

SIG no gerenciamento de SAAS

GIS in water supply systems management

- **Data de entrada:**
06/12/2013
- **Data de aprovação:**
01/12/2015

Aline Christian Pimentel Almeida Santos | José Almir Rodrigues Pereira

DOI 10.4322/dae.2016.001

Resumo

O trabalho objetiva analisar a potencialidade da espacialização de informações de SAAs por meio de SIG, a fim de facilitar o armazenamento, manipulação e monitoramento dos dados. Para isso, foram utilizados os *softwares* Excel 2010, da Microsoft, e ArcGIS 9.3, do ESRI, como também definidos os dados empregados no trabalho (etapa 1) e realizados o armazenamento e organização dos dados em SIG (etapa 2), tendo sido considerados os dados tabulares e cartográficos do SAA. Por fim, foram determinados e espacializados os indicadores de desempenho (etapa 3), tendo sido proposta a utilização de oito variáveis operacionais, 18 comerciais e dez de despesas de exploração e do limite de setores de abastecimento como unidade de gerenciamento, constituindo o banco de dados georreferenciado. Os indicadores de desempenho foram determinados por meio da ferramenta *Field Calculator* do ArcGIS 9.3, que relaciona as variáveis por meio de operações matemáticas, gerando novos resultados. Com isso, é possível analisar e monitorar o desempenho de SAAs, facilitando a tomada de decisão no gerenciamento desses sistemas.

Palavras-chave: Sulfato. Sulfeto. UASB.

Abstract

The paper aims to analyze the potential of spatial information of Water Supply Systems by GIS in order to facilitate storage, handling and monitoring data. For this, the Excel 2010 software from Microsoft and ESRI ArcGIS 9.3 were used, and the data set used in the study (Step 1), and performed the storage and organization of data in GIS (Step 2), which were considered tabular data and mapping of the SAA. Finally, it was determined spatial and performance indicators (Step 3), through the use of 8 operating variables, 18 commercial and 10 operating costs, and the limit of supply sectors as management unit being proposed, constituting the georeferenced database. The performance indicators were determined by means of Field calculator of ArcGIS 9.3, which relates the variables by means of mathematical operations, generating new results. This makes it possible to analyze and monitor the performance of SAA, facilitating decision making in the management of these systems.

Keywords: Sulfate. Sulfide. UASB.

Aline Christian Pimentel Almeida Santos – Doutora em Engenharia de Recursos Naturais pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Professora Adjunta I da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFPA, Campus Universitário de Tucuruí. E-mail: alinecpas@gmail.com

José Almir Rodrigues Pereira – Doutor em Hidráulica e Saneamento. Professor Associado II da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFPA. E-mail: rpereira@ufpa.br

***Endereço para correspondência:** Rua dos Mundurucus, 2718 – Cremação – Belém-PA – CEP 66040-033. Fone: (91) 98151-3534.

INTRODUÇÃO

A grande diferença entre os volumes de água produzido e faturado indica ser significativo o volume de água perdido no Sistema de Abastecimento de Água (SAA) dos municípios brasileiros. De acordo com a última pesquisa do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), as empresas brasileiras de saneamento básico deixaram de faturar em média 36,55% do volume produzido de água no ano 2013. Por outro lado, nove prestadores de serviço de abrangência regional apresentaram índices superiores a 50%, chegando a alcançar 76,5% em algumas cidades do país (BRASIL, 2015). Esse elevado percentual indica que a gestão dos SAAs apresenta problemas diversificados, como ligações clandestinas, uso excessivo de água na limpeza das unidades, vazamentos em redes de distribuição e adutoras etc. Os volumes perdidos podem ocorrer desde a captação até a distribuição de água, sendo, normalmente, maior a incidência de perdas na distribuição, seja pela falta de manutenção adequada da infraestrutura, seja pela proximidade do usuário final, que pode se beneficiar do abastecimento por meios ilícitos (ligações clandestinas) (CAVALCANTE; ALMEIDA; MORAIS, 2010).

Como a gestão está diretamente ligada à qualidade no atendimento e ao equilíbrio financeiro da empresa, a gestão ineficiente pode resultar em racionamento, falta ou perda de água, refletindo diretamente na qualidade do atendimento, na arrecadação e no aumento das despesas do sistema, uma vez que o volume de água perdido no SAA não é faturado pela empresa, prejudicando sua sustentabilidade econômico-financeira. Assim, a redução dos volumes perdidos de água nos sistemas de abastecimento acarreta maior equilíbrio financeiro para as companhias de saneamento, além de adiar ou mesmo evitar a necessidade de expansão da produção de água e os altos investimentos inerentes à execução de novas unidades (GUMIER; LUVIZOTTO JR, 2007).

