo, médio e alto. A Figura 6B apresenta o mapa obtido para o ano de 2010, seguindo a mesma classificação. É necessário ressaltar, em relação à Figura 6B, que a análise considerou de forma generalizada a presença de lotes, ocupados ou não.

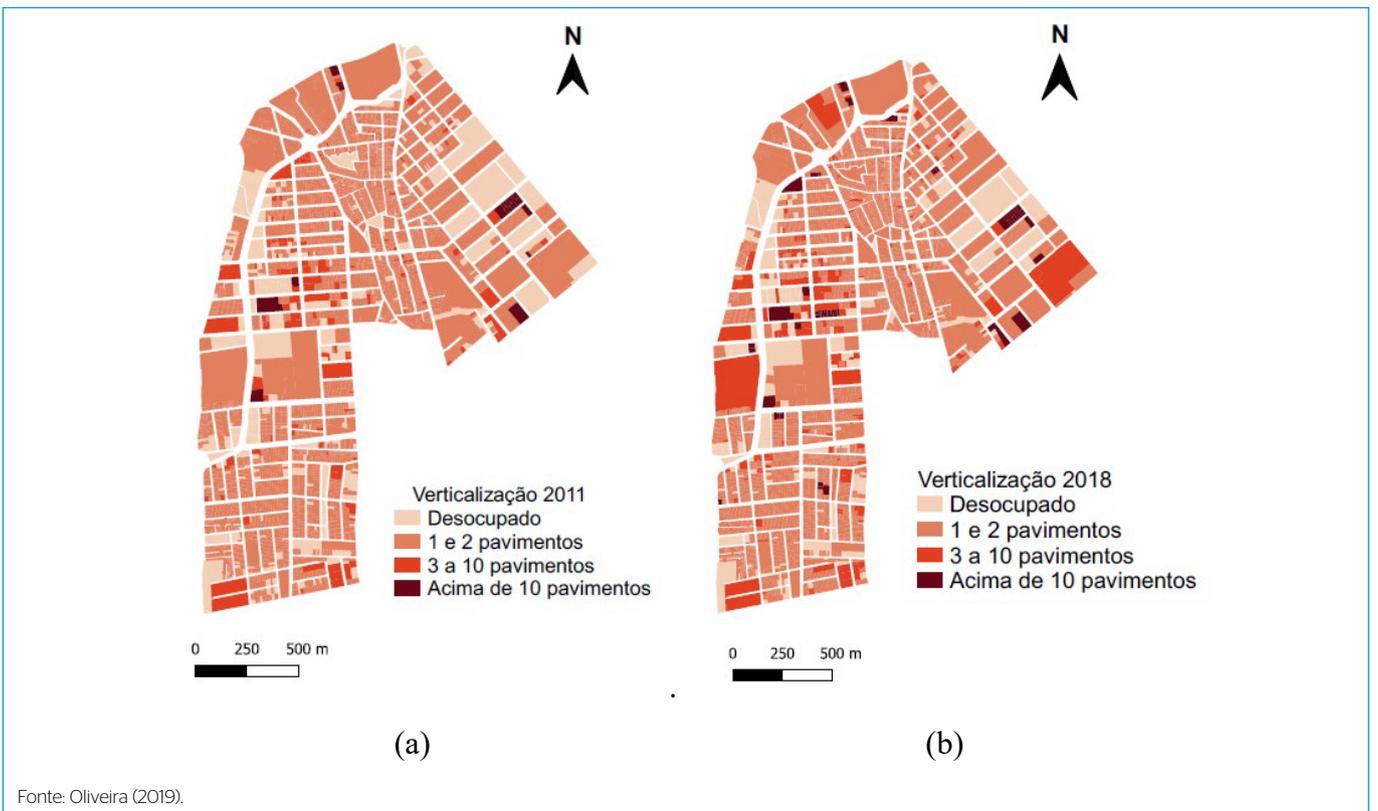
A análise histórica do risco de desabastecimento de água permite visualizar um aumento importante das áreas de riscos Médio e Alto, promovido por um rápido processo de urbanização e aumento da demanda de água entre os anos avaliados. Isso se justifica pelo fato de que, apesar de a infraestrutura de abastecimento de água não ter passado por alterações significativas entre os dois períodos analisados, o cenário urbano apresentado é bastante diferente. A velocidade da urbanização é superior à da instalação de infraestrutura e esse processo potencializa o risco de desabastecimento.

