GEOPROCESSAMENTO E LOCALIZAÇÃO ÓTIMA DE EQUIPAMENTOS URBANOS: MODELAGEM CONCEITUAL DE UM PROBLEMA EM CAMPINA GRANDE-PB

MARIA JOSÉ DE SOUSA CORDÃO
IANA ALEXANDRA ALVES RUFINO

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Campina Grande - PB
merycordao@yahoo.com.br; iana_alex@uol.com.br

RESUMO: A Localização Ótima (LO) é uma técnica que indica a solução mais viável considerando diversos objetivos, tais como: a minimização de custos, a maximização do desempenho, a maximização de atendimento à demanda, entre outros. No presente estudo são utilizados princípios de LO, aliados aos recursos de apoio à decisão de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), para realizar um diagnóstico da situação atual das unidades de reservação de um Sistema de Abastecimento de Água (SAA) na cidade de Campina Grande, PB. Um modelo conceitual é formulado com o propósito de simplificar o problema real apresentado, além de auxiliar na organização dos dados envolvidos.

ABSTRACT: Optimal Location (OL) is a technique that indicates the best solution considering multiple objectives, such as: minimum costs, maximum performance, maximum attendance to the demand, and others. In the present work, Optimal Location principles are used, allies to the decision making resources of Geographical Information Systems (GIS), doing a diagnosis about the current situation of the reservation units of a Water Supply System in Campina Grande, PB. A theoric modelling is developed to simplify the real problem presented and it helps in the all data management.

1 INTRODUÇÃO

Com a dinâmica de crescimento dos centros urbanos, os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) têm se tornado infra-estruturas complexas que exigem soluções eficazes para seu planejamento adequado. Em virtude dessa complexidade, que se apresenta em diversos níveis de informação, observa-se uma grande demanda por ferramentas informatizadas de suporte à decisão.

Neste sentido, a *localização ótima* de equipamentos urbanos sobre o território é uma técnica de grande relevância, tendo em vista a possibilidade de aprimorar o bem-estar social (Sendra & Jiménez, 2007b), motivo pelo qual tem sido objeto de muitas discussões (Current & Ratick, 1995; DeVerteuil, 2000; Curtin & Church, 2006; Sendra & Jiménes, 2007a; Sendra & Jiménes, 2007b; Sendra *et al.*, 2007).

DeVerteuil (2000) afirma que as inovações tecnológicas presentes nos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm potencial para sustentar a teoria da localização de equipamentos urbanos ao longo de duas linhas distintas: como domínio técnico para modelos quantitativos tradicionais, com efeito particular na integração, no gerenciamento e na visualização de diversos dados e como ferramenta analítica potencial para modelos pré-estabelecidos.

Com base nos princípios e técnicas de localização ótima de equipamentos urbanos e, considerando os SIG o ambiente computacional para implementação destes, este estudo propõe elaborar um diagnóstico da localização atual das unidades de reservação (reservatórios de distribuição) do SAA da cidade de Campina Grande (PB).

Neste sentido, é organizado o modelo conceitual de informações para sistematizar a representação de fenômenos reais e possibilitar, independente da plataforma computacional a identificação de alternativas (soluções) para o problema estudado, além de permitir uma visão inicial das relações espaciais (ou não) entre os objetos modelados.

2 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Conceitua-se Localização Ótima (LO) como uma técnica que deve proporcionar a eficiência de elementos que compõem o espaço geográfico, considerando critérios apropriados, com o propósito de aperfeiçoar atividades relevantes. Sendra & Jiménes (2007a) argumentam que duas circunstâncias, as quais possuem íntima relação entre si, são razões base para esta prática: a qualidade de vida da população que reside no território e a organização equilibrada e coerente do espaço geográfico.

O estudo sobre localização ótima das unidades de reservação de um SAA deve contribuir para o

desenvolvimento de melhores projetos, minimizando custos e favorecendo a manutenção e operação deste tipo de infra-estrutura. Na *teoria da localização* é possível enumerar três princípios básicos de localização de equipamentos urbanos (Sendra e Jimenéz, 2007b), os quais podem ser avaliados neste estudo.

- *Eficiência espacial:* trata-se de buscar soluções de localização que resultem em um custo mínimo, considerando o critério econômico ou qualquer outro critério. Neste caso, um elemento essencial é a minimização de deslocamentos;
- *Justiça espacial:* trata-se de soluções que resultem em instalações igualmente compartilhadas no espaço geográfico a fim de oferecer igual acesso a toda a demanda;
- *Justiça ambiental:* trata-se da obrigação, inclusive legal, de que certas instalações que produzem danos potenciais não se encontrem situadas de maneira concentrada em lugares onde residem grupos étnicos e sociais com menos possibilidades de pressão social e econômica.

O estudo da localização de unidades de reservação de um SAA deve alcançar soluções ótimas de forma a viabilizar determinados elementos que a eles se associam, tais como: *custos, infra-estruturas, operação, manutenção, desempenho, demanda, entre outros*.

