



XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

PLANEJAMENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS.

Thiago Pires Bezerra¹; Maria Jose de Sousa Cordão²

RESUMO – Em virtude da dinâmica de crescimento populacional e da ocupação urbana ocorrida no Brasil, nas últimas décadas, muitos sistemas de abastecimento de água (SAA) tornaram-se ineficientes, fato ocasionado muitas vezes pela falta de incentivo à capacitação técnica para gestão de riscos ao suprimento de água. Diante desse cenário novas técnicas de otimização foram desenvolvidas, possibilitando uma modelagem mais realista dos problemas através de análises em microcomputadores, utilizando geotecnologias. Essas técnicas envolvem o manuseio de grande quantidade de informações, originárias de distintas fontes e natureza, sendo o Sistema de Informações Geográficas (SIG), uma forma moderna e eficaz de interligar estas informações e espacializá-las. Para tornar um SAA eficiente é necessário primeiramente realizar um diagnóstico, e a partir deste, pode-se modelar diferentes cenários e estabelecer alternativas para o atendimento da demanda em virtude do crescimento da demanda. Dessa forma a proposta do presente trabalho, é apresentar os principais componentes de um sistema urbano de distribuição de água e abordar meios de otimização dos mesmos através de informações espacializadas utilizando técnicas presentes em SIG.

ABSTRACT– Due to the population growth dynamic and the urban housing occurring in Brazil, in the last decades, several Water Supply Systems (WSS) became themselves ineffective. This event is mainly caused by the inducement lack to the technical preparation for risk management of the water supply. By facing this scenario, new improvement techniques were developed, enabling a more realistic modeling of the problems through analysis on microcomputers, using geotechnology. These techniques involve the handling large amounts of information originating from different sources and nature, being the Geographic Information System (GIS) a modern and efficient way of linking this information and specialize it. Firstly, to turn a WSS efficient, once more, is necessary to diagnose the system situation, assuming different scenarios and establishing alternatives to meet the demand because of population growth and the trend of increased consumption of water. Thus, the purpose of this work is to present the main components of an urban water distribution system, and, also, to discourse about improvement means of the Urban Water Distribution Systems (UWDS) from the risks and non- supplying point of view, using geoprocessing.

Palavras-Chave: Sistemas de Abastecimento de Água, Planejamento, Geoprocessamento.

1) Universidade Estadual da Paraíba (UEPB): Av. Coronel Pedro Targino s/n Centro Araruna-PB, 83 3373-1040, thiagopireseng@hotmail.com.
2) Universidade Estadual da Paraíba (UEPB): Av. Coronel Pedro Targino s/n Centro Araruna-PB, 83 3373-1040, merycordao@gmail.com.

INTRODUÇÃO

O estado de ineficiência de um sistema de abastecimento de água (SAA) ocorre quando esse deixa de cumprir a função a qual foi projetado. Ou seja, passa a não satisfazer as necessidades de seus consumidores em termos de quantidade e qualidade aceitáveis. Com o decorrer do tempo, esses sistemas necessitam de ações que o tornem novamente eficientes. (VENTURINI, 2003, p. 36)

Souza (2013) elucida que não há uma cultura de incentivo à capacitação técnica para gestão de risco de suprimento de água. Dessa forma o serviço público de distribuição de água tem apresentado dificuldades para determinar um arcabouço robusto de planejamento que comporte as complexidades técnicas, políticas e institucionais para universalização do acesso a água potável. No Brasil, especialmente, está impropriedade é acentuada em virtude da dinâmica de crescimento populacional e da ocupação urbana ocorrida, principalmente, nas últimas três décadas.

Entretanto, existem técnicas de otimização que são poderosas ferramentas, para solucionar problemas no planejamento e gerenciamento dos sistemas de abastecimento de água. Essas técnicas têm papel de destaque na análise dos sistemas de recursos hídricos. Dentre elas a modelagem dos sistemas abastecimento de água, que permitem uma melhor compreensão dos problemas do SAA e viabilizam a análise em computadores. E o geoprocessamento, capaz de auxiliar na otimização dos sistemas de abastecimento de água através do sistema de informações geográficas (SIG), que permitem a integração e tratamento das informações georreferenciadas sendo utilizada pelo sistema de apoio a decisão espacial (SADE), no planejamento e gestão dos sistemas urbanos de distribuição de água (SUDA).

