

USO DO GEOPROCESSAMENTO APLICADO À GESTÃO DE SISTEMAS DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO NO RIO GRANDE DO NORTE

Adriana Dias Moreira PIRES (1); Bruno César Dias de ALBUQUERQUE (2); Daniel Bruno Alves dos SANTOS (3); Jerônimo Pereira dos SANTOS (4) e Luênia Kaline Tavares da SILVA(5).

(1) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte- IFRN
Avenida Senador Salgado Filho, 1559, Tirol, Natal-RN, CEP 59015-000, e-mail: adriana.pires20@gmail.com

(2) IFRN, e-mail: bruno.bcda@gmail.com

(3) UFCG, e-mail: danielbrunoalves@gmail.com

(4) IFRN, e-mail: jeronimos@gmail.com

(5) IFRN, e-mail: lueniaktas00@hotmail.com

RESUMO

No Rio Grande do Norte, mais de 90% do sistema de tratamento de esgotos ocorre por meio de lagoas de estabilização (SILVA FILHO, 2007). No entanto, apenas uma pequena parte desse percentual apresenta operação adequada conforme recomendam as técnicas de tratamento para esse tipo de sistema. Assim, todo volume de efluentes tratados necessita de uma operação adequada e monitoramento constante, já que sua maioria é descartada em corpos d'água. Nessa perspectiva, o presente trabalho corresponde a construção de um Banco de Dados relacional em conjunto com a versão preliminar de um software de visualização e alimentação de dados para esse Banco de Dados, associado ao software de Sistema de Informação Geográfica *ARCGIS* visando a criação de mapas do Estado contendo todas as estações de tratamento estudadas, com destaque para atributos como eficiência, configuração (croqui do sistema), destino do efluente tratado, concentrações, dentre outros parâmetros. O uso dos softwares integrados ao Banco de Dados possibilitará a análise dos parâmetros de cada ETE, além de contribuir para a gestão e a tomada de decisões referentes à condução dos sistemas de lagoas de estabilização no Rio Grande do Norte, permitindo, maior dinamismo e processamento rápido e eficiente das informações coletadas.

Palavras-chave: Geoprocessamento, estações de tratamento de esgoto, Gestão ambiental, Banco de Dados Geográfico, SIG.

INTRODUÇÃO

O geoprocessamento é uma forma de raciocínio espacial, tendo como melhor instrumento para expressar esse raciocínio o Sistema de Informação Geográfica - SIG, onde dados que possuam componentes espaciais, localização determinável, podem ser manuseados, armazenados e analisados por um programa de computação gráfica. Tecnicamente, pode-se dizer que um SIG é uma caixa de ferramentas digitais para coleta, busca, transformação e exposição de dados espaciais (dados com uma posição x, y e z).

De acordo com Câmara & Medeiros (2003), “os instrumentos computacionais do Geoprocessamentos, chamados de Sistema de Informação Geográfica (SIGs), permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Os SIGs tornam possível ainda a automatização da produção de documentos cartográficos”.

Apesar dos primeiros SIGs terem surgido no Canadá na década de 60 por iniciativa governamental visando à criação de um inventário de recursos naturais do país, hoje em dia as aplicações são as mais variadas possíveis, beneficiando tanto o cidadão comum, como empresas e governos, auxiliando-os, por exemplo, no rastreamento de veículos, no controle da produção de fábricas ou na gestão de problemas urbanos, rurais e ambientais, como avaliação dos estragos por terremotos, por exemplo.

Para Silveira (2006), a aplicação de técnicas de geoprocessamento, com uso de Sistemas de Informação Geográfica, em sistemas de tratamento de esgotos permite uma maior eficácia na execução de planos de operação e manutenção dos sistemas.

Nesse contexto, o presente trabalho trata da criação e aplicação de um SIG como instrumento beneficiador da gestão dos sistemas de lagoas de estabilização do Rio Grande do Norte, e da tomada de decisões referente à condução desses sistemas, permitindo, assim, maior dinamismo e processamento rápido e eficiente das informações coletadas.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Uso de sistemas de informações geográficas (SIG) consiste em importante ferramenta para o controle e monitoramento de sistemas complexos. O SIG permite a integração de inúmeros conjuntos de dados, como dados tabulares, fotografias aéreas, imagens de satélite com informações sobre o terreno, como curvas de nível, cobertura do solo, água e efluentes (TAYLOR, 2005). E ao aliar bancos de dados alfanuméricos com dados geográficos de uma determinada área, possibilita análises mais integradas e consistentes (CASTRO *et al.*, 2008).