Neste contexto, muitos estudos atentam para as falhas no processo de planejamento dos SAA e sugerem novas propostas e técnicas hidráulicas para enfrentar e ultrapassar esses problemas (Bau, 2000; Britto & Oriá, 2000; Buzeti *et al.*, 2000; Righetto, 2002; Simão & Rodrigues, 2003; Lopes *et al.,* 2004; Carrijo & Reis, 2005).

Observa-se que os critérios de escolha mais comuns para a localização destas unidades são aqueles básicos apontados pelas normas de projeto, tais como: desenho da rede, pressões, topografia, etc. Simão & Rodrigues (2003) ressaltam que há carências de soluções mais eficientes que possam trazer avanços na qualidade do serviço a menores custos.

Gameiro *et al.* (2005) esclarece que tradicionalmente o dimensionamento de SAA baseia-se na experiência do projetista, porém, na medida em que os núcleos urbanos foram crescendo e os SAA ficando mais complexos, o problema passou a envolver um grande número de variáveis de decisão (por exemplo: *alternativas de traçado*, *localização de singularidades*, como válvulas e bombas), tornando estes procedimentos insuficientes para garantir que a solução resultante seja efetivamente a mais viável.

3 ESTUDO DE CASO: CAMPINA GRANDE – PB

A cidade de Campina Grande é considerada uma das maiores e mais importantes do interior do Nordeste. Localiza-se no Agreste da Borborema (Figura 1), a 120 km de João Pessoa, capital do Estado da Paraíba. Possui um relevo forte e ondulado com curvas de nível variando entre 325m e 670m acima do nível médio do mar.

Campina Grande foi escolhida como área de estudo por aspectos tais como: considerável crescimento urbano, relevo acidentado, falhas no abastecimento em alguns pontos da cidade, diferenças relevantes de pressões entre pontos próximos, e ainda, a não utilização por parte dos especialistas da concessionária de água e esgoto de técnicas avançadas de localização ótima de equipamentos.

Nas práticas atuais utilizadas para projetar as unidades de reservação do SAA da cidade, segundo informações fornecidas pela CAGEPA - Companhia de Água e Esgoto da Paraíba, verifica-se que os critérios de localização utilizados não se baseiam em estudos técnicos rigorosos, resumindo-se, na maioria dos casos, em recomendações básicas de projeto, tais como: pressão, topografia, desenho da rede atual, desapropriação do terreno, entre outros.

Atenta-se também para o fato de que o horizonte de projeto da última ampliação do sistema atual era para o ano de 2005, motivo que indica uma necessidade urgente de avaliações e possíveis modificações do SAA como um todo.

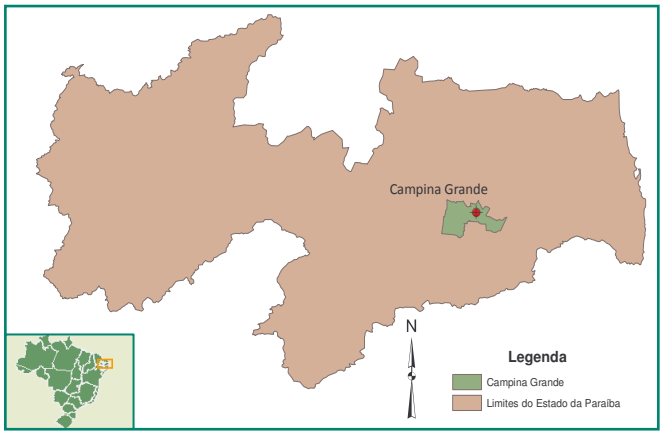

Figura 1 – Localização geográfica do município de Campina Grande (PB).

4 METODOLOGIA

4.1 Aquisição de dados

Após definidos os tipos de dados e as instituições que poderiam disponibilizá-los, obteve-se, junto à prefeitura, informações sobre altitudes e uso do solo.

Com relação aos SAA da cidade, foram adquiridas informações sobre características da rede, em especial aos aspectos relacionados à localização de unidades de reservação. Informações, tais como: a localização atual destas unidades, pontos com falhas no atendimento à demanda, diferenças consideráveis de pressão entre pontos de demandas próximos, necessidade de planejamento, diminuição de perdas, entre outros foram relatadas por especialistas da companhia.

Obteve-se também um produto impresso na escala 1/15.000. Nesta escala só é possível identificar 18 dos 29 reservatórios que compõem o SAA, as quais foram lançados na base digital desta pesquisa. Ressalta-se que

outros dados apropriados para a continuação do estudo estão sendo obtidos junto à CAGEPA.

4.2. Processamento de dados

O solo urbano é muito dinâmico e por este motivo alguns dados obtidos devem ser atualizados em campo ou assumidos como uma realidade referente a uma certa época como é o caso do mapa de uso do solo.