Apesar de os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) informarem que há cobertura de 100% relativa ao abastecimento de água na cidade de Campina Grande (SNIS, 2018), há distribuição desigual da água, assim como condições desiguais de acesso ao recurso (GRANDE *et al.*, 2014; 2016). Além disso, existe desarticulação institucional entre o planejamento de ocupação territorial e a instalação de infraestruturas de abastecimento e distribuição. Aumentos progressivos da área de alcance de reservatórios de distribuição, por exemplo, podem consolidar um serviço de abastecimento de água intermitente, visto que a área de alcance de projeto passará a atender a uma área maior que aquela planejada inicialmente, gerando pressões incompatíveis para atender aos usuários.



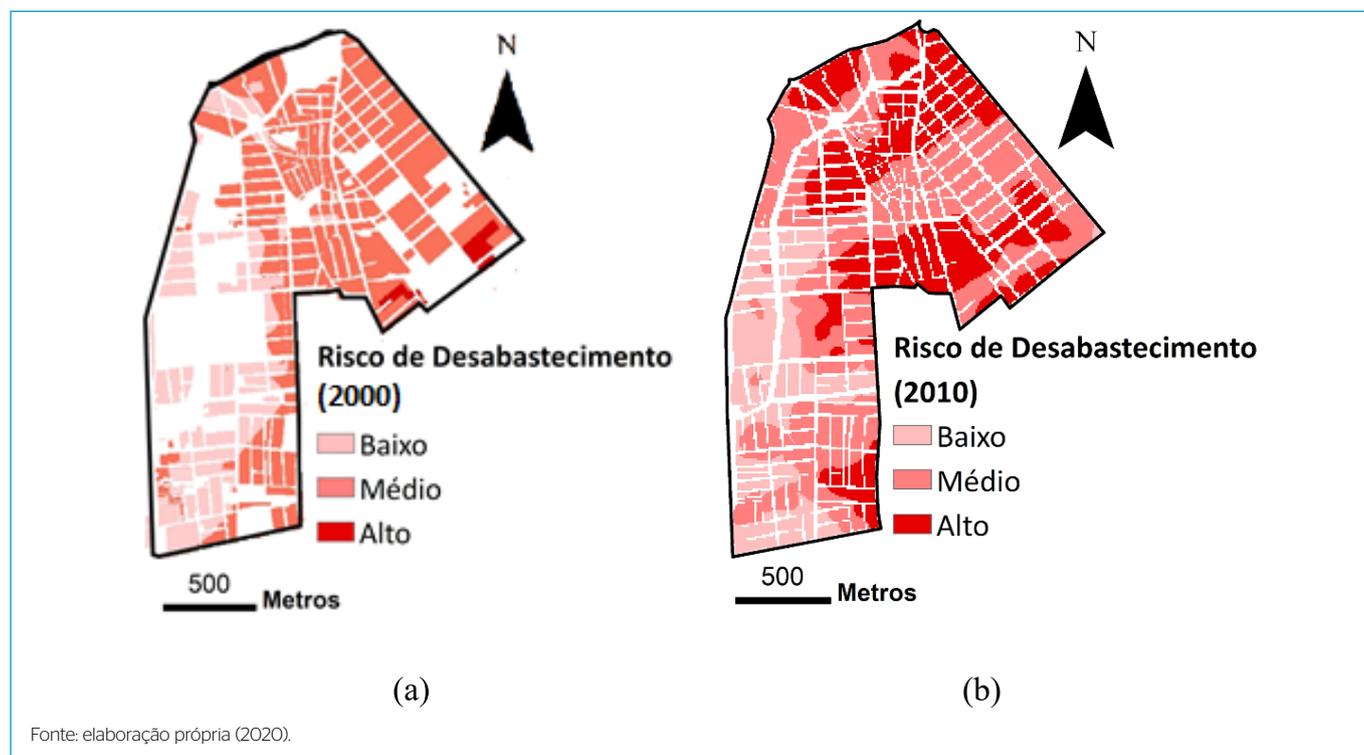
Fonte: adaptado de Santos, Rufino e Barros Filho (2017).