Vale ressaltar que, ao volume perdido de água nos SAAs, se soma o consumo de energia elétrica nos equipamentos de bombeamento e tratamento, ou seja, perder água é desperdiçar energia elétrica. Além disso, no gerenciamento da maioria dos SAAs, não ocorre o relacionamento espacial das perdas de água e de energia elétrica, em razão da falta ou da desatualização dos cadastros técnico e comercial.

A eficiência no gerenciamento de SAA é uma das condições para a sustentabilidade técnica e econômico-financeira do sistema, possibilitando o cumprimento da Lei nº 11.445/2007 e garantindo o atendimento dos requisitos mínimos de qualidade, incluindo a regularidade e a continuidade do abastecimento à população. Portanto, o controle gerencial requer avaliação de desempenho dos SAAs, sendo fundamental que a empresa tenha informações confiáveis, rápidas e adequadas dos volumes de água, das despesas de exploração e dos dados comerciais dos SAAs que gerenciam.

Nesse sentido, uma alternativa gerencial é o emprego de sistemas de informações que utilizem bancos de dados para armazenamento e organização dessas informações. No entanto, o uso de *softwares* de bancos de dados possibilita apenas a organização, não permitindo a visualização cartográfica associada às informações contidas neles. Essa tarefa pode ser realizada com o auxílio de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), que possibilitam o armazenamento e a correlação com dados tabulares (planilhas, tabelas e gráficos), podendo ser usados para coleta, armazenagem, administração, interrogação e exibição de dados espaciais (FAUSTO et al., 2010).

Segundo Dorca, Luvizotto Jr. e Andrade (2009), as possibilidades de armazenamento e gestão da informação em SIG são praticamente ilimitadas, uma vez que o gestor pode visualizar todas as unidades do SAA e suas características, gerar estatísticas, realizar o gerenciamento de consumidores e

dos equipamentos, visualizar o estado de funcionamento do sistema etc. Para isso, é fundamental o estabelecimento de unidades de gerenciamento, como os limites de zonas e/ou setores de abastecimento, a fim de facilitar o armazenamento, organização e manipulação dos dados.

UTILIZAÇÃO DE SIG EM SAAS

De acordo com Junqueira, Lautenschlager e Paredes (2009), a aplicação de SIG no apoio à gestão de companhias de saneamento introduz a facilidade de obtenção de informações de clientes, colabora com projetos e planejamento, aperfeiçoa a operação e manutenção do sistema hidráulico, indica pontos críticos e gerencia a infraestrutura utilizada e a estrutura administrativa.

Em um SAA, existem diferentes tipos de dado e informações específicas necessários para uma boa gestão. Assim, todos os setores da empresa devem ter suas informações armazenadas e interligadas no SIG, como o setor comercial (com o sistema de informação de clientes), de projetos e planejamento, operacional (com o registro de operações, manutenções e estado da rede de distribuição e equipamentos), de infraestrutura, de fugas e administrativo.

Santos (2008) observa que, para o controle de perdas em rede de distribuição de água utilizando SIG, é fundamental a organização das informações, tanto as referentes à cartografia da área que se deseja monitorar quanto os dados necessários para a realização de tal monitoramento, isto é, informações cartográficas e dados e informações técnicos.

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) desenvolveu o Sistema de Informações Geográficas no Saneamento (SIGNOS), que foi implantado em dezembro de 2005 e desde então vem se consolidando como uma imprescindível ferramenta para a gestão de vários processos nessa empresa, abrangendo todos os níveis de negócio, inclusive, o controle de perdas. O sistema

tem a característica de agrupar, em uma mesma base de dados, informações de aspectos diferentes do negócio, como cadastro de redes e ligações, setorização, integração com sistemas comercial e de serviços, dados de manobras etc. (RIDOLPHO et al., 2009).

Abrahão, Franco e Ishmitzu (2009) comentam a utilização do SIGNOS na otimização dos processos de manobra das válvulas da rede de distribuição de água da Sabesp. Com uma ferramenta específica do sistema – *Trace* –, consultas por trilho e integração com o sistema comercial, os autores determinaram manobras topologicamente otimizadas, de modo que elas possam ser executadas com o menor impacto possível em termos de abastecimento, minimizando o número de clientes afetados pela falta de água e o volume de água não entregue, listando, inclusive, os clientes afetados. Além disso, os autores puderam medir a diferença de desempenho entre as manobras otimizadas e aquelas criadas de forma empírica.

Junqueira, Lautenschlager e Paredes (2009) abordam o cruzamento de dados do SAA da região do Jardim Higienópolis, em Maringá (PR), por meio de aplicações com o *software* ArcView 3.1. Nesse trabalho, foram utilizados dados dos setores de manobras, contendo informações de quantidade de vazamentos, análises de cloro residual, variação de população, consumo de água e economias residenciais, industriais e comerciais. Esses dados foram cruzados com suas respectivas áreas de influência e, por meio de análise em ambiente de SIG, foi possível obter informações que indicassem a necessidade de manutenção nas Válvulas Redutoras de Pressão (VRPs) das áreas mais afetadas, bem como direcionar as equipes de geofonamento – utilização de aparelho geofone para detecção de vazamentos não visíveis.

