

TÓPICOS EM RECURSOS HÍDRICOS

VOLUME III



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Frederico Celestino Barbosa

Tópicos em recursos hídricos

3ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

3ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238T Tópicos em recursos hídricos

/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2024

36 f.: il

DOI: 10.37423/2024.edcl947

ISBN: 978-65-5367-511-7

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. água 2. rios 3. lagos 4. aquíferos I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 620

<https://doi.org/10.37423/2024.edcl947>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORIA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

MSc Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Wesley Pacheco Calixto

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

MSc Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli
MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior
Dra. Suely Lopes de Azevedo
MSc Francisco Odecio Sales
MSc Ezequiel Martins Ferreira
MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio
MSc Carlos Eduardo De Oliveira Gontijo
MSc Rainei Rodrigues Jadejiski
Dr. Rodrigo Couto Santos
Dra. Milena Gaion Malosso
PHD Marcos Pereira Dos Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	5
MODELAGEM DO SISTEMA INTEGRADO DESCOBERTO SANTA MARIA TORTO DO DISTRITO FEDERAL (DF)	
Fabiano da Silva de Oliveira	
Conceição de Maria Albuquerque Alves	
DOI 10.37423/240508965	
 CAPÍTULO 2	 15
"GESTÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM UMA MICRO BACIA HIDROGRÁFICA. ESTUDO DE CASO - CÓRREGO PONTE DE TERRA -DISTRITO FEDERAL"	
Jussara Régia da Penha Silva	
Lucijane Monteiro	
DOI 10.37423/240509011	
 CAPÍTULO 3	 26
ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE UM SISTEMA DE DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA SALOBRA: O CASO DA COMUNIDADE MENDONÇA	
Karla Luísa Feitosa de Lira	
Vanda Maria de Lira	
Carla Isonaide Araújo da Silva	
Rui de Oliveira	
DOI 10.37423/240509021	

Capítulo 1



10.37423/240508965

MODELAGEM DO SISTEMA INTEGRADO DESCOBERTO SANTA MARIA TORTO DO DISTRITO FEDERAL (DF)

Fabiano da Silva de Oliveira

Universidade de Brasília

Conceição de Maria Albuquerque Alves

Universidade de Brasília



Resumo: O sistema Integrado Descoberto Santa Maria \ Torto atende aproximadamente 86 % da população do Distrito Federal. As bacias que fazem parte do sistema vêm sofrendo grandes transformações ao longo do tempo com modificações no uso e ocupação do solo, além disso, as regiões atendidas pelos mananciais tem um grande crescimento populacional. Nesse contexto, com a finalidade de analisar dito problema utilizou-se o modelo de gerenciamento integrado de recursos hídricos WEAP (*Water Evaluation and Planning*). Foram modeladas as seis principais bacias do rio Alto Descoberto afluentes ao lago homônimo para três períodos, utilizando o modelo hidrológico incorporado ao WEAP chamado *Soil Moisture Method* de modo que os parâmetros do modelo pudessem refletir as modificações no uso do solo, igualmente se fez a simulação para o sistema Santa Maria \ Torto com um suprimento constante ao longo do tempo sem considerar as modificações na bacia.

As análises mostraram boa aderência do modelo para os períodos analisados, tanto na calibração quanto verificação e validação. As modificações no uso do solo modeladas foram comparadas com um período tendencial e tiveram pouco influência na disponibilidade da bacia além da dependência cada vez maior do sistema Santa Maria \ Torto do sistema Descoberto.

Palavras-Chave – WEAP, modelagem, sistema de abastecimento.

1. INTRODUÇÃO

A dinâmica do uso do solo na bacia do alto Descoberto, pode em parte ser observada pela transformação de áreas de campo em agricultura e áreas urbanas, concomitante à região vem sofrendo grande crescimento populacional.

Esses fatores combinados com o clima podem levar os sistemas do DF a uma situação crítica. Para gerir todos esses problemas, nas últimas décadas uma visão holística tanto do gerenciamento quanto da modelagem tem surgido como tentativa de solucioná-los.

Com isso, vários especialistas de diversos setores do governo e sociedade civil tem buscado soluções para esses problemas. Para tanto, ferramentas que incorporem as várias etapas da modelagem, capazes de envolver especialista são o estado da arte da modelagem computacional e estão sendo utilizados pelos gestores de recursos hídricos.

Nesse contexto, este trabalho teve o objetivo de analisar as transformações na bacia do Rio Alto Descoberto e a evolução das transferências para o sistema Santa Maria \ Torto. Esses sistemas fazem parte dos cinco subsistemas hoje existentes no DF, sendo eles: Descoberto, Santa Maria \ Torto, Sobradinho Planaltina, São Sebastião e Brazlândia. Igualmente foi feita a avaliação da capacidade de simulação do modelo WEAP, considerando as modificações no uso do solo e o crescimento populacional da área de estudo.

2. METODOLOGIA

2.1 - ÁREA DE ESTUDO

A bacia do Descoberto faz parte da bacia do rio Paraná e está localizada na porção oeste do DF compreendida entre as latitudes 15° 35' e 15° 47' na divisa com o estado de Goiás (GO) no Planalto Central Brasileiro. Com uma área de drenagem total de aproximadamente 433,37 Km².

A área de estudo foi dividida em seis sub-bacias: as bacias dos rios Descoberto (B_DES), Rodeador (B_ROD), Ribeirão das Pedras (B_RP), Chapadinha (B_CH), Capão Cumprido (B_CP) e Olaria (B_OL), que fazem parte da bacia do lago Descoberto e são afluentes ao lago homônimo como é apresentado na Figura 1.