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou identificar áreas com risco de desabastecimento de água em uma determinada área de influência de um reservatório de distribuição da cidade de Campina Grande, PB, por meio da geração de mapas de espacialização de informações, utilizando métodos e técnicas computacionais de geoprocessamento.

REVISÃO DE LITERATURA

As geotecnologias, também conhecidas como geoprocessamento, representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados visando a produção de informação e o ganho de conhecimento acerca de um determinado assunto. Trata-se de um conjunto de técnicas com a função de coletar, processar, analisar e oferecer informações com referência geográfica. Para isso se utiliza uma série de ferramentas computacionais denominadas SIG. No caso do planejamento de sistemas de abastecimento de água, essas técnicas integram a modelagem hidráulica e o sistema de informação geográfica SIG, a fim de produzir informações que auxiliem no apoio a tomada de decisão propiciando uma otimização no planejamento do sistema de abastecimento de água SAA. Os modelos de simulação de sistemas de distribuição de água examinam duas variáveis principais, a hidráulica e

a qualidade da água. A hidráulica analisa o fornecimento de água em quantidade suficiente e a pressão razoavelmente constante em determinadas cotas. A outra variável concerne à habilidade de fornecer uma água de qualidade confiável, para diversos fins.

O EPANET, um exemplo de geotecnologia, executa simulações hidráulicas e de parâmetros de qualidade de água. Além disso, permite a seleção de mecanismos computacionais para simular situações específicas do problema a ser analisado. Dentre suas principais funções na modelagem, podemos citar os cálculos de perdas de cargas (inclusive unitárias), a modelagem do funcionamento de bombas, o cálculos de energia de bombeamento e custos, a modelagem dos principais tipos de válvulas, a modelagem de reservatórios de armazenamento de níveis fixos e variáveis, modelagem das relações entre pressões e vazões efluentes de dispositivos emissores e a verificação da possibilidade de obter condições de operação do sistema com controles simples ou múltiplos. Devido sua eficácia, robustez e capacidade de integração a outros modelos computacionais, diversos sistemas foram desenvolvidos a fim de converter arquivos e integrar geotecnologias. A Pipeline NET, por exemplo, integra EPANET e ArcGIS e auxilia na avaliação de risco de fornecimento público de água em relação a sua qualidade. (CORDÃO, 2009, p.14)

Outro tipo de geotecnologia que podemos citar é o ARCGIS. Desenvolvido pela empresa *Environmental System Research Institute* – ESRI, é um conjunto de softwares de SIG de fácil manipulação de dados e boa funcionalidade, que fornece ferramentas baseadas em padrões para realizar análise espacial, armazenamento, manipulação, processamento de dados geográficos e mapeamento. Com ele, é possível a confecção de mapas temáticos e análise espacial. Integra a base de dados, devido à funcionalidade de diversas extensões desenvolvidas para esse software, inclusive permitindo comunicação com o EPANET. O ArcCatalog, um de seus aplicativos, destina-se ao gerenciamento de dados a serem trabalhados (conectar, pré-visualizar, criar arquivos, modificar e etc.). O ArcMap é a aplicação central do ARCGIS, permite trabalhar com os dados e informações geográficas, gerar mapas, e trabalhar outras questões diversas relacionadas à análise espacial. ArcToolBox apresenta diversas ferramentas que são extensão do ArcMap e permitem operações mais elaboradas com dados geográficos. O ArcReader permite visualizar e explorar arquivos já desenvolvidos. O ArcScene permite elaboração de dados geográficos em 3D, além de criar vídeos e animações. Por fim temos o ArcGlobe, aplicativo que apresenta um globo terrestre onde se pode navegar em três dimensões. (SILVA, 2010, P.5)

Os dados processados com apoio dessas geotecnologias geram mapas que através de diferentes técnicas de análise ou inferência espacial permitem a produção de novos mapas. Essas operações realizadas através de um SIG têm sido utilizadas como ferramenta de consolidação e análise de grandes bases de dados sobre sistemas de abastecimento de água, tornando o SIG uma ferramenta do

Sistemas de Suporte à Decisão Espacial, auxiliando em todas as etapas de um processo decisório, para apoio no planejamento e gestão de um SUDA.