**Figura 4** - (A) Ocupação do Catolé em 1982; (B) Ocupação do Catolé em 2014.



Fonte: Oliveira (2019).

**Figura 5** - Representação da verticalização do bairro Catolé em (A) 2011 e em (B) 2018.



**Figura 6** – Mapas de riscos de desabastecimento de água para (A) os anos 2000, adaptado de Cordão, Rufino e Araújo (2013) e para (B) o ano de 2010 do bairro Catolé, Campina Grande, Paraíba.

Em termos de planejamento dos sistemas de abastecimento de água, é necessário observar se a infraestrutura atual (redes, cobertura de reservatórios, etc.) poderá oferecer aos novos lotes as vazões com pressões necessárias e adequadas. Caso contrário, instala-se um processo de desigualdade na infraestrutura hídrica (GRANDE *et al.*, 2014; MILLINGTON, 2018) e intermitência no abastecimento de água (MOKSSIT *et al.*, 2018).

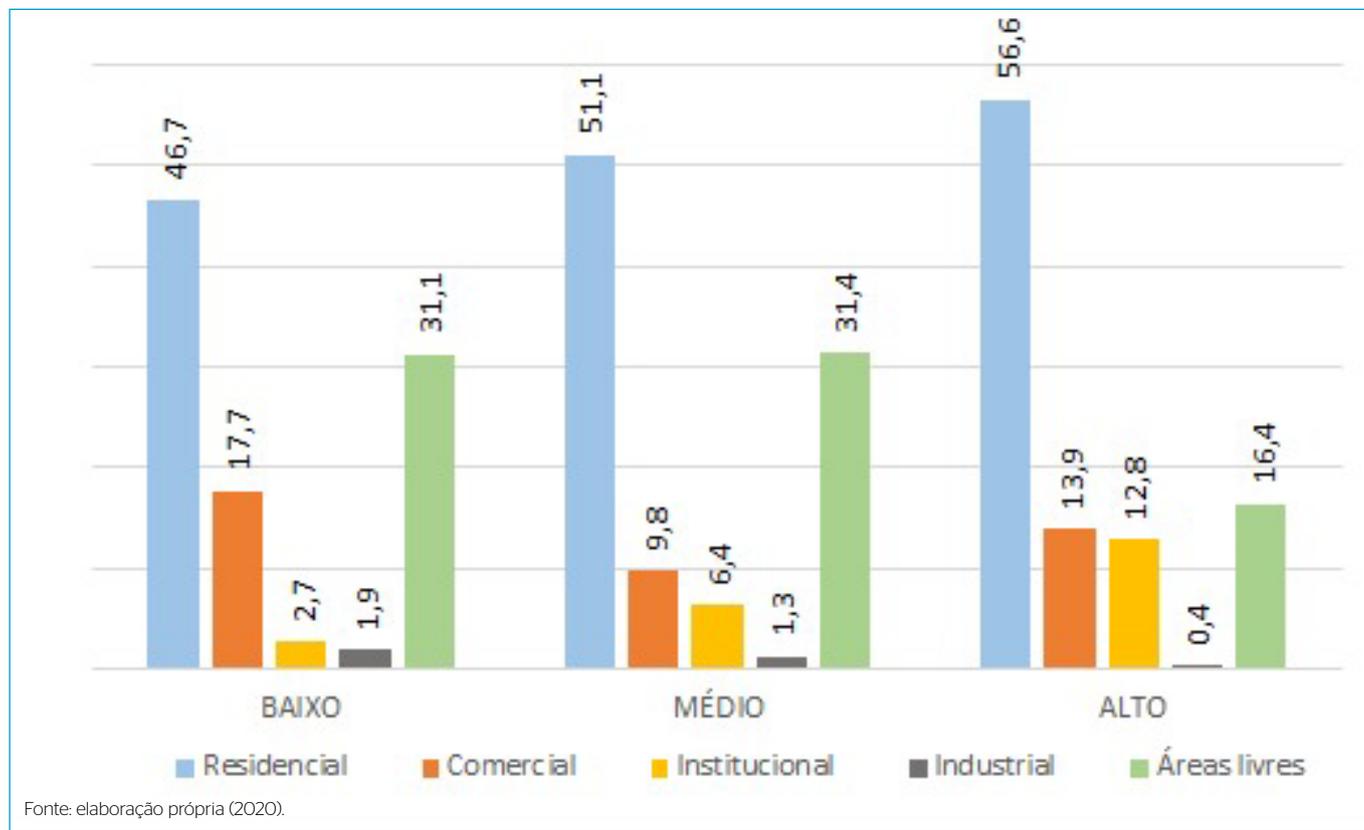
O estudo de Grande *et al.* (2016) identificou ocorrências de falta de água para toda a área urbana de Campina Grande, por meio de uma amostra com 17 domicílios, empregando-se entrevistas semiestruturadas com residentes voluntários entre os anos de 2014 e 2015. A validação do mapa de risco de desabastecimento de água apresentado por Grande *et al.* (2016) foi constatada no presente trabalho, para o bairro Catolé, com a identificação da ocorrência de falta de água em área com médio risco para o ano de 2000 e alto risco para o ano de 2010.