Outro exemplo de utilização de SIG em SAA foi realizado por Santos (2008), que o aplicou na recuperação de vazamentos do terceiro setor de

abastecimento de água da Região Metropolitana de Belém (RMB). A autora registrou as informações de vazamentos ocorridos no período de um ano, o que permitiu a elaboração do relatório das ocorrências de vazamentos na área em estudo e a construção de indicadores, com a visualização dos pontos de vazamento e suas características.

Mühlhofer e Silva (2009) utilizaram geoprocessamento na manutenção preventiva em redes de distribuição de água nas cidades de Gama e Recanto das Emas, no Distrito Federal, proporcionando facilidade no impedimento de transtornos aos usuários do sistema, melhorando a prestação de serviços, tornando o processo de manutenção mais ágil e reduzindo o índice de perdas no sistema. Os autores ressaltam a importância da manutenção preventiva, uma vez que dados preexistentes sobre execução de serviços de manutenção corretiva em redes de distribuição de água estão disponíveis para subsidiar processos de gestão de manutenção preventiva nessas redes.

OBJETIVO

Analisar a potencialidade da espacialização de informações com o uso da ferramenta SIG para a tomada de decisão no gerenciamento de SAAs.

METODOLOGIA

No trabalho, é proposto um modelo para utilização de SIG no gerenciamento de dados e informações de SAAs, a fim de facilitar o armazenamento, manipulação e monitoramento de dados, proporcionando maior eficiência no controle de perdas reais e aparentes no sistema.

A aplicação da ferramenta SIG pode ser realizada com o auxílio de vários *softwares*, como, por exemplo, o Spring, os *softwares* da plataforma TerraView e o ArcGIS, do Environmental Systems Research Institute (ESRI), utilizado na versão 9.3 nas demonstrações do presente artigo.

No ArcGIS 9.3, são utilizados modelos de dados de SIG para representar a área estudada, fornecendo todas as ferramentas necessárias para criar e manipular dados geográficos, o que inclui ferramentas para todas as tarefas do sistema: edição e automatização de dados, mapeamento cartográfico de tarefas, administração de dados, realização de análise geográfica, administração de dados avançados, desenvolvimento de dados e aplicações na internet, entre outras. Ainda, o *software* possui interface gráfica amigável e seu conjunto de ferramentas reduz o tempo e aumenta a eficiência de sua aplicação, permitindo a análise dos dados e informações e a simulação dos resultados de forma rápida e eficiente em diversas áreas, como o abastecimento de água.

Assim, no trabalho, são propostas a organização e a sistematização dos dados necessários para o gerenciamento de SAAs, os quais devem ser especializados em três etapas no SIG.

Etapa 1 – Definição dos dados a ser utilizados

Os dados a ser utilizados no gerenciamento de SAAs por meio do SIG foram divididos em dois grupos: dados técnicos e dados cartográficos. No grupo de dados técnicos, foram incluídos os dados de produção e de distribuição, para a análise e comparação de desempenho dos SAAs. No grupo “produção”, colocaram-se os dados operacionais e de despesas de exploração do SAA. Os dados comerciais integraram o grupo “distribuição”, enquanto as despesas de exploração relacionaram-se aos dois grupos.

Apesar do grande número de variáveis que podem ser armazenadas e manipuladas em SIG, a proposta visou ao estudo de 36 variáveis, sendo oito operacionais, 18 comerciais e dez de despesas de exploração. Para facilitar a organização e inserção dos dados no *software* escolhido, foram definidas siglas para representar as variáveis operacionais, comerciais e de despesas de exploração adotadas na pesquisa.

Para a aplicação de SIG em SAAs, também podem ser utilizados dados cartográficos da área em estudo, tais como: limite de área abastecida por SAA; limite dos setores de abastecimento; base cartográfica com vias e nomenclatura; localização cartográfica das unidades dos SAAs integrados; limite de bairros; e hidrografia. Além disso, a utilização de cadastro técnico e comercial atualizado e confiável é imprescindível para o bom gerenciamento do SAA, pois, embora o SIG seja uma ferramenta útil aos gestores, sua implantação efetiva requer cuidadoso planejamento, pessoal técnico qualificado e utilização de dados que demonstrem a realidade do SAA, a fim de evitar prejuízos e garantir a implantação satisfatória do SIG.

Etapa 2 – Armazenamento e organização dos dados em SIG

Nesta etapa, foi definido o modelo de dados para representação em SIG, ou seja, a forma de espacialização e de organização dos dados. Para isso, são considerados os limites cartográficos da área do SAA, como os limites de setores, além dos dados técnicos comerciais, operacionais e de despesas de exploração.