Essa quantidade expressiva de dados permite uma avaliação multicriterial do objeto de análise, proporcionando aos gestores, técnicos e especialistas uma melhor compreensão e avaliação das problemáticas envolvidas. No entanto toda essa informação acaba sendo expressa em escalas e unidades distintas. Dessa forma, antes da realização de operações algébricas com os dados obtidos é necessário normalizar em uma única unidade os critérios envolvidos, permitindo então uma melhor comparação. Para isso, é necessário ponderar cada um dos critérios avaliados, sendo esses pesos encontrados através do conhecimento especializado além do conhecimento técnico e científico (CORDÃO, 2009, p.27)

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o funcionamento eficiente do SUDA, alguns estudos recomendam a disposição de unidades de reservação em locais com elevado valor de altimetria, possibilitando o emprego da gravidade e a garantia das pressões necessárias à distribuição de água, inclusive nas horas de maior consumo. Além desse, outros critérios podem ser utilizados em um SIG como um Sistema de Apoio a Decisão Espacial para a locação adequada de reservatórios, de modo a evitar o desabastecimento, bem como através do gerenciamento das múltiplas informações necessárias ao adequado planejamento dos SUDA.

Diante do exposto, considerando como problema de estudo as unidades de reservação do município de Campina Grande, PB, em especial o reservatório R9, a maior unidade de reservação desse sistema, este estudo objetiva demonstrar com o apoio de geotecnologias na espacialização de informações como forma de auxiliar do planejamento destes sistemas.

Estas informações serão utilizadas em inferências espaciais através de um SIG para obter respostas que auxiliarão no planejamentos dos SUDA, a exemplo, da geração de áreas susceptíveis a desabastecimento, como demonstrado a seguir, no modelo conceitual do estudo.

Neste sentido, o estudo do problema proposto adotou as etapas seguintes (Figura 1).

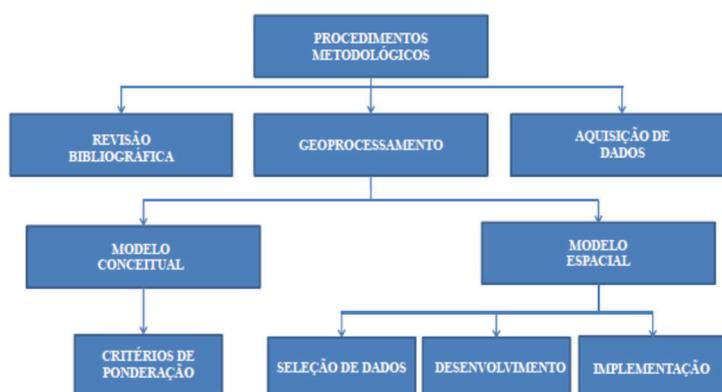


Figura 1: Modelo esquemático dos procedimentos metodológicos

Área de estudo

Para este estudo, utilizou-se a zona urbana de Campina Grande – PB, localizada a 120 km da capital paraibana, João Pessoa. Esse município possui a segunda zona urbana mais populosa do estado, localizando-se a 7°13'11" de latitude Sul e 35°52'11" de latitude Oeste. Segundo o IBGE (2010) possui aproximadamente 594 km² de área e uma população de aproximadamente 385.213 habitantes.

Geoprocessamento

O SIG utilizado pertence à família ESRI (Environmental Systems Research) caracterizada pelo software ArcGIS na sua versão 10.2.4, disponível gratuitamente em versão teste por período limitado. Com essa geotecnologia utilizou-se informações sobre números populacionais e número de domicílios atendidos pela rede geral através dos setores censitários do IBGE (2010), para a elaboração de mapas temáticos e planilhas.

Para o melhor entendimento dos procedimentos realizados para obtenção dos resultados desse trabalho, foi elaborado um diagrama esquemático apresentado nas Figuras 2 e 3.