Neste trabalho específico o mapa de uso do solo é apenas um dado fonte para a obtenção da localização da demanda potencial (usuários) de cada reservatório. A identificação destes também é fruto de conversas com os técnicos da CAGEPA, pois muitas vezes, este dado não está devidamente mapeado. O resultado desta identificação dos usuários potenciais de cada reservatório, ou seja, a respectiva área de influência de cada um deles pode ser observada na Figura 2.

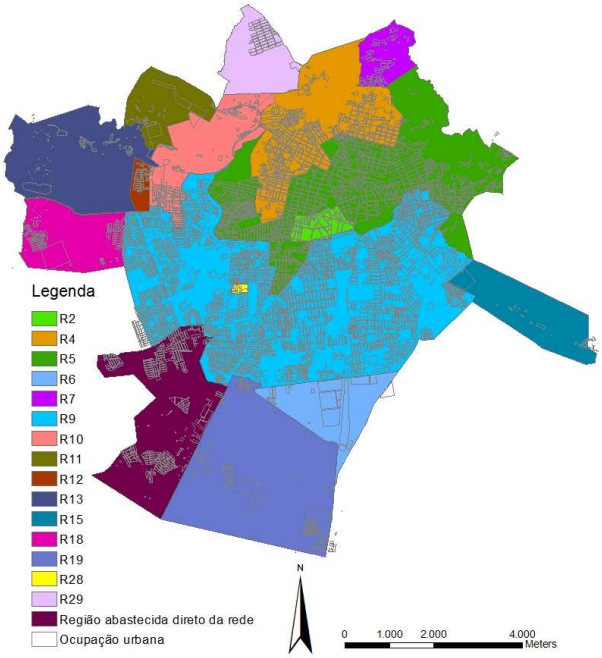

Figura 2 – Mapa de identificação dos potenciais usuários de cada reservatório.

Com o propósito de melhor gerenciar os SAA, e devido às grandes extensões e ramificações das redes de distribuição somada às diferenças de altimetria da cidade, que podem resultar em elevadas variações de pressões, torna-se necessário setorizar o sistema, possibilitando também identificar com maior eficiência os pontos da rede sujeitos a perdas e aqueles pontos que podem apresentar pressões baixas as quais inabilita o adequado atendimento aos usuários.

Neste sentido o SAA de água da cidade de Campina Grande está setorizado em quatro Zonas de Pressão (Figura 3), brevemente relatadas na seqüência.

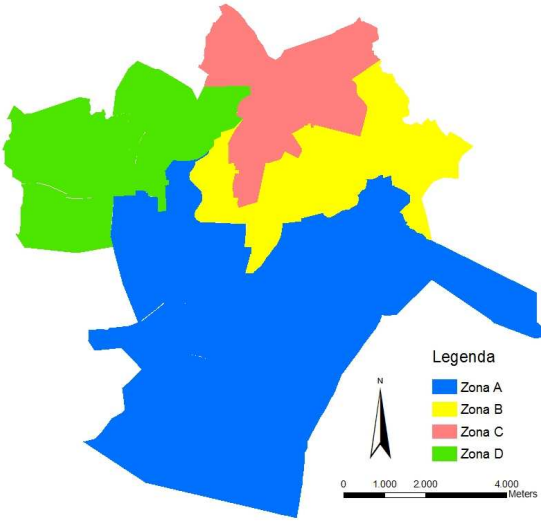

Figura 3: Setorização das zonas de pressão do abastecimento de água em Campina Grande

- *Zona A:* situa-se na região mais baixa da cidade. O principal reservatório de toda a rede, o R9, faz parte desta zona. Neste caso, a distribuição é feita por gravidade;
- *Zona B:* apresenta-se como uma zona intermediária em termos de pressão. É abastecida pelo reservatório R5 e possui uma estação elevatória (EEA8) com potência instalada de 500CV.
- *Zona C:* caracteriza-se por apresentar pressões maiores que a zona B e é abastecida pelo R4. São utilizados os sistemas por gravidade e por bombeamento;
- *Zona D:* apresenta as maiores pressões da rede. Situa-se na região mais alta da cidade. Tem como principal reservatório o R10. Os usuários são abastecidos também por gravidade.

Quando se trata de Sistemas de Abastecimento de Água em uma cidade como Campina Grande, com um relevo fortemente ondulado, (a cidade localiza-se sobre o Planalto da Borborema), o conhecimento da altimetria da área é de fundamental importância. A localização ótima de um reservatório de água depende diretamente da altimetria, pois locais distintos com altitudes diferenciadas podem gerar pressões na rede completamente diferentes com custos também diferenciados de implantação, operação e manutenção.

Para a obtenção do Modelo Numérico do Terreno (MNT), foi gerada uma grade irregular triangular (TIN do inglês: Triangular Irregular Network). Na modelagem da superfície por meio de grade irregular triangular, cada polígono que forma uma face do poliedro é um triângulo. Os vértices do triângulo são geralmente os pontos amostrados da superfície. Este tipo de modelagem permite que informações morfológicas importantes, como as descontinuidades representadas por feições lineares de relevo (cristas) e drenagem (vales), sejam consideradas, possibilitando, assim, modelar a superfície do terreno preservando as feições geomórficas.