A utilização dessa ferramenta na gestão de Estações de Tratamento de Esgoto facilita o desempenho de funções correspondente ao controle e monitoramento integrado de qualquer sistema de ETE. Tais funções podem ser: o registro dos resultados obtidos em medições e análises laboratoriais, a checagem e a comparação imediata dos resultados obtidos com as normas legais e os padrões de qualidade e lançamento, direta e completa visão da eficiência de cada etapa individual de todo o sistema de tratamento – determinação instantânea dos pontos onde o sistema apresenta problemas e/ou mal funcionamento, etc. Além disso, ainda pode-se elaborar e processar os resultados que foram obtidos num período específico de tempo, permitindo assim:

- A extração de tendências relativas à qualidade do esgoto bruto e tratado;
- A conexão entre a qualidade do esgoto bruto e tratado com possíveis fontes de emissão de cargas poluidoras (Ex. uma indústria que lança seu efluente na rede de esgoto doméstico);
- Extração de coeficiente de correlação entre os diversos parâmetros (Ex.: DBO/DQO; N/P; S.S/DBO, etc.).

2. METODOLOGIA

No monitoramento, só há sentido gerar dados se houver como processar e armazenar de forma adequada as informações obtidas. A manutenção de um banco de dados permitirá inúmeras possibilidades de usos, o que certamente enriquecerá a visão dos gestores sobre a realidade local.

Convém, portanto, que as informações reunidas sejam sistematizadas em um banco de dados, que será a base do monitoramento e permitirá que se obtenha um quadro de análise capaz de fornecer mais informações do que apenas grupos de dados isolados.

A sistematização, contida neste trabalho, deu-se por meio da construção de um único Banco de Dados Geográfico e de um *software* para alimentação e visualização de dados nesse banco de dados, à semelhança do que já fora utilizado em atividade semelhante por alguns membros da equipe desse trabalho durante a execução do SIG das Águas de Natal-RN (SANTOS, 2006).

A maioria dos SIGs permite duas grandes formas de organização para o ambiente de trabalho: organização baseada num *banco de dados relacional* (“à la dBASE”) e a organização baseada em *projetos* (“à la AutoCAD”). Para o desenvolvimento dessa pesquisa o ambiente SIG inicialmente foi organizado de acordo com o primeiro caso. Foi definido inicialmente o esquema conceitual associado às entidades do banco de dados geográficos, indicando para cada tipo de dados seus atributos não espaciais e as representações geométricas associadas. Procedeu-se da mesma forma que num banco de dados relacional (exemplos são o ACCESS e o SQL SERVER), onde a definição da estruturação do banco precede a entrada dos dados (Figuras 1 e 2).

Mes	Ano	Numero_Ar	ID_ETE	ID_REGIOE	Hora_Colet.	Ponto_Cole.	Oleos_Grax.	Clorofila	NITROGEN
Julho	2009	21	83	3	12:15	facultativa pri			
Agosto	2009	24	83	3	12:40	facultativa pri		1089,4	22,4224
Setembro	2009	25	83	3	12:30	facultativa pri		858	25,48
Setembro	2009	26	83	3	-	facultativa pri		475,8	11,2112
Setembro	2009	30	83	3	-	facultativa pri			20,384
Novembro	2009	36	83	3	-	facultativa pri			26,4992
Junho	2009	15	83	3	-	maturação 1		373,1	24,9704
Julho	2009	17	83	3	-	maturação 1		391,3	28,028
Julho	2009	18	83	3	-	maturação 1			
Julho	2009	19	83	3	-	maturação 1			
Julho	2009	21	83	3	12:15	maturação 1			18,8552
Agosto	2009	24	83	3	12:40	maturação 1		399,1	25,48
Setembro	2009	25	83	3	12:30	maturação 1		380,9	15,288
Setembro	2009	26	83	3	-	maturação 1		171,6	16,3072
Setembro	2009	30	83	3	-	maturação 1			23,4416
Novembro	2009	36	83	3	-	maturação 1		575,9	27,5184
Junho	2009	15	83	3	-	maturação 2		373,1	20,8936
Julho	2009	17	83	3	-	maturação 2		266,5	20,8936
Julho	2009	18	83	3	-	maturação 2			
Julho	2009	19	83	3	-	maturação 2			