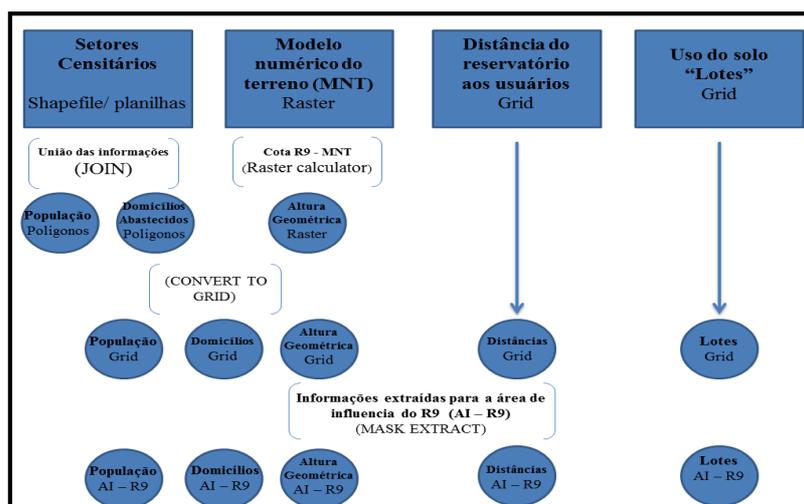


Figura 2: Modelo esquemático dos procedimentos executados para a modelagem espacial de áreas com risco ao desabastecimento na AI – R9.

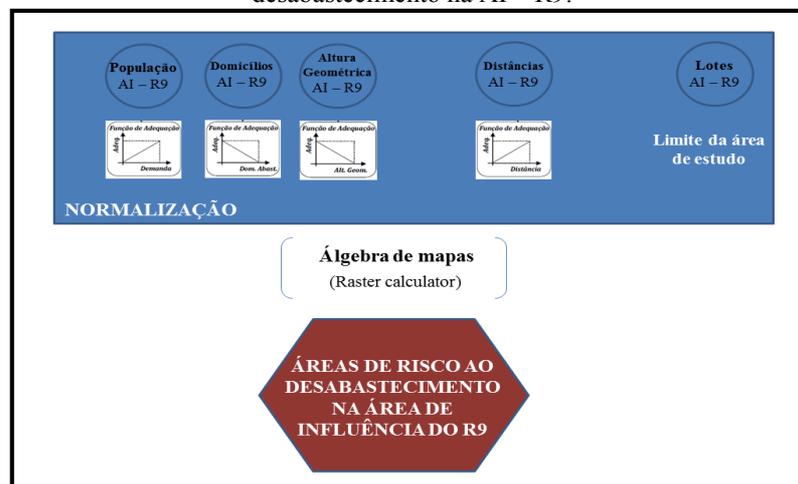


Figura 3: Modelo esquemático dos procedimentos executados para a modelagem espacial de áreas com risco ao desabastecimento na AI – R9. (Continuação)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o planejamento adequado de sistema de abastecimento de água ou até mesmo para sua expansão, encontrou-se na modelagem uma ótima técnica de auxílio. Uma revisão bibliográfica aliada à utilização de geotecnologias propiciam a otimização dos projetos e do sistema como um todo. Obtidas as informações a respeito da área de estudo e determinando os critérios considerados relevantes dentro das limitações de acesso a informação, foi possível a determinação das regiões mais propícia ao desabastecimento na área de estudo, bem como apresentar a importância dessas ferramentas para auxílio na gestão e planejamentos dos sistemas de abastecimento.

A partir das informações geradas, objetivando-se o levantamento de áreas de risco ao desabastecimento foi necessária a normalização dos mapas obtidos. Essa normalização converte a unidade das informações geradas (mapas temáticos) tornando possível a combinação dessas variáveis para se produzir um resultado. Como variável de adequação considerou-se uma unidade com variação de 0 a 10, quantificando os critérios de ponderação para o risco ao desabastecimento. A adequação foi classificada em faixas para caracterizar a hipótese formulada: baixo, médio e alto. Para essa normalização utilizou-se funções, obtidas com a comparação entre os valores máximos e mínimos de cada variável e a variação de 0 a 10 da variável de adequação.