O primeiro passo para a construção do modelo foi a definição da topologia a ser aplicada para representar os dados utilizados no estudo (pontos, linhas e polígonos), para facilitar a visualização e identificação dos dados no SIG. As informações cartográficas obtidas foram organizadas em *layers* ou camadas, salvos em formato *shapefile* – utilizado pela maioria dos SIGs – e, em seguida, espacializados com o software escolhido. Para isso, foram criados temas para cada tipo de informação, como setores de abastecimento de água, unidades do SAA, lotes (imóveis) da área estudada, base viária etc., cada qual composto por polígonos, linhas ou pontos para representar os elementos relacionados com o SAA.

Para construção do banco de dados georreferenciado, os dados tabulares foram organizados em

planilhas eletrônicas, como as do Excel, da Microsoft. Entretanto, para grandes sistemas, devem ser empregados Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBDs), que são mais apropriados para armazenamento e sistematização de grande volume de dados, como o Oracle, MySQL, PostgreSQL, Microsoft SQLServer, entre outros.

Em seguida, os dados cartográficos foram georreferenciados com base no Datum Oficial Brasileiro, o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000 (SIRGAS 2000), possibilitando a visualização geral dos dados dos SAAs, além da sua integração e cruzamento, gerando novas informações importantes para o relatório de desempenho.

No modelo desenvolvido, o banco de dados georreferenciado foi construído utilizando o *trac* Microsoft Excel 2010, estando vinculado ao seu respectivo tema ou camada no ArcGIS 9.3, em que cada linha do banco de dados foi relacionada à área atendida pelo SAA.

Etapa 3 – Determinação e espacialização dos indicadores de desempenho

Nesta etapa, foi proposta a análise dos dados, utilizando, para tanto, o banco de dados georreferenciado, contendo os dados obtidos na etapa 1 do trabalho, para a obtenção das perdas e despesas do SAA estudado.

Na proposta do cálculo de perdas e indicadores para avaliação do desempenho de SAAs, a principal ferramenta do ArcGIS 9.3 utilizada foi a *Field Calculator*, que realiza operações matemáticas por meio do banco de dados georreferenciado com base na metodologia proposta.

A espacialização dos dados georreferenciados em mapas, empregando ambiente SIG, deve ser realizada a fim de facilitar a visualização das informações de desempenho dos SAAs, o que possibilita a padronização dos relatórios e facilita a análise.

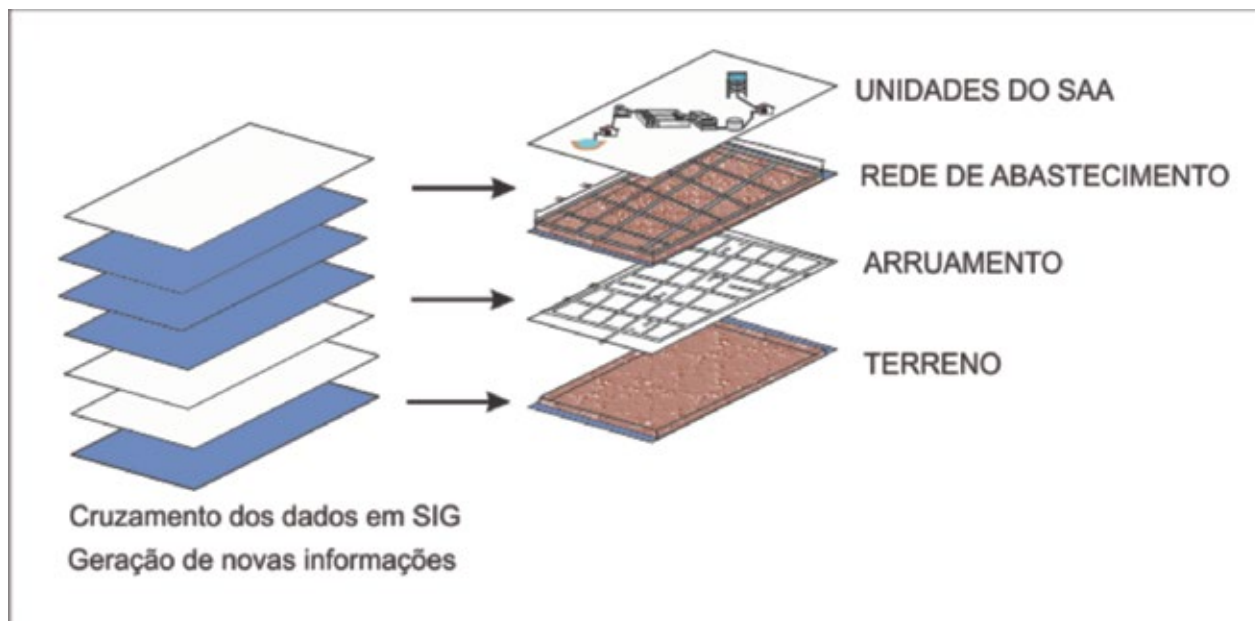


Figura 1 – Cruzamento de dados de SAA em SIG.