Ao considerar as interfaces entre a produção do espaço urbano e o risco de desabastecimento de água, é importante destacar as relações existentes entre esse risco e a presença, ou não, de infraestruturas adaptativas, como os reservatórios domiciliares. No aspecto relacionado à política de racionamento de água ou mesmo à intermitência do seu abastecimento, a capacidade de reservação é considerada um mitigador em relação à vulnerabilidade dos domicílios, além de interferir na percepção do usuário acerca do desabastecimento de água (GRANDE *et al.*, 2016). No caso do bairro Catolé, apesar do aumento do risco de desabastecimento com o passar dos anos, em decorrência das mudanças populacionais, urbanísticas e da manutenção da infraestrutura de abastecimento, pode-se dizer que a capacidade de armazenamento de água do usuário, promovida especialmente pela verticalização, é compensatória ao risco de desabastecimento em alguns casos.

Na Figura 7 são apresentadas as porcentagens do risco de desabastecimento de água para o ano de 2010 em relação às tipologias de usos do solo. Os usos predominantes no bairro do Catolé são o residencial e o comercial. Especialmente para as áreas com alto risco, os usuários mais susceptíveis são os residenciais, independentemente do tipo de moradia e/ou situação socioeconômica, somando 56,6% do total, seguido dos comerciais, com 13,9%. Argumenta-se que este resultado mapeado para a área de estudo poderá ser aproveitado para analisar e gerenciar os serviços de abastecimento de água para esses dois tipos de usuários.

## CONCLUSÕES

As análises presentes neste trabalho permitem concluir que é essencial fomentar articulações entre o planejamento da produção do espaço urbano e a infraestrutura de abastecimento de água. O estudo apresenta avanço no traçado dessas relações, a partir da compreensão de que a forma como o ambiente é construído é determinante nos impactos sobre as infraestruturas de abastecimento. Em um primeiro momento, o mapeamento de áreas com riscos de desabastecimento pode funcionar como indicador para ações de gestão e planejamento, uma vez que ele sugere que uma parcela dos usuários de água encontra-se em áreas com regime deficiente de abastecimento, seja por questões operacionais, sociais, geográficas, ou por descontrolo da regulação do ambiente construído. Destaca-se, ainda, que os grupos mais susceptíveis ao desabastecimento de água são aqueles que têm baixa capacidade de reservação de água nas dependências de sua residência, a exemplo de assentamentos informais e da população de baixa renda.



**Figura 7** - Porcentagem do risco de desabastecimento de água no bairro Catolé em Campina Grande (PB) em relação às tipologias de usos do SAA (2010).