Para a variável altura geométrica, considerou-se que quanto menor seu valor em determinada região maior seria o risco ao desabastecimento. Dessa forma, a Figura 4 apresenta a função de normalização utilizada e a Figura 5 apresenta o mapa temático normalizado.

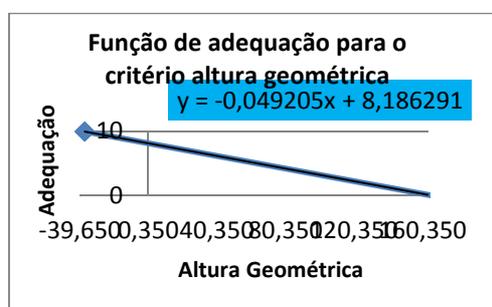


Figura 4: Funções de normalização linearmente decrescente do critério altura geométrica para a unidade de reservação analisada.

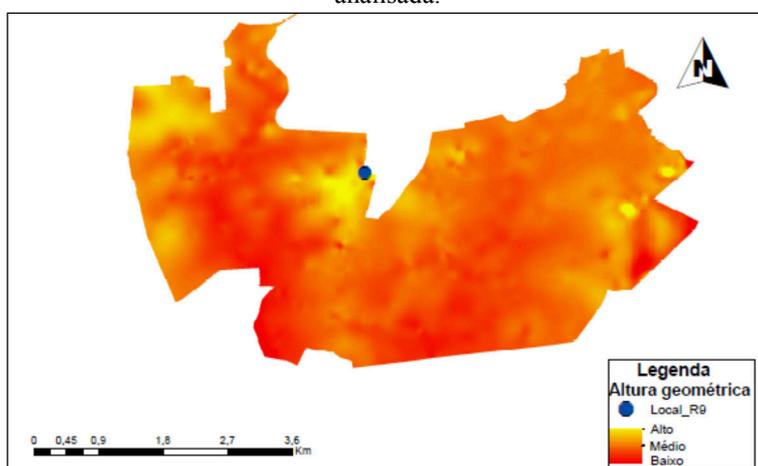


Figura 5: Altura geométrica para AI - R9, normalizada para o intervalo de 0 a 10.

Para a variável demanda, com variável população consumidora, considerou-se que quanto maior seu valor em determinada região maior seria o risco ao desabastecimento. Dessa forma, a Figura 6 apresenta a função de normalização utilizada e a Figura 7 apresenta o mapa temático normalizado.

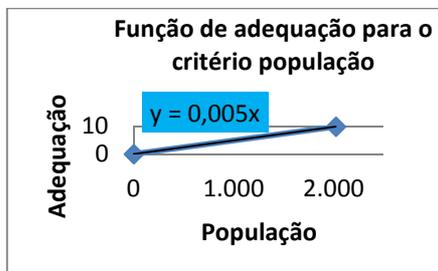


Figura 6: Funções de normalização linearmente crescente do critério população para a unidade de reservação analisada.

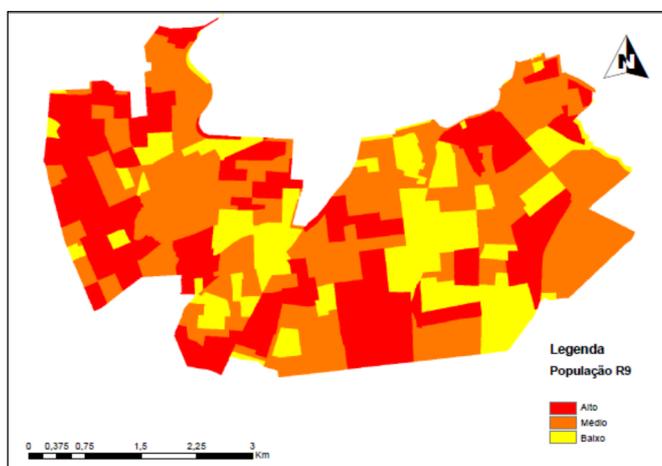


Figura 7: Demanda para AI - R9, normalizados para o intervalo de 0 a 10.