Mês	Ano	Número de Amostras	Estação de Tratamento de Esgoto	Regional	Hora de Coleta	Ponto de Coleta	Clorofila	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	DBO (mg/L O2)
Julho	2009	19	Coqueiros	Litoral Norte	-	maturação 1	-	158,3043	776
Julho	2009	21	Coqueiros	Litoral Norte	12:15	maturação 1	-	18,8552	936
Agosto	2009	24	Coqueiros	Litoral Norte	12:40	maturação 1	399,1	25,48	224
Setembro	2009	25	Coqueiros	Litoral Norte	12:30	maturação 1	380,9	15,288	996
Setembro	2009	26	Coqueiros	Litoral Norte	-	maturação 1	171,6	16,3072	956
Setembro	2009	30	Coqueiros	Litoral Norte	-	maturação 1	-	23,4416	1
Novembro	2009	36	Coqueiros	Litoral Norte	-	maturação 1	575,9	27,5184	1591

Figura 1: Estrutura do Banco de Dados com destaque para alguns dados alimentados pelo programa.

Softwares como o ACCESS consistem em sistemas gerenciadores de bancos de dados relacionais, que permitem fácil armazenamento e recuperação de dados alfanuméricos. Por ser relacional, pode acessar dados de diversas tabelas diferentes, bem como conectar informações referentes à Estação de Tratamento (nome, município, regional que está inserida, localização); as análises (data e hora da coleta, valores dos diversos parâmetros analisados, como DBO, DQO, temperatura, coliformes, etc.), e ainda permite a realização de operações de cálculos derivando novos valores, como por exemplo, calcular os valores

médios dos parâmetros por ETE, ou valores da Eficiência de cada ETE, como se pode observar nas figuras 1 e 2.

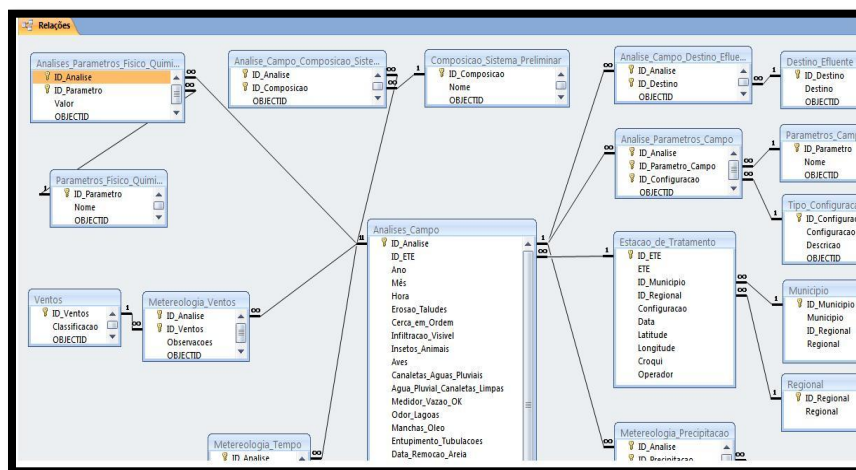


Figura 2: Modelo Entidade de Relacionamento das Tabelas do Banco de Dados utilizado no estudo.

Inicialmente foram alimentados os dados fornecidos pela Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte - CAERN, referentes aos anos de 2007 e 2008, juntando-os a um banco de dados único, com ajuda do software ACCESS. A partir da construção desse banco de dados único foi possível estabelecer uma tabela de valores médios dos diversos parâmetros analisados, como DBO5, DQO, pH, Temperatura, e ainda estabelecer a eficiência média de remoção de DBO5 por estação de tratamento de esgoto.

Após isso, desenvolveu-se um novo banco de dados ainda compatível com o software MS Office Access, ampliando os parâmetros físico-químicos analisados e incluindo dados referentes à operação das estações, feito a partir de um modelo de *checklist* em campo, adaptado de Uehara e Vidal (1989); Von Sperling (2002); Jordão e Pessoa (2005); WHO (1987) *apud* Silva Filho (2007).