Segundo Sendra (1997) um MNT permite descrever uma série de parâmetros que caracterizam uma superfície tridimensional. Em geral, essas funções proporcionam uma potente capacidade de caracterizar um conjunto de fenômenos de grande interesse prático.

Na área de estudo o MNT foi gerado a partir de uma amostra de pontos cotados da superfície de um mapa em formato compatível com programas de desenho por computador (CAD do inglês: Computer Aided Design). Foi utilizada uma rotina em linguagem LISP (linguagem interna do programa AutoCAD®) para associar os valores de elevação a cada objeto pontual (Figura 3).

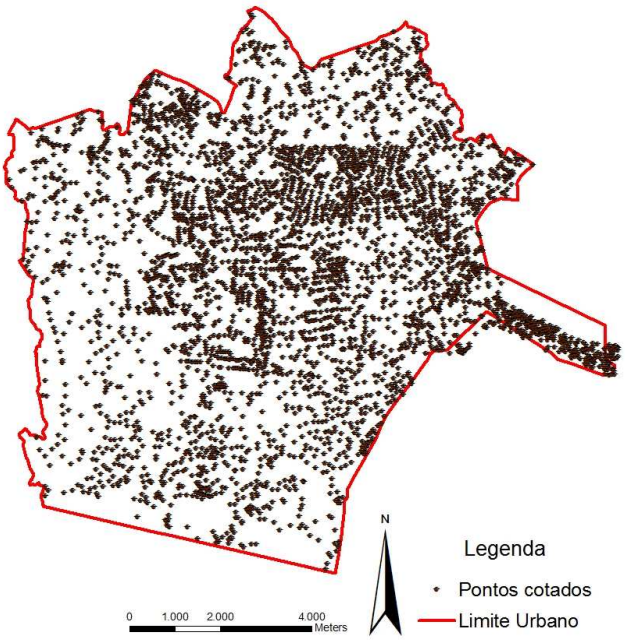

Figura 3 – Mapa de pontos cotados com associação de valores de elevação, à esquerda.

Com os dados de elevação associados, o mapa dos pontos cotados foi convertido para um formato compatível com o SIG utilizado (ArcGIS®) e utilizando a extensão 3D Analyst®, foi gerado o TIN para toda área urbana de Campina Grande (Figura 4).

O ArcGIS no seu pacote básico é considerado um "SIG vetorial" e apresenta um excelente desempenho quando do tratamento de informações em formato vetorial.

O Spatial Analyst® é a extensão do ArcGIS que o habilita como "SIG raster" e disponibiliza as funções específicas para tratamento de planos de informações em formato raster (grades regulares). O 3D Analyst® é a extensão do ArcGIS que realiza análises espaciais tridimensionais e geração de grades irregulares (TIN).

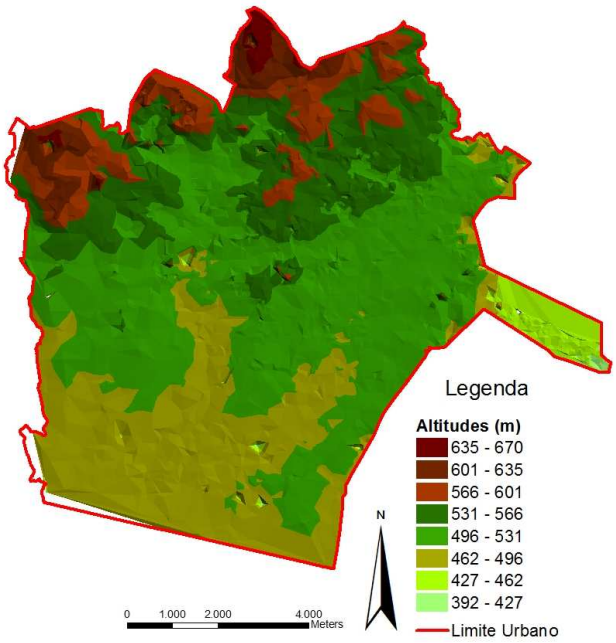

Figura 4 – Grade Irregular (TIN) de altimetria da cidade de Campina Grande, PB, à direita.

Em seguida, esta grade irregular foi transformada em uma grade *regular* (GRID) (Figura 5) para que fosse possível sua utilização através de álgebra de mapas (operações realizadas célula a célula).