Para a variável distância, na relação entre usuários e reservatório, considerou-se que quanto maior seu valor em determinada região maior seria o risco ao desabastecimento. Dessa forma, a Figura 8 apresenta a função de normalização utilizada e a Figura 9 apresenta o mapa temático normalizado.

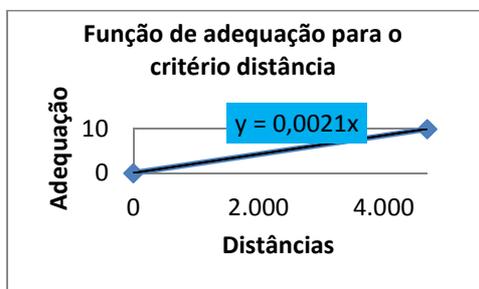


Figura 8: Funções de normalização linearmente crescente do critério distância para a unidade de reservação analisada.

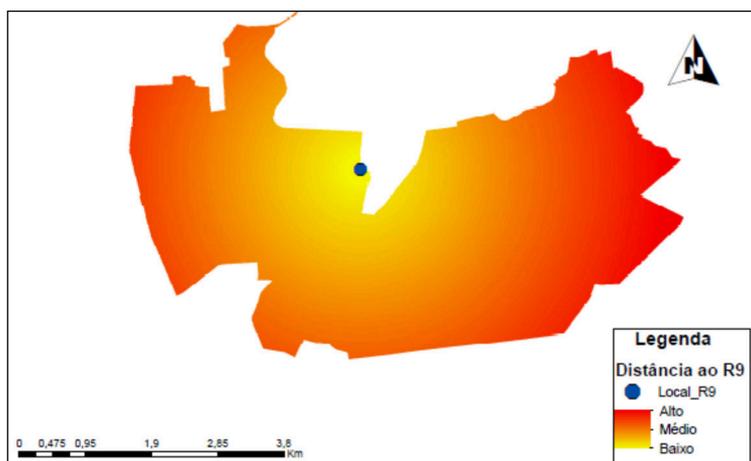


Figura 9: Distância dos usuários ao reservatório para AI - R9, normalizados para o intervalo de 0 a 10

Para a variável domicílios abastecidos pela rede geral, considerou-se que quanto menor seu valor em determinada região maior seria o risco ao desabastecimento. Dessa forma, a Figura 10 apresenta a função de normalização utilizada e a Figura 11 apresenta o mapa temático normalizado.

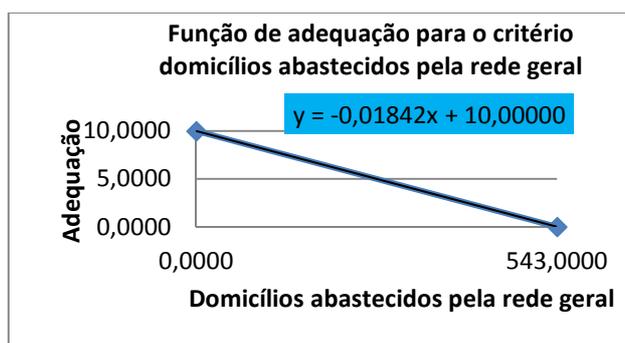


Figura 10: Funções de normalização linearmente decrescentes do critério domicílios abastecidas pela rede geral para a unidade de reservação analisada.

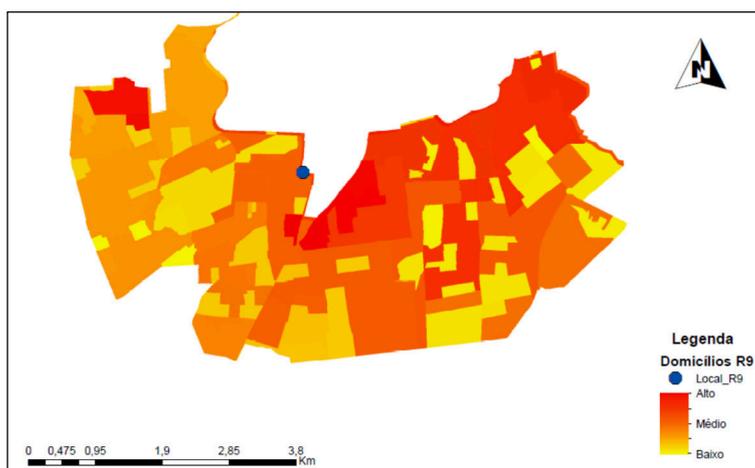


Figura 11: Domicílios abastecidos pela rede geral para AI - R9, normalizados para o intervalo de 0 a 10