A partir desses procedimentos pôde-se desenvolver um ambiente personalizado para alimentação e consulta dos bancos de dados desenvolvidos através de programação com a linguagem Visual Studio (Figura 3). A equipe tomou como base o trabalho coordenado por SANTOS (SANTOS, 2006, *op. Cit.*), o qual possibilita a integração do Banco de Dados relacional com o SIG ARCGIS em um ambiente conhecido como *geodatabase*. A ESRI (ESRI, 2005) define *geodatabase* como um banco de dados ou estrutura de arquivo usado principalmente para armazenar, consultar e editar dados espaciais. Armazena a geometria, um sistema de referência espacial, os atributos e as regras de comportamento para os dados. *Geodatabases* podem ser armazenados em bancos de dados como IBM DB2, IBM Informix, Oracle, Microsoft Access, Microsoft SQL Server e PostgreSQL.

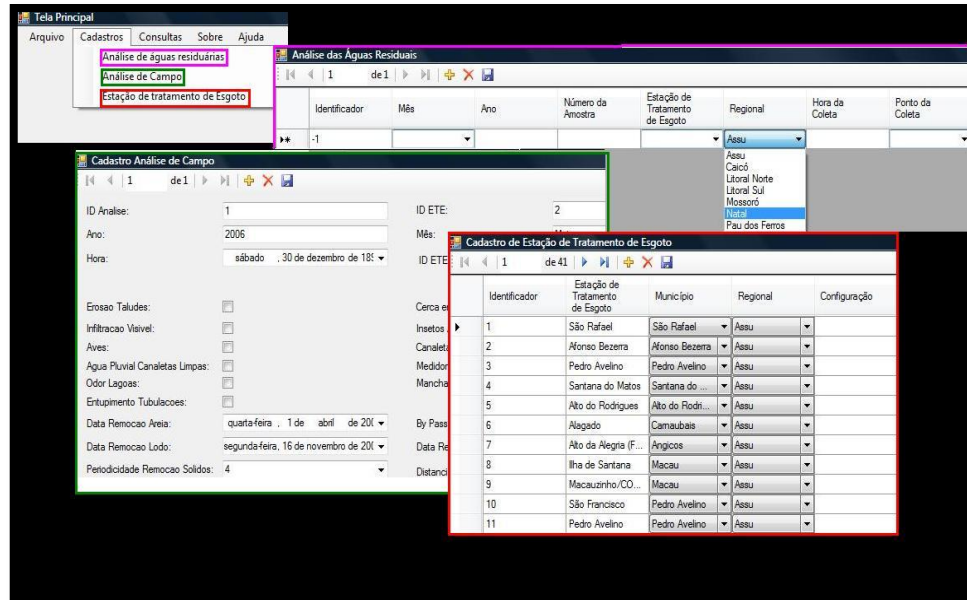


Figura 3: Visão do Software de entrada de dados com janelas para dados únicos das ETES.

3. RESULTADOS

Na primeira etapa do trabalho os dados das análises realizadas e cedidos pela CAERN foram alimentar o banco de dados único, de forma a gerar uma média dos parâmetros das ETES analisados, como se pode observar na tabela 1.

Tabela 1: Média de DBO, DQO e Coliformes por regional.

Média de DBO, DQO e Coliformes por Regional				
Regional	Efluente	Média DBO	Média DQO	Média Coliformes
Assu	Efluente Final	141,727	504,87	1,02E+06
Assu	Esgoto Bruto	393,307	1330,15	7,53E+08
Assu	Outro	177,756	606,61	1,36E+06
Caicó	Efluente Final	176,411	520,69	1,50E+06
Caicó	Esgoto Bruto	366,726	1310,74	1,04E+09
Caicó	Outro	202,243	597,26	4,05E+07
Litoral Sul	Efluente Final	99,643	286,27	1,31E+05
Litoral Sul	Esgoto Bruto	628,600	972,61	1,67E+08
Litoral Sul	Outro	206,767	412,56	6,83E+05
Mossoró	Efluente Final	132,540	309,08	9,32E+05
Mossoró	Esgoto Bruto	327,220	775,68	6,66E+07
Mossoró	Outro	103,889	331,20	7,15E+05
Natal Norte	Efluente Final	200,902	852,00	7,19E+06
Natal Norte	Esgoto Bruto	521,979	1989,62	4,52E+08
Natal Norte	Outro	267,078	999,09	9,44E+05
Natal Sul	Efluente Final	159,078	498,88	3,99E+06
Natal Sul	Esgoto Bruto	282,088	1006,43	2,68E+08
Natal Sul	Outro	151,935	419,67	4,98E+05
Pau dos Ferros	Efluente Final	143,571	1336,84	2,96E+05
Pau dos Ferros	Esgoto Bruto	407,000	791,31	1,19E+08
Pau dos Ferros	Outro	142,400	323,10	1,05E+06