Nesta etapa, foram cruzados os dados operacionais, comerciais e de despesas de exploração armazenados no banco de dados, otimizando sua visualização espacial com o auxílio do SIG. Esse cruzamento e espacialização possibilitaram a geração de novas informações e facilitaram a avaliação do SAA, auxiliando no combate contra as perdas de água e no controle das despesas dos sistemas. Na Figura 1, é exemplificado o cruzamento de informações de SAA em SIG.

RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados os resultados do trabalho, de acordo com as etapas propostas para implantação de SIG no gerenciamento de SAAs.

Etapa 1 – Definição dos dados a ser utilizados

Os dados propostos foram divididos em dois grupos: dados técnicos e cartográficos. No grupo de dados

técnicos, foram organizadas informações operacionais, comerciais e de despesas de exploração:

- Dados operacionais: volumes captados, aduzidos, tratados, de serviço, reservados, distribuídos e consumidos, englobando os volumes macromedidos nas unidades do SAA.
- Dados comerciais: número de habitantes atendidos, hidrometrados e não hidrometrados; número de economias ativas, inativas e totais; número de ligações ativas, inativas e totais; volume consumido e faturado; valor faturado e arrecadado; volume hidrometrado e não hidrometrado.
- Despesas de exploração: despesas totais com o SAA; consumo de energia; consumo de energia em elevatória; tarifa de consumo e de demanda; despesas com energia elétrica; despesas devido ao fator de potência; despesas com produto químico e pessoal; outras despesas.

No Quadro 1, são apresentadas as siglas e variáveis utilizadas no estudo.

Quadro 1 – Siglas definidas para as variáveis.

Sigla	Variável operacional	Sigla	Variável comercial	Sigla	Variável
VOp1	Volume captado	VC1	População total	DEX1	Despesas de exploração totais (R\$)
VOp2	Volume macromedido na entrada da ETA	VC2	População abastecida	DEX2	Consumo de energia (kWh/mês)
VOp3	Volume tratado/produzido	VC3	População hidrometrada	DEX3	Consumo de energia em elevatória (kWh/mês)
VOp4	Volume de serviço	VC4	População não hidrometrada	DEX4	Tarifa de consumo (R\$/kWh)
VOp5	Volume macromedido na entrada do RAP	VC5	Nº de economias ativas	DEX5	Tarifa de demanda (R\$/kWh)
VOp6	Volume disponibilizado para distribuição	VC6	Nº de economias inativas	DEX6	Despesas com energia elétrica (R\$/kWh)
VOp7	Volume consumido	VC7	Nº de economias/residências ativas	DEX7	Despesas devido ao fator de potência (R\$/kWh)
VOp8	Extensão da rede (km)	VC8	Total de economias	DEX8	Despesas com produto químico
	-	VC9	Nº de ligações ativas	DEX9	Despesas com pessoal
	-	VC10	Nº de ligações inativas	DEX10	Despesas com outros
	-	VC11	Nº total de ligações	-	-
	-	VC12	Volume consumido (m³)	-	-
	-	VC13	Volume faturado (m³)	-	-
	-	VC14	Volume arrecadado (m³)	-	-
	-	VC15	Valor faturado (R\$)	-	-
	-	VC16	Valor arrecadado (R\$)	-	-
	-	VC17	Volume hidrometrado(m³)	-	-
	-	VC18	Volume não hidrometrado (m³)	-	-

Etapa 2 – Srmazenamento e organização dos dados em SIG

Nesta etapa, foram realizados o armazenamento e a organização dos dados em SIG, com base na organização dos dados cartográficos, no caso, os limites de setores de abastecimento de água representados espacialmente por polígonos, sendo cada polígono (setor de abastecimento) representado por uma linha no banco de dados e, nas colunas, armazenadas as variáveis estudadas.

Essa forma de armazenamento de dados em SIG é utilizada por planilha eletrônica (Excel) ou qualquer SGBD, como MySQL, por exemplo. Nesse último caso, quando forem construídos novos aplicativos de SIG, poderão ser empregados *drivers* conectores, utilizados como padrão para acesso ao SGBD, como *Open Database Connectivity* (ODBC). Esse padrão define um conjunto de interfaces para o aplicativo SIG ter acesso ao banco de dados.