Com as informações normalizadas, realizou-se uma análise multicriterial através da ponderação desses critérios. Por diversas razões optou-se por restringir a análise apenas para as áreas urbanas ocupadas (lotes) e apresentadas na Figura 12. A ponderação realizada, está representada

algebricamente através da Equação 1 e foi elaborada baseada em consultas a especialistas e a revisão de literatura.

$$[((0,4 \cdot \text{Altura geométrica}) + (0,3 \cdot \text{Distâncias}) + (0,2 \cdot \text{População}) + (0,1 \cdot \text{Domicílios})) \cdot \text{lotes}] \quad (1)$$

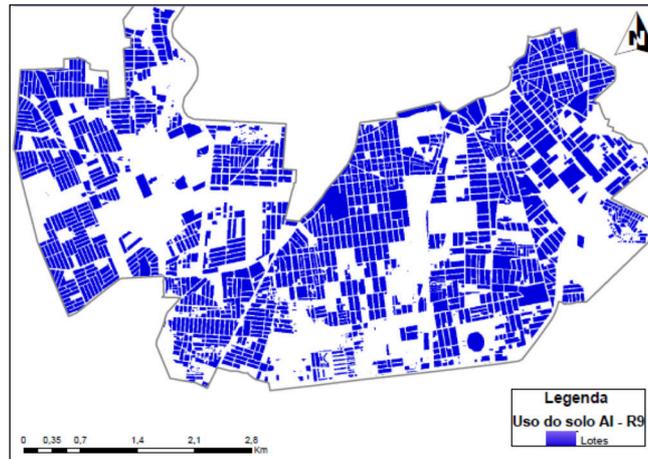


Figura 12: Uso do solo da cidade de Campina Grande (adaptado de CORDÃO, 2009)

Com os dados normalizados, os limites de aplicação do estudo definido e o apoio de geotecnologia para a realização de álgebras de mapa, foi possível identificar os lotes urbanos que ocupam regiões propícias ao desabastecimento de água. O resultado é apresentado em baixo, médio e alto risco ao desabastecimento. A figura 13 representa o resultado obtido.