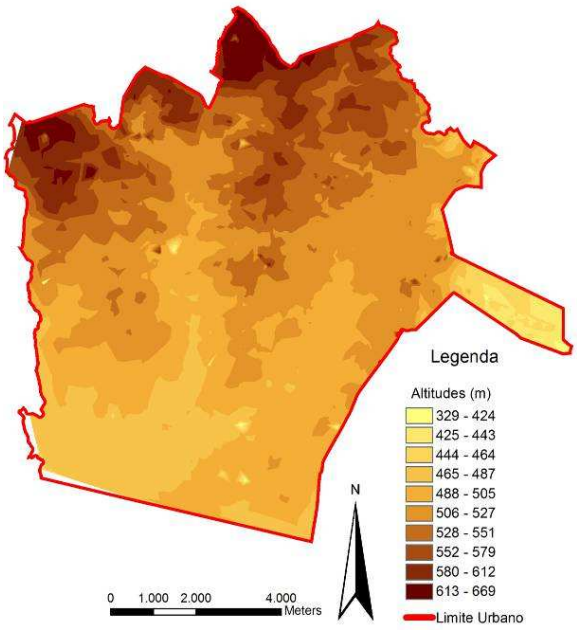

Figura 5 – Grande regular de altimetria da cidade de Campina Grande, PB.

Para a obtenção desta grade regular, após alguns testes, optou-se por uma resolução de 5 x 5 metros de tamanho e, portanto, as informações posteriores como declividades (Figura 6), distâncias, etc. a elas associadas também devem apresentar a mesma resolução espacial.

® Autocad é marca registrada da Autodesk; ArcGIS, Spatial Analyst e 3D Analyst são marcas registradas da ESRI.

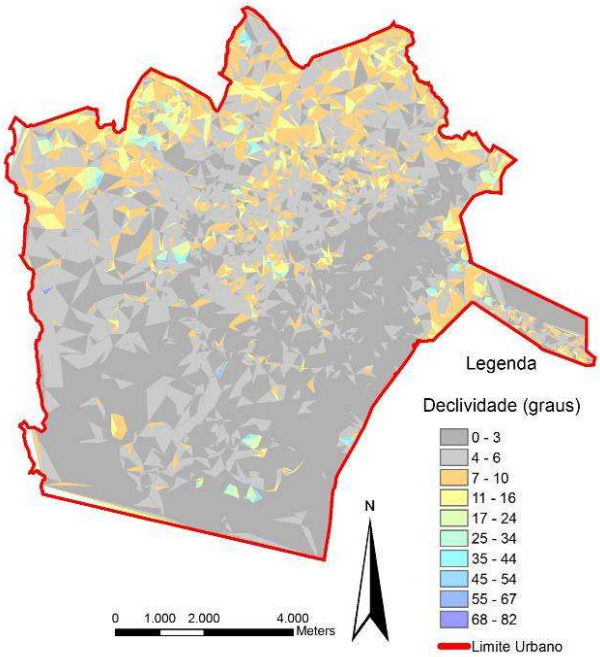

Figura 6 – Mapa de declividade da cidade de Campina Grande, PB.

4.3 Eleição de critérios

A gestão de um Sistema de Abastecimento de Água (SAA) demanda decisões que envolvem uma *variedade* de critérios que podem ser representados como planos de informações espaciais (proximidade às unidades de reservação, distâncias a áreas residenciais, industriais, diferença de altitude entre reservatório e usuário, etc.).

Esta grande quantidade de critérios requer um tipo de consulta ao banco de dados em um SIG que será baseada em mais de um atributo. Este tipo de análise pode ser denominado de Avaliação Multicritério ou em Inglês MCE (Multi-Criteria Evaluation) ou ainda MCDM (Multi Criteria Decision Making) e pode ser entendida como um conjunto de métodos que permitem o tratamento simultâneo de aspectos econômicos, sociais, políticos, ambientais, entre outros, em um processo de tomada de decisão (Braga & Gobetti, 1997).

Qualquer processo de tomada de decisão começa com o reconhecimento e conseqüente definição de um problema. A potencialidade do SIG de armazenar, gerenciar, manipular e analisar dados espaciais oferece um suporte mais eficiente neste estágio da análise multicritério.

No caso deste trabalho o problema é estabelecer um diagnóstico da localização atual das unidades de reservação de água do SAA de Campina Grande considerando alguns critérios de avaliação.

Uma vez identificado o problema, a análise deve se concentrar no conjunto de critérios a serem avaliados. A bibliografia existente faz uso de terminologias diferenciadas para denominar os critérios utilizados na avaliação. Os *critérios* podem ser definidos como atributos mensuráveis das alternativas a serem consideradas, que podem ser combinados e avaliados na forma de uma regra de decisão (Eastman, 1999). Baseando em consultas bibliográficas e em conversas com técnicos da CAGEPA alguns critérios têm sido selecionados neste estudo, tais como:

Critério 1: *Declividades* - A variação da pressão no sistema de distribuição pode ser analisada em função da variação da declividade. Assim, a partir das declividades podem ser identificadas, por exemplo, pressões máximas e mínimas no Sistema.