Os resultados espacializados dos riscos de desabastecimento de água segundo múltiplos critérios constituem uma ferramenta interessante no processo de tomada de decisão, a exemplo de priorização de áreas para tornar mais eficiente o planejamento dos sistemas de abastecimento de água. Mapeamentos como esses podem ser usados como informação na elaboração ou revisão de planos diretores municipais, auxiliando a orientação da ocupação territorial, e como diretrizes para instrumentos reguladores, como o código de obras. Áreas com maiores riscos de desabastecimento poderiam exigir que construtores considerem alternativas de abastecimento difusas como captação de água de chuva, sistemas de reúso de água, mecanismos poupadores de água nas instalações, dentre outros.

Apesar da implantação de infraestruturas advindas de projetos de ampliação da oferta hídrica, a exemplo do PISF no Nordeste brasileiro, a vulnerabilidade ao desabastecimento de cidades com situações periódicas de risco relacionado à água permanece. Dessa forma, planejar e antever o risco ainda constituem a

melhor ferramenta de adaptação e de mitigação de impactos sociais, econômicos e ambientais.

## CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Marinho, S. D. A. M.: Conceituação, Curadoria de Dados, Investigação, Metodologia, Supervisão, Escrita – Primeira Redação, Escrita – Revisão e Edição. Cordão, M. J. S.: Conceituação, Curadoria de Dados, Metodologia, *Software*, Visualização, Escrita – Primeira Redação, Escrita – Revisão e Edição. Santos, F. M.: Conceituação, Investigação, Supervisão, Escrita – Primeira Redação, Escrita – Revisão e Edição. Santos, B. L. E.: Curadoria de Dados, Escrita – Primeira Redação, Escrita – Revisão e Edição. Galvão, C. O.: Conceituação, Investigação, Escrita – Revisão e Edição. Rufino, I. A. A.: Conceituação, Curadoria de Dados, Escrita – Revisão e Edição

## REFERÊNCIAS

ALEIXO, B.; REZENDE, S.; PENA, J.L.; ZAPATA, G.; HELLER, L. Direito humano em perspectiva: desigualdades no acesso à água em uma comunidade rural do Nordeste brasileiro. *Ambiente e Sociedade*, v. 19, n. 1, p. 63-82, 2016. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoci150125r1v19i2016>

ALVARADO, A.; ESTELLER, M.; QUENTIN, E.; EXPÓSITO, J. Multi-criteria decision analysis and GIS approach for prioritization of drinking water utilities protection based on their vulnerability to contamination. *Water Resources Management*, v. 30, n. 4, p. 1549-1566, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1239-4>