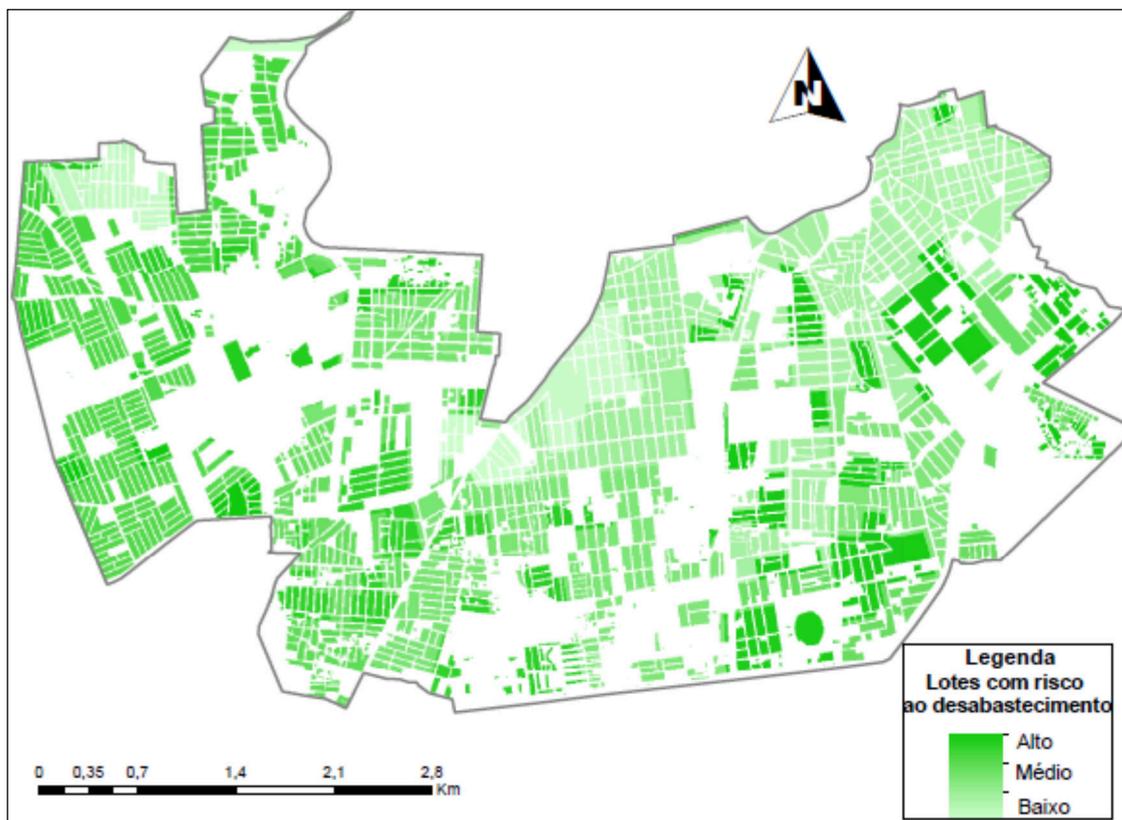


Figura 22: Riscos ao desabastecimento de água segundo análise multicriterial para a AI - R9.

CONCLUSÕES

A crise do setor hídrico e os problemas de gestão dos SAA no território nacional, evidenciou a problemática da escassez de água. Aliado a esse problema tem-se o crescimento da zona urbana e o aumento progressivo da demanda por água. Com todos os aspectos apresentados, os SAA tende cada vez mais à susceptibilidade, sendo necessárias medidas eficazes para auxiliar no seu adequado planejamento.

Diante do estudo apresentado, foi possível observar a eficiência do geoprocessamento como sistema de apoio à decisão espacial, principalmente na gestão e planejamento de um SUDA. O Sistema de Informações Geográficas ofereceram uma série de vantagens frente à gestão habitual dos serviços de distribuição de água propiciando a otimização da análise do sistema e do planejamento. No levantamento de possíveis áreas com risco ao desabastecimento, mesmo com a ausência de quantidade de informações adequadas, foi possível estimar áreas propícias ao desabastecimento que provavelmente necessitaram de futuras unidades de reservação, ou intervenções para melhoria no atendimento a demanda. Esses mapas constituem importante instrumento para um adequado planejamento de futuras expansões do sistema urbano de distribuição de água (SUDA) de Campina Grande.

Ressalta-se, entretanto o caráter introdutório deste trabalho em um contexto de utilização desta metodologia no estabelecimento de “indicadores” de risco a desabastecimento. Na ausência de estudos mais detalhados, estes indicadores já se apresentam como um grande avanço para os projetos de SUDA por permitirem a tomada de decisões baseada em critérios estabelecidos. Espera-se, portanto, que a visualização espacial das informações da forma como apresentada neste trabalho, já represente por si só, uma grande contribuição para o setor e possa ser utilizada enquanto metodologia de projeto em qualquer área urbana em que se tenham dados semelhantes disponíveis para análise.

BIBLIOGRAFIA

CORDÃO, Maria J. S. Modelagem e otimização da disposição espacial de unidades de reservação em redes de distribuição de água utilizando geotecnologias. 2009. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

IBGE (2010). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Setores censitários de 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br>

SILVA, C. B. “Iniciando ArcGIS”. Uni-BH, Belo Horizonte, 62 f. 2010.

SOUZA, Luis C. Alves. Análise de Risco Aplicada a Sistemas Urbanos de Abastecimento de Água com Suporte na Teoria das Opções Reais. 2013. 152 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, arquitetura e urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

VENTURINI, Maria Alice A. Gouveia Metodologia de análise e decisão multicriterial para a reabilitação de sistemas de abastecimento de água. 2003. 260 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, arquitetura e urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.