Critério 2: *Distâncias* - O critério distância deve ser avaliado neste estudo, em virtude de sua notável influência entre oferta e demanda em relação ao uso dos equipamentos urbanos. Em relação às unidades de reservação que constituem os SAA, este fato pode ser exemplificado assim: o usuário mais próximo do reservatório de distribuição receberá maiores pressões, o que favorece suas atividades, enquanto que usuários mais distantes podem receber pressões baixas a ponto de diminuir o desempenho de suas atividades. As distancias também se relacionam com custos e com a quantidade de instalações. As distâncias máximas ou mínimas admitidas podem ser determinadas em função da pressão requerida pelo sistema.

Critério 3: *Distribuição espacial da demanda* - Este critério objetiva verificar o acesso aos usuários ao serviço prestado pelo SAA. Pode-se verificar, portanto, se a distribuição atual das unidades de reservação atende a disposição espacial da demanda. Dentre outras, análises em relação ao acesso dos usuários serão realizadas utilizando este critério.

Critério 4: *Quantidade de equipamentos* - Em certos modelos de localização ótima considera-se que a quantidade de equipamentos pode favorecer a diminuição de custos com relação às distâncias. Por exemplo, quando existe uma maior quantidade de unidades de reservação os custos com bombeamento para pontos distantes podem diminuir. No entanto, deve-se averiguar o que seria mais viável, do ponto de vista econômico: arcar com custos da implantação de novas instalações ou arcar com os custos de bombeamento, por exemplo, mantendo as instalações atuais.

4.4 Modelagem conceitual de informações

Os modelos conceituais de informações buscam sistematizar a representação de fenômenos do mundo real e possibilitar ao usuário de um sistema informatizado elencar o conjunto de conceitos formais com os quais as entidades geográficas podem ser modeladas da forma como são percebidas, ou seja, em um alto nível de abstração. Esta abstração serve para que sejam representadas todas as entidades e os relacionamentos

envolvidos no sistema em estudo. A modelagem conceitual deverá ser descrita em linguagem de alto nível e ficará independente do programa computacional utilizado.

Neste sentido, em uma pesquisa que envolve várias camadas de informação e um alto volume de dados, o Modelo Conceitual deve descrever nitidamente as informações utilizadas, simplificar o problema real apresentado, além de auxiliar na organização dos dados envolvidos.

Em Sistemas de Informação Geográfica, toda informação é gerada a partir da modelagem conceitual dos dados. Um modelo pode simplificar sistemas complexos e facilitar seu entendimento. A modelagem conceitual dos dados em um SIG auxilia na tomada de decisão, pois funciona como um "filtro" que ajuda a extrair a informação relevante a partir de um grande e complexo volume de dados (Burrough *et al*., 1996). Estes modelos podem ser desenvolvidos baseados no conhecimento de especialistas, ou em análises quantitativas (padrões pré-estabelecidos pela literatura ou por medições), ou ainda uma combinação de ambos (Green, 1999).

O modelo conceitual, a seguir, foi elaborado a partir das seguintes atividades: pesquisa bibliográfica, levantamento de dados, visitas de campo e diálogos com especialistas. Elencaram-se elementos gerais os quais são considerados imprescindíveis para o planejamento dos SAA, de acordo com a literatura técnica consultada. São eles: *Controle de pressões, atendimento à demanda, Otimização do processo de bombeamento, Tipo de regulação do abastecimento, Disposição espacial da rede de abastecimento*. Com isso, pretende-se analisar e verificar a influência desses elementos na localização destas unidades.

<u>Proposta: Estabelecer um diagnóstico considerando análises de elementos que influenciam na localização atual dos reservatórios.</u>

1.a.*Controle de pressões:* Identificar as pressões existentes nas áreas de influência de cada unidade de reservação baseado em informações tais como: altimetria (declividades entre as unidades e os usuários) e cotas das unidades (níveis de água máximos e mínimos).

- Identificar setores com altas pressões: até 30 mca, 50 mca e maiores que 50 mca. Objetivo: verificação de pontos críticos com relação às perdas por vazamentos;
- Identificar setores com pressões inferiores a 10 mca. Objetivo: verificar usuários atingidos por baixas pressões;
- Mapear setores com maior freqüência de vazamentos e setores com maior freqüência de falhas no abastecimento. Objetivo: analisar as informações de forma espacializadas.

1.b.*Atendimento à demanda:* avaliar as unidades de reservação que atendem a mais de um tipo de usuário ou a um usuário específico (industrial, comercial, residencial) considerando as áreas de influência das unidades e as distâncias destas (proximidade) da demanda e os consumos dos usuários.