No banco de dados do SIG, foram armazenados dados (variáveis) como volume faturado, número

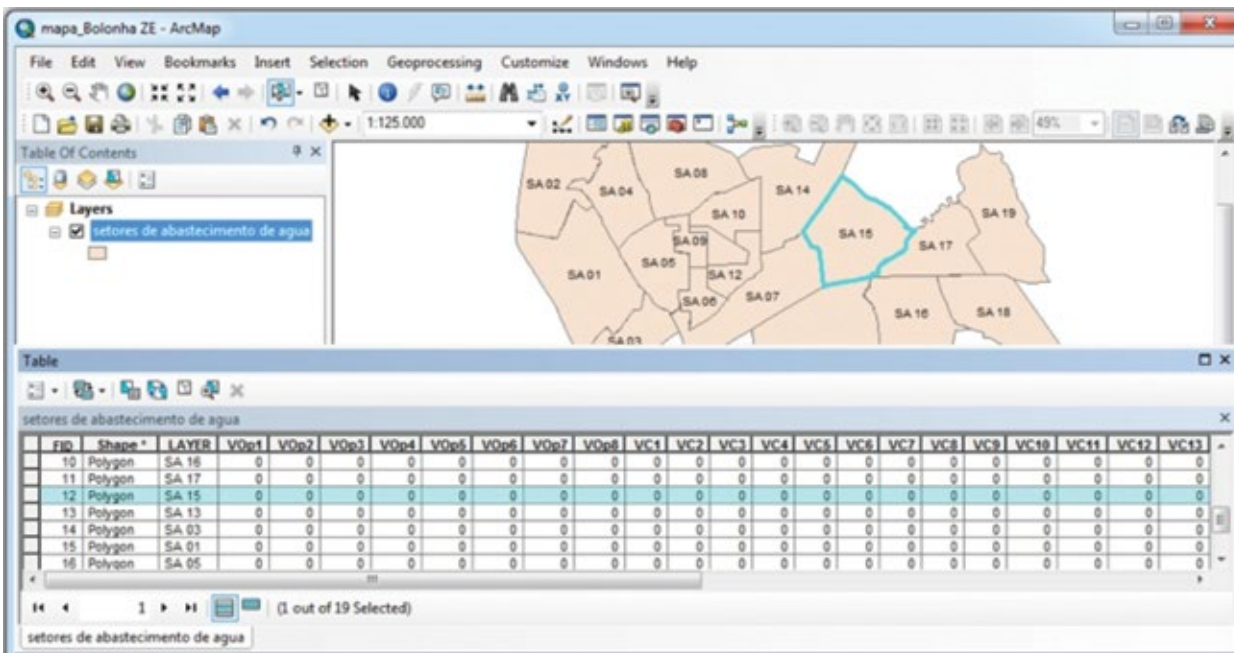


Figura 2 – Banco de dados contendo as variáveis estudadas e vinculadas à informação cartográfica (setores de abastecimento) no *software* ArcGIS 9.3.

de economias ativas, consumo de energia elétrica em cada setor de abastecimento, despesas de exploração, valor faturado e arrecadado etc., de acordo com a respectiva sigla.

Na Figura 2, é ilustrado o modelo de banco de dados geográfico da camada “setores de abastecimento de água”, criado por meio da vinculação do banco de dados no *software* Excel 2010 com a cartografia georreferenciada com base no SIRGAS 2000 e no sistema de coordenadas geográficas, utilizando o ArcGIS 9.3.

Etapa 3 – Determinação e espacialização dos indicadores de desempenho

Para a determinação dos indicadores de desempenho por SIG, foi proposta a utilização da ferramenta *Field Calculator* do ArcGIS 9.3, que relaciona as variáveis estudadas por meio de operações matemáticas, gerando novos resultados.

No Quadro 2, são apresentados os indicadores propostos para avaliação do desempenho de SAAs e suas respectivas fórmulas, que devem ser inseridas na ferramenta *Field Calculator* para determinação dos indicadores.

Quadro 2 – Indicadores de desempenho propostos para o gerenciamento em SIG.

Indicadores operacionais	Indicadores comerciais	Indicadores de despesas de exploração
Índice de cobertura: $I_c = \frac{VC2}{VC1} \times 100$	Índice de perda de faturamento: $I_{ANF} = \frac{VOp6 - VC13}{VOp6} \times 100$	Índice de consumo de energia em SAA: $I_{CEESAA} = \frac{DEX1}{VOp6}$
Índice de rede de distribuição por ligação: $I_{RLig} = \frac{VOp8}{VC11}$	Índice de faturamento por economia ativa: $I_{FEA} = \frac{VC15}{VC5}$	Índice de despesas com energia elétrica: $I_{DEXEE} = \frac{DEX6}{DEX1} \times 100$
Índice de perda real na produção: $I_{Perda Prod} = \frac{VOp1 - VOp3}{VOp1} \times 100$	Índice de economias inativas: $I_{econ inat} = \frac{VC6}{VC8}$	Índice de despesas de exploração por economia ativa: $I_{DEXEA} = \frac{DEX1}{VC5}$
Índice de perda real na adução de água bruta: $I_{Perda Ad.} = \frac{VOp1 - VOp2}{VOp1} \times 100$	Índice de perda na arrecadação: $I_{FArr} = \frac{VOp6 - VC14}{VOp6} \times 100$	Índice de despesas por volume produzido: $I_{DEXVol} = \frac{DEX6}{VOp3}$
Índice de perda real no tratamento: $I_{Perda Trat} = \frac{VOp2 - VOp3}{VOp2} \times 100$	Índice de perda por ligação: $I_{Perda Lig.} = \frac{VOp6 - VOp7}{VC9 \times 30 \text{ dias}}$	-
Índice total de perda real: $I_{Perda Tot.} = \frac{VOp1 - VOp7}{VOp1} \times 100$	Índice de ligações inativas: $I_{Lig inat} = \frac{VC10}{VC11}$	-
Índice de perda na distribuição: $I_{Perda Dist.} = \frac{VOp6 - VOp7}{VOp6} \times 100$	Índice de população não hidrometrada: $I_{pop n Hid} = \frac{VC4}{VC1}$	-