No software em desenvolvimento, foram manipulados o cadastro das Análises de Água Residuárias onde constam os parâmetros físico-químicos e características temporais e locais, com base no banco de

dados disponibilizado pela CAERN e através do novo banco de dados únicos do ACCESS criado. Esses dados referentes aos parâmetros físico-químicos foram obtidos por meio de análises laboratoriais, como DBO, DQO, Fósforo Total, Sólidos Totais, Coliformes Termotolerantes, dentre outros parâmetros, totalizando 71 coletas efetuadas no período de agosto de 2009 á agosto de 2010. No Cadastro das Análises de Campo os dados referentes ao levantamento operacional e discriminação dos aspectos físicos da área da estação foram levantados a partir da observação feita em campo durante a coleta. Por fim, no Cadastro das Estações de Tratamento de Esgoto os dados coletados caracterizam a configuração geral, a localização espacial e geográfica das ETEs, e abordam também alguns aspectos gerenciais, adaptado a partir do modelo de *checklist* em campo *apud* Silva Filho (2007). A coleta dos dados geográficos se deu através do uso de GPS, modelo GPS 76 GARMIN, *datum*: Córrego Alegre, Zona 24S.

Após o cadastro, os dados ficam disponíveis para consulta no sistema, e podem subsidiar a tomada de decisões tanto de cunho operacional, como também servir de auxílio para planejamento, manutenção e monitoramento integrado. Serve ainda de instrumento norteador para traçar objetivos e metas a serem alcançados tendo em vista a possibilidade de relacionar os dados disponíveis e interpolar as informações das estações de tratamento de forma ampla.

Apesar de se constituir ferramenta útil para se trabalhar com dados alfanuméricos, softwares como o Access não permitem a manipulação de dados geográficos. A equipe decidiu de forma semelhante a 2006, utilizar o software ARCGIS, de forma a criar um SIG personalizado. Com o uso do banco de dados criado e os dados georreferenciados com a localização das ETE, foi possível plotar as informações dos parâmetros analisados pela CAERN e do novo banco de dados geográfico (*geodatabase*) no SIG, possibilitando a criação de produtos cartográficos, úteis ao monitoramento das ETE.

As figuras 4 e 5 mostram uma das maiores utilidades do SIG, que é recuperar as informações das ETEs; nesse caso, com um clique consegue-se recuperar atributos como Nome, Regional que está inserida, Valores médios dos parâmetros de DBO, DQO, pH, Temperatura, Coliformes Termo Tolerante, bem como a localização de cada ETE estudada e a eficiência dessas ETEs.



Figura 4: Mapa do Estado do Rio Grande do Norte com a localização das ETEs estudadas.