- Identificar as distâncias dos usuários às unidades de reservação. Objetivo: verificar se a localização das unidades é influenciada pelo tipo de usuário e se a localização atual e a capacidade das unidades consideram o consumo e o tipo de usuários inseridos na sua área de influência. Por exemplo, usuários industriais possuem maior consumo do que usuários residenciais. Existem reservatórios que abastecem apenas um tipo de usuário? As distâncias favorecem os usuários industriais em detrimento dos residenciais?
- Considerando os princípios da localização ótima (eficiência e justiça espacial) analisar se estes princípios são válidos para as unidades de reservação do SAA já que estes são equipamentos sociais e coletivos. Objetivo: verificar se as unidades atendem a todos os usuários igualmente e de forma adequada.
- Sabendo da existência de comunidades que não são atendidas pelo sistema, seria necessário projetar novos reservatórios ou realizar novas adução da rede existente. Objetivo: verificar se novas ligações ocasionadas pelo aumento populacional deixariam de atender adequadamente aos usuários já que as unidades foram projetadas para atenderem uma determinada demanda. portanto, novos reservatórios deveriam ser projetados.
- Considerando o consumo diário dos usuários inseridos na área de influência de cada reservatório, verificar se sua capacidade é pelo menos a soma destes consumos (dada a dinâmica de crescimento urbano há mudanças no comportamento do consumo dos usuários o que pode implicar em aumento de consumo). Objetivo verificar se o volume armazenado nas unidades atende aos usuários de forma adequada.
- O poder aquisitivo da sociedade influencia na localização dos reservatórios. Observa-se que existem reservatórios localizados em áreas de população de maior poder aquisitivo (menos populosa) e populações com menor poder aquisitivo não gozam deste privilégio estando distantes de reservatórios. Verificar se não seria o caso de projetar novos reservatórios em locais menos privilegiados.

1.c.*Otimização do processo de bombeamento:* Verificar se as unidades de reservação estão localizadas em pontos estratégicos considerando a altimetria da área de estudo com propósito de aproveitar a gravidade como elemento que contribui para uma maior garantia no abastecimento e de aperfeiçoar o processo de bombeamento.

- Identificar a coincidência dos pontos onde se localizam as unidades com os pontos de maior altimetria. Objetivo: verificar se a altimetria é um critério utilizado na localização das unidades, pois sabe-se que um SAA que funciona por gravidade se caracteriza por possuir uma maior garantia no abastecimento.
- Identificar se os pontos de maior altimetria estão próximos dos usuários. Objetivo: analisar se é viável

localizar as unidades em pontos altos mesmo com distâncias consideráveis aos usuários.

• Analisar qual tipo de unidade de reservação é mais adequado (enterrado, semi enterrado, apoiado ou elevado) considerando as informações de altimetria existente. Por exemplo, em um terreno com cotas altimétricas baixas é mais sensato projetar uma unidade do tipo elevado, apesar dos custos envolvidos serem maiores. Objetivo: verificar a viabilidade (técnica e econômica) do tipo de unidade considerando a altimetria.

1.d.*Tipo de regulação do abastecimento:* Analisar a possibilidade de regulação do abastecimento mediante reservatórios frente à regulação mediante o uso de sistemas de bombeamento;

• Executar análises de custos para avaliação de soluções mais viáveis considerando a regulação do abastecimento mediante construção de novos reservatórios ou utilizando sistemas de bombeamento. Objetivo: verificar a viabilidade econômica considerando as opções de regulação do abastecimento.

1.e. Analisar se a localização das unidades de reservação depende da disposição espacial da rede

• É melhor localizar um novo reservatório em locais onde já existem anéis de distribuição para aproveitar a rede existente, neste sentido identificar como seria possível localizar novos reservatórios considerando a rede existente.

• Identificar os reservatórios desativados e analisar os usuários antes abastecidos por ele. Identificar se quando foram desativados foi necessário (ou não) criar um novo sistema de distribuição para o reservatório mais próximo. Qual a capacidade do reservatório mais próximo em abastecer outras demandas, já que outro não foi projetado.

4.5 Modelagem Espacial

Para o desenvolvimento do modelo, são criados fluxogramas ou diagramas esquemáticos que representam de forma clara os planos de informação e as operações a serem realizadas entre eles na implementação. A modelagem, neste sentido, pode ser considerada uma simulação da implementação no SIG, com todas as operações que deverão ser efetuadas, bem como com a representação dos planos de informação que correspondam aos resultados esperados. Alguns autores se referem a esta representação gráfica como "modelo cartográfico" (Sendra, 1997; Sendra *et al*, 1994), pois geralmente se caracteriza por um fluxograma ou um esquema gráfico que representa planos de informação, que por assim dizer, são mapas em algum formato específico. Na modelagem espacial todas as possibilidades de solução do problema devem ser exploradas e representadas de forma esquemática. Neste sentido, o presente trabalho encontra-se desenvolvendo esta etapa metodológica.

5 CONCLUSÕES

A utilização de um SIG como um Sistema de Apoio a Decisão Espacial, o caracteriza como uma ferramenta de *integração* de conhecimentos. Mais que isso, a possibilidade de modelar e representar espacialmente informações obtidas de fontes diversas podem melhorar a qualidade das decisões tomadas além de facilitar a colaboração entre os diversos agentes envolvidos. A busca pelo planejamento adequado dos SAA vem ampliando o estudo de novas tecnologias que possam efetivar a fase de planejamento.