Na Figura 3, é mostrada a janela de visualização da ferramenta *Field Calculator*, utilizada na determinação dos indicadores de desempenho, sendo possível, no exemplo, visualizar o cálculo do índice de cobertura com abastecimento de água. Vale observar que, ao inserir as formulações na ferramenta, o software calcula os indicadores e lança os resultados diretamente no banco de dados geográfico.

Com isso, os resultados podem ser espacializados utilizando, por exemplo, uma graduação de cor, indicando o maior índice de cobertura (em percentual) pela tonalidade mais forte e o menor índice de cobertura pela tonalidade mais fraca, enfatizando os problemas e proporcionando a melhor tomada de decisão, conforme mostrado na Figura 4.

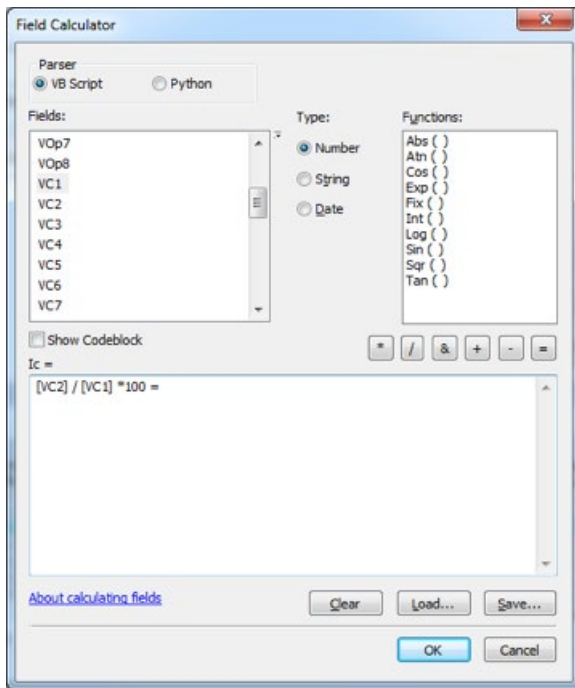


Figura 3 – Ferramenta *Field Calculator*.

A utilização de SIG para gerenciamento de SAAs possibilita a visualização dos dados e dos resultados com mais facilidade e a obtenção de informações mais precisas e organizadas para tomada de decisão, além da análise do desempenho por sistema, por setor ou por unidade do SAA. Com o auxílio das ferramentas de SIG, podem ser construídos indicadores para avaliação de desempenho de SAAs, em cada grupo de dados estudados.

CONCLUSÕES

O trabalho foi baseado na obtenção de valores operacionais, comerciais e de despesas de exploração e na utilização dos reais limites e unidades de SAA, tendo como finalidade avaliar o uso da ferramenta SIG em uma simulação do desempenho de