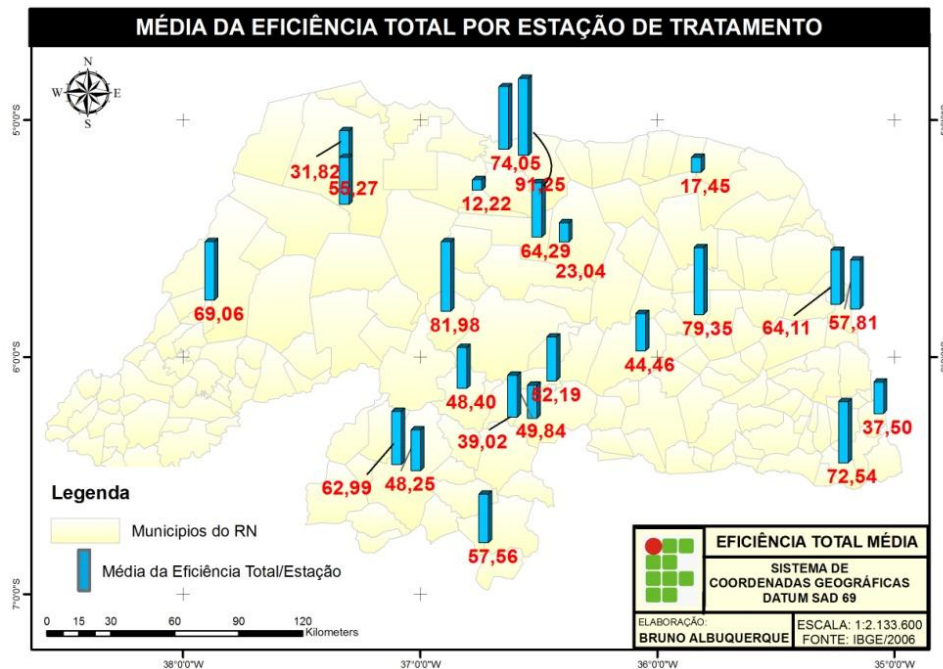


Figura 5 – Mapa temático da Eficiência Total Média de cada estação de tratamento de esgoto estudado no Estado do Rio Grande do Norte.

4. CONCLUSÕES

Até essa fase do trabalho e com os dados já armazenados no SIG, a equipe pode afirmar que a utilização de Sistemas de Informações Geográficas consiste em uma importante ferramenta que possibilita a gestão, o monitoramento e o controle de estações de tratamento de esgoto estudadas.

Ao permitir a integração de dados alfanuméricos com dados georreferenciados, o SIG utilizado facilita a visualização dos dados coletados e pode permitir melhor desempenho por parte dos gestores, tornando fácil qualquer manipulação de grandes quantidades de dados e informações complexas, as quais podem ser simplificadas ao serem “trabalhadas” e exibidas.

A utilização dessa ferramenta na gestão de Estações de Tratamento de Esgoto facilita o desempenho de funções correspondente ao controle e monitoramento integrado de qualquer sistema de tratamento de esgoto. Tais funções podem ser: o registro dos resultados obtidos em medições e análises laboratoriais, a checagem e a comparação imediata dos resultados obtidos com as normas legais e os padrões de qualidade e lançamento, direta e completa visão da eficiência de cada etapa individual de todo o sistema de tratamento – determinação instantânea dos pontos onde o sistema apresenta problemas e/ou mal funcionamento, etc. Dessa forma, entende-se como uma ferramenta útil na administração das redes e atendimento, além do monitoramento e gestão eficaz desses sistemas.

REFERÊNCIAS

CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos**. Tese de Doutorado em Computação Aplicada. São José dos Campos, INPE, Dezembro 1995. (disponível em <http://www.dpi.inpe.br/teses/gilberto>).

CÂMARA, G. **Fundamentos do Geoprocessamento**. Curso de Especialização em Sistemas de Banco de Dados. Sistema de Informação Geográfica. Universidade Federal do Pará – UFPA, 2001. (disponível em http://www.ufpa.br/sampaio/curso_de_sbd/sig/cap02-conceitos.pdf).

CÂMARA, G. & MEDEIROS, J. S. **Princípios Básicos de Geoprocessamento**. 2003. In ASSAD, E. D. & SANO, E. I. Org. *Sistemas de Informações Geográficas. Aplicações na Agricultura*. Embrapa. 2ª. Edição revista e ampliada.

CASTRO, A. F. de. SOUTO, M. S. S. AMARO, V.E. CAVALCANTE. R. G. **Modelagem e desenvolvimento de sistema de computacional de apoio a decisão no monitoramento ambiental de áreas costeiras no Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil**. In: Simpósio Regional de Geoprocessamento e sensoriamento remoto, 4. 2008, Aracaju, **Anais**. Aracaju, 2008. 1 CD-ROM.

ESRI. **ARCGIS 9. USING ARCMAP**. 2005. 585p.

SANTOS, Jerônimo Pereira dos (Coord.). **Cadastramento e Nivelamento de Poços do Aquífero Barreiras no Município do Natal/RN**. CEFETRN/FUNCERN/SERHID/PROÁGUA/IGARN. Relatório Final Volume I. 2006. 198p. Inédito.

SILVA FILHO, Pedro Alves. **Diagnóstico operacional de lagoas de estabilização**. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

SILVEIRA, A. B. S. **Geoprocessamento aplicado à gestão de estação de tratamento de esgotos do Rio Grande do Norte**. 2006. Monografia (Tecnólogo em Controle Ambiental) – Departamento de Recursos Naturais, Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

TAYLOR, Bruce B. **Comprehensive water resources management through geographic information systems**. In Georgia Water Conference. 2005.