A implantação de um sistema público de abastecimento de água exige técnicas apropriadas que devem culminar em um bom atendimento à população usuária. Nesse sentido, um diagnóstico da situação atual das unidades de reservação caracteriza-se como um passo inicial para as etapas de planejamento em virtude da possibilidade de estabelecer diretrizes e identificar as condições atuais do sistema.

Este estudo expressa os primeiros produtos de uma pesquisa inserida em um contexto de uma dissertação de mestrado que deverá apresentar resultados mais precisos, bem como expandir as possíveis análises espaciais utilizando múltiplos critérios. Além do diagnóstico, pretende-se realizar etapas de simulações prognósticas com o propósito de indicar a localização ótima de unidades de reservação para instalações futuras.

AGRADECIMENTOS

À Capes pelo apoio e à CAGEPA pelos dados disponibilizados até o momento.

REFERÊNCIAS

Bau J. (1990), A*bastecimento de água e saneamento: uma nova visão e uma nova cultura para serviços essenciais,* EPAL (Empresa Portuguesa das Águas Livres), Lisboa, 2000.

Braga, B. e Gobetti, L. (1997). *"Análise Multiobjetivo"*. Em: Porto, R. L. *et. al.* (1997) *Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos.* Ed.Universidade/UFRGS, Porto Alegre.

Britto, D. A. Oriá, V. B. B. (2000). *A utilização das ferramentas de geoprocessamento na Embasa.* Bahia Análise & Dados, Salvador - BA SEI v.10 n.2 p.43-46.

Burrough *et al.*(1996). *Spatial data quality and error analysis issues: GIS functions and enviroment modeling.* In: Gis and environmental modeling: progress and research issues. World Books.

Buzeti, C.; Casagrande, A. P.; Baggio, M. A. (2000) *Rede de distribuição de água: por que não a operamos?* XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Carrijo, I. de B.; Reis, L. F. R. (2005). *Obtenção de estratégias operacionais ótimas de sistemas de distribuição de água utilizando algoritmos evolucionários, aprendizado de máquina e ordem de preferência.* XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa. V. 1. p. 1-15.

Current, J.; Ratick, S. (1995). *A model to assess risk, equity and efficiency in facility location and transportation of hazardous materials.* Location Science. Vol. 3. Nº. 3, pp. 187-201.

Curtin, K. M.; Church, R. L. (2006). A *family of location models for multiple- type discrete dispersion*. Geographical Analysis V. 38 p. 248–270.

DeVerteuil G. (2000). *Reconsidering the legacy of urban public facility location theory in human geography.* Progress in Human Geography 24 (2000) 47–69.

Eastman, J. R. (1999) "Multi-criteria evaluation and GIS". In: *Geographical Information Systems – Principles and Technical Issues.* Volume 1, 2a. Ed., New York, John Wiley & Sons, Inc.

Gameiro, R. de C. do P. G.; Souza, R. S.; Polizer, M.; Steffen, J. L. (2005). *Dimensionamento otimizado de redes de distribuição de água com a utilização de algoritmos genéticos*. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Green, K (1999). *Development of the spatial domain in resource management.* In: STAIN, Morain (Ed.) (1996). GIS solution in natural resource management: balancing the technical-political equation. On Word press. Santa Fe.

Lopes, L. H. A.; Loch, C.; Bähr, H.P. (2004). *Modelo de Gestão Urbana baseado na capacidade de atendimento do sistema de abastecimento de água.* Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, COBRAC – 2004, Florianópolis.

Righetto, A.M. (2002). *Operação ótima de sistema urbano de distribuição de água*. Seminário-Planejamento, Projeto e Operação de Redes de Abastecimento de Água. O Estado da Arte e Questões Avançadas. João Pessoa.CD-Rom. 16p.

Sendra, J. B.; Martinez, F. J. E., Hernández E. G., García, M. J. S., (1994). *Sistemas de Informação Geográfica: práticas com PC-ARC/INFO e IDRISI.* RA-MA Editorial. Madrid.

Sendra, J. B. (1997). *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid, p. 451, 2ª Ed., RIALPE.

Sendra, J. B. Jiménez, A. M. (2007a). *Localización-asigsnación y justicia/equidad espacial con Sistemas de información geográfica. XI Conferencia Iberoamericana de SIGS*, Departamento de Ciencias Sociales, Universidad de Lujan, Lujan, p. 95- 115.

Sendra, J. B. Jiménez, A. M. (2007b). Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos., Madrid, p. 384, RA-MA.

Sendra, J. B. Palm, F, Gómez, M. D. (2007). *LOCALIZA: una herramienta SIGS para resolver problemas de localización óptima.* Servicio de Sistemas de Información Geográfica e Teledetección – SIGSTE, I Jornadas de SIGS libre, Girona.

Simão, A. C. R.; Rodrigues, J. M. C. (2003). *Um SI protótipo para apoio à gestão de sistemas urbanos de abastecimento de água.* Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra – INESC, ISSN: 1645-2631, Coimbra.