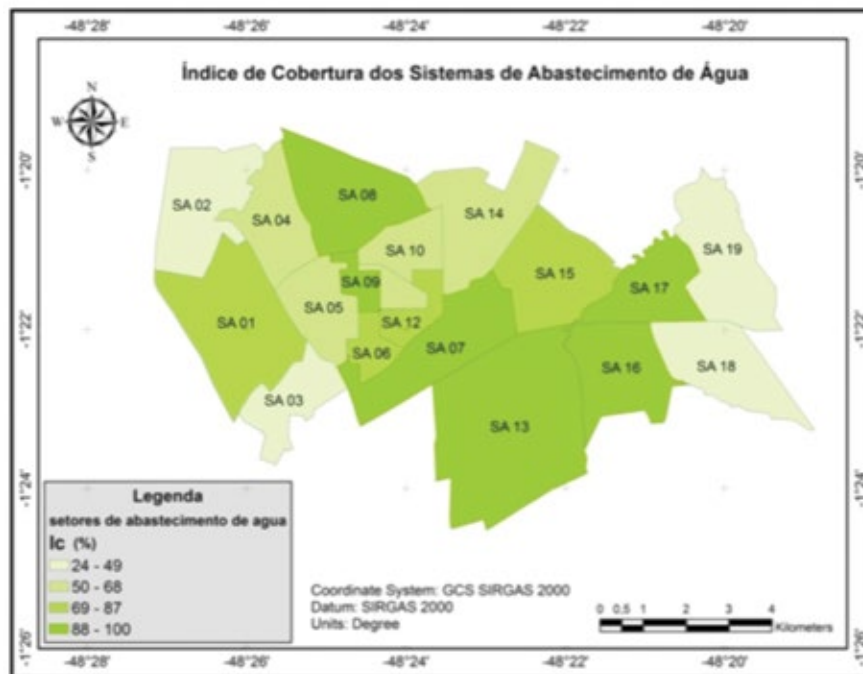


Figura 4 – Modelo de mapa de índice de cobertura de SAA.

SAA, mais especificamente, na espacialização de resultados. Assim, foi possível concluir que:

- A proposta de utilização de SIG para espacialização, armazenamento e controle dos dados de SAAs possibilitou o conhecimento e a análise espacial do desempenho do SAA estudado.
- A organização e a espacialização de dados facilitaram a visualização dos problemas, auxiliando na tomada de decisão na concessionária de saneamento, além de ajudar a evitar e reduzir gastos.
- O cálculo do balanço hídrico do SAA possibilitou o conhecimento do volume perdido de água em cada unidade, enquanto o cálculo dos índices permitiu a análise do desempenho de cada SAA.
- A utilização de SIG para o cadastro de dados dos SAAs possibilitou a realização do cruzamento e espacialização desses dados, permitindo a avaliação dos sistemas de abastecimento e o combate contra as perdas de água e excessos nas despesas dos sistemas, de forma a favorecer o controle operacional e a prevenção de problemas.

Do mesmo modo, a determinação das despesas de exploração e a avaliação do desempenho comercial, em relação ao faturamento e arrecadação dos SAAs, podem auxiliar os gestores na elaboração do planejamento e na tomada de decisão, além de permitir a sustentabilidade do SAA e promover o cumprimento da Lei nº 11.445/2007.

Assim, a espacialização de informações de desempenho é recomendada para o planejamento e tomada de decisão, sendo uma importante ferramenta para os gestores, técnicos e colaboradores de empresas de saneamento.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, N. C.; FRANCO, S. C. C. S. de; ISHMITZU, Luciana Kanashiro. Otimização dos processos de manobra com apoio de tecnologia SIG – sistema de informações geográficas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25, 2009, Recife. **Anais...** Recife: ABES, 2009. 1 CD-ROM.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Modernização do Setor Saneamento. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos. 2013. Brasília, 2015. 1 CD-ROM.**

CAVALCANTE, Cristiano A. Virgínio; ALMEIDA, Adiel Teixeira de; MORAIS, Danielle Costa. Priorização de áreas de controle de perdas em redes de distribuição de água. **Pesquisa Operacional [online]**, v.30, n.1, p.15-32, 2010. ISSN 0101-7438.

DORCA, Cristiano C.; LUVIZOTTO JR., Edevar; ANDARADE, José Geraldo P. **Aspectos da implantação de um SIG em pequenos e médios abastecimentos de água.** Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica e Saneamento da UFPB. Disponível em: <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/trabalhos/A06_19.pdf>. Acesso em: 28 out. 2009.

FAUSTO, C. A. S.; YARAK, S.; RAMOS, R. R. D.; LOPES, H. L.. Análise clínica, epidemiológica e espacial de pacientes com hanseníase em Lagoa Grande/PE, por meio de tecnologias da geoinformação. **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.** Recife, 2010.

GUMIER, Carlos César; LUVIZOTTO Jr., Edevar. **Aplicação de modelo de simulação-otimização na gestão de perda de água em sistemas de abastecimento.** Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. V.12, n. 1, p. 32-41, 2007.

JUNQUEIRA, R. F.; LAUTENSCHLAGER, S. R.; PAREDES, E. A. "Aplicação de SIG na gestão da manutenção de redes de Distribuição de água". In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 25., 2009, Recife. Anais ... Recife: ABES, 2009. 1 CD-ROM.

MÜHLHOFER, Stefan Igreja; SILVA, Cintya Skowronska. **A utilização de geoprocessamento como ferramenta para manutenção preventiva em redes de água e esgoto.** [S.L.], 2009.

RIDOLPHO, C. F.; DIAS, A. L. A.; ABRAHÃO, N. C.; RODRIGUES, J. C. Ações para redução de perdas com a utilização de sistema de informações geográficas (SIG) em área de válvula redutora de pressão. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 25., 2009, Recife. Anais ... Recife: ABES, 2009.

SANTOS, Aline C. P. A. **Sistemas de Informações Geográficas no Monitoramento e Recuperação de Vazamentos em Redes de Distribuição de Água.** 2008. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.