- BARROS, M.B.; RUFINO, I.A.A.; MIRANDA, L.I.B. Mecanismos poupadores de água como suporte ao planejamento urbano. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 21, n. 1, p. 251-262, 2016. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v21n1.p251-262>
- CAMPINA GRANDE. *Lei Complementar nº 003, de 9 de outubro de 2006*. Promove a revisão do Plano Diretor do Município de Campina Grande, Campina Grande, 2006.
- CASTRO, C.M.; PEIXOTO, M.N.O.; RIO, G.A.P. Riscos ambientais e geografia: conceituações, abordagens e escalas. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 28, n. 2, p. 11-30, 2005.
- CORDÃO, M.J.S.; RUFINO, I.A.A.; ARAÚJO, E.L. Geotecnologias aplicadas ao planejamento de sistemas de abastecimento de água urbanos: uma proposta metodológica. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 18, n. 3, p. 263-274, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000300009>
- COSTA, L.B. *Estruturação da cidade de Campina Grande: As estratégias e intencionalidades do mercado imobiliário*. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.
- DESAI, R. Urban planning, water provisioning and infrastructural violence at public housing resettlement sites in Ahmedabad, India. *Water Alternatives*, v. 11, n. 1, p. 86-105, 2018.
- FALDI, G.; ROSATI, F.; MORETTO, L.; TELLER, J. A comprehensive framework for analyzing co-production of urban water and sanitation services in the Global South. *Water International*, v. 44, n. 8, p. 886-918, 2019. <https://doi.org/10.1080/02508060.2019.1665967>
- FARMANI, R.; BUTLER, D. Implications of urban form on water distribution systems performance. *Water Resources Management*, v. 28, n. 1, p. 83-97, 2014. <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0472-3>
- FARMANI, R.; WALTERS, G.A.; SAVIC, D.A. Trade-off between total cost and reliability for any town water distribution network. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 131, n. 3, p. 161-171, 2005. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(2005\)131:3\(161\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(2005)131:3(161))
- FERRER, A.L.C.; THOMÉ, A.M.T.; SCAVARDA, A.J. Sustainable urban infrastructure: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 128, p. 360-372, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.07.017>
- GARCIAS, C.; SANCHES, A. Vulnerabilidades socioambientais e as disponibilidades hídricas urbanas: levantamento teórico-conceitual e análise aplicada à região metropolitana de Curitiba - PR. *Risco Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online)*, n. 10, p. 96-111, 2009. <https://doi.org/10.11606/issn.1984-4506.v0i10p96-111>
- GOLDMAN, M.; NARAYAN, D. Water crisis through the analytic of urban transformation: an analysis of Bangalore's hydrosocial regimes. *Water International*, v. 44, n. 2, p. 95-114, 2019. <https://doi.org/10.1080/02508060.2019.1578078>
- GRANDE, M.H.D.; GALVÃO, C.O.; MIRANDA, L.I.B.; GUERRA SOBRINHO, L.D. A percepção de usuários sobre os impactos do racionamento de água em suas rotinas domiciliares. *Ambiente & Sociedade*, v. 19, n. 1, p. 163-182, 2016. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc150155r1v19i2016>
- GRANDE, M.H.D.; GALVÃO, C.; MIRANDA, L.; RUFINO, I. Environmental equity as a criterion for water management. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, v. 364, p. 519-525, 2014. <https://doi.org/10.5194/piahs-364-519-2014>
- GURAGAI, B.; HASHIMOTO, T.; OGUMA, K.; TAKIZAWA, S. Data logger-based measurement of household water consumption and micro-component analysis of an intermittent water supply system. *Journal of Cleaner Production*, v. 197, parte 1, p. 1159-1168, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.198>
- HAMER, N.; LIPILE, L.; LIPILE, M.; MOLONY, L.; NZWANA, X.; O'KEEFFE, J.; SHACKLETON, S.; WEAVER, M.; PALMER, C. Coping with water supply interruptions: can citizen voice in transdisciplinary research make a difference? *Water International*, v. 43, n. 5, p. 603-619, 2018. <https://doi.org/10.1080/02508060.2018.1497863>
- HELLER, L. Abastecimento de água, sociedade e ambiente. In: HELLER, L.; PÁDUA, V.L. (org.) *Abastecimento de água para consumo humano*. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. p. 29-61.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Dados censitários*. Brasil: IBGE, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>. Acesso em: 6 maio 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *População da cidade de Campina Grande*. Brasil: IBGE. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- JOHNS, M.B.; KEEDWELL, E.; SAVIC, D. Knowledge-based multi-objective genetic algorithms for the design of water distribution networks. *Journal of Hydroinformatics*, v. 22, n. 2, p. 402-422, 2020. <https://doi.org/10.2166/hydro.2019.106>
- JONES, H.; CLENCH, B.; HARRIS, D. *The governance of urban service delivery in developing countries*. Report ODI. Londres: Overseas Development Institute (ODI), 2014.
- Kamali, M.; Alesheikh, S.; Alavi Borazjani, A.; Jahanshahi, A.; Khodaparast, Z.; Khalaj, M. Delphi-AHP and weighted index overlay-GIS approaches for industrial site selection case study: large extractive industrial units in Iran. *Journal of Settlements and Spatial Planning*, v. 8, n. 2, p. 99-105, 2017. <https://doi.org/10.24193/JSSP.2017.2.03>
- MARINHO, S.D.A.M.; GALVÃO, C.O.; MIRANDA, L.I.B. A cidade sensível à água sob a perspectiva do metabolismo urbano e da produção do espaço. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 25, n. 5, 2020. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522020191392>
- MCFARLANE, C.; RUTHERFORD, J. Political infrastructures: Governing and experiencing the fabric of the city. *International Journal of Urban Regional Research*, v. 32, n. 2, p. 363-374, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2427.2008.00792.x>
- MIKOVITS, C.; RAUCH, W.; KLEIDORFER, M. Importance of scenario analysis in urban development for urban water infrastructure planning and management. *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 68, n. 1, p. 9-16, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.09.006>
- MILLINGTON, N. Producing water scarcity in São Paulo, Brazil: The 2014-2015 Water crisis and the binding politics of infrastructure. *Political Geography*, v. 65, p. 26-34, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2018.04.007>
- MOKSSIT, A.; GOUELLO, B.; CHAZERAIN, A.; FIGUERÈS, F.; TASSIN, B. Building a methodology for assessing service quality under intermittent domestic water supply. *Water*, v. 10, n. 9, p. 1164, 2018. <https://doi.org/10.3390/w10091164>

- OLIVEIRA, L.M. *Modelagem dinâmica e cenários urbanos de demanda de água: simulações em Campina Grande - PB*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019.
- RÉGO, J.C.; ALBUQUERQUE, J.P.T.; RIBEIRO, M.M.R. Uma análise da crise de 1998-2000 no abastecimento d'água de Campina Grande-PB. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 4., 2000. *Anais [...]*. Natal: ABRH, 2000. p. 1-7.
- RÉGO, J.C.; GALVÃO, C.O.; ALBUQUERQUE, J.P.T.; RIBEIRO, M.M.R.; NUNES, T.H.C. A gestão de recursos hídricos e a transposição de águas do rio São Francisco para o açude Epiácio Pessoa - Boqueirão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., 2017. *Anais [...]*. Florianópolis: ABRH, 2017. p. 1-8.
- ROY, B. The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods. In: BANA e COSTA, C. A. (org.). *Readings in multiple criteria decision aid*. Berlim, Heidelberg: Springer, 1990. p. 155-183.
- SAATY, T.L. *Analytical Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. Nova York: McGraw-Hill, 1980.
- SANTOS, K.A.; RUFINO, I.A.A.; BARROS FILHO, M.N.M. Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande - PB. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 26, n. 5, p. 943-952, 2017. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016146661>
- SCHRAMM, E.; KERBER, H.; TRAPP, J.H.; ZIMMERMANN, M.; WINKER, M. Novel urban water systems in Germany: governance structures to encourage transformation. *Urban Water*, v. 15, n. 6, p. 534-543, 2018. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2017.1293694>
- Sepehr, M.; Fatemi, S.M.R.; Danehkar, A.; Mashinchian Moradi, A. Application of Delphi method in site selection of desalination plants. *Global Journal of Environmental Science and Management*, v. 3, n. 1, p. 89-102, 2017. <https://dx.doi.org/10.22034/gjesm.2017.03.01.009>
- SILVA, S.M.O.; SOUZA FILHO, F.A.; CID, D.A.C.; AQUINO, S.H.S.; XAVIER, L.C.P. Proposta de gestão integrada de águas urbanas como estratégia de promoção de segurança hídrica: o caso de Fortaleza. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 24, n. 2, p. 239-250, 2019.
- SIMUKONDA, K.; FARMANI, R.; BUTLER, D. Intermittent water supply systems: causal factors, problems and solution options. *Urban Water Journal*, v. 15, n. 5, p. 488-500, 2018. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2018.1483522>
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos, referente ao ano de 2017*. SNIS, 2018. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos>. Acesso em: 4 jul. 2019.
- TAYLOR, D.; SLOCUM, A.; WHITTLE, A. Demand satisfaction as a framework for understanding intermittent water supply systems. *Water Resources Research*, v. 55, n. 7, p. 5217-5237, 2019. <https://doi.org/10.1029/2018WR024124>
- ZADEH, L.A. Fuzzy sets. *Information and Control*, v. 8, n. 3, p. 338-353, 1965. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
- ZARDARI, N.H.; AHMED, K.; SHIRAZI, S.M.; ZULKIFLI, B.Y. *Weighting methods and their effects on multi-criteria decision making model outcomes in water resources management*. Nova York: Springer, 2015.