A Barragem de Terra do Ribeirão de Santa Maria, localiza-se entre as latitudes 48° 35' e 48° 47' a noroeste da Rodoviária do Plano Piloto.

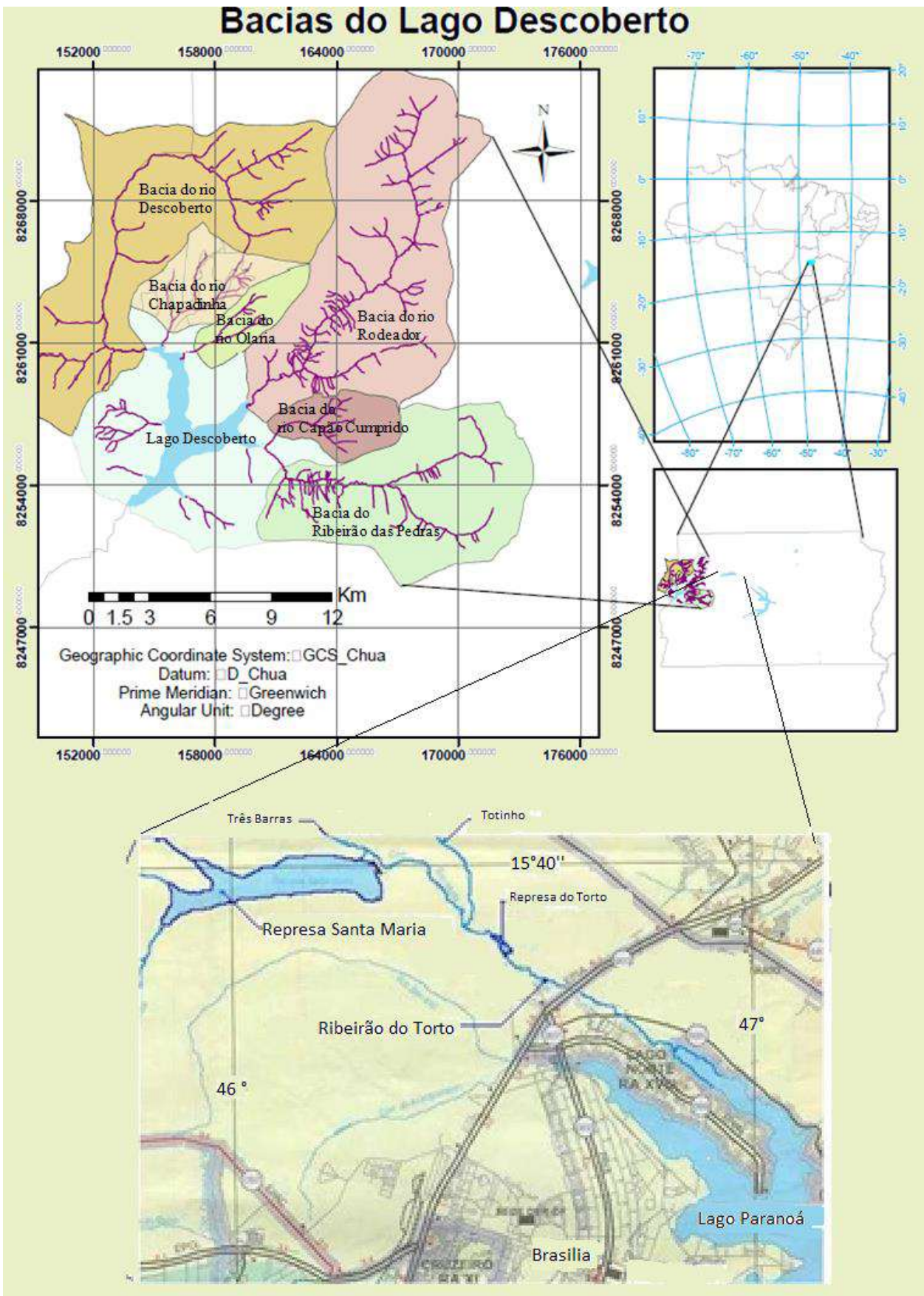


Figura 1 - Mapa da Bacia do Lago Descoberto, caracterizando as seis subbacias consideradas no estudo e a Represa do Torto.

2.2 - CLIMA

Segundo estudos de Martins *et al.* (2004) as diferenças climáticas observadas no DF estão relacionadas principalmente às variações de temperatura com estações secas e chuvosas bem definidas no inverno e verão devido a penetração de massas de ar frio de altas latitudes sul.

2.3 - MÉTODO

Para realizar a simulação no WEAP foi necessário desenhar a rede hídrica conformada pelos rios de cada sub-bacia individualmente. Para cada rio, pertencente a uma sub-bacia determinada foi feita a calibração de vazões que foram avaliadas segundo os valores propostos pelo Moriasi *et al.* (2007), que trabalhou com índices estatísticos de *Nash-Sutcliff*, RSR e PBIAS (Equação 1, 2 e 3).

Inicialmente determinou-se a sensibilidade do modelo para cada subbacia e a partir desses valores variou-se os parâmetros manualmente para otimizar a função estatística *Nash-Sutcliff*. Foram analisados três períodos de 1979 a 1990, 1990 a 2000 e 2000 até 2012 de modo que as funções pudessem refletir as mudanças no uso e ocupação do solo ao longo da modelagem.

Essa calibração foi desenvolvida a partir da simulação do modelo hidrológico incorporado ao WEAP nomeado de *Soil Moisture Method* que gerou os parâmetros para o modelo completo, os detalhes e as equações do modulo hidrológico do *WEAP* podem ser encontrados no Yates *et al.* (2005a) e Yates *et al.* (2005b).

$$NSE = \frac{\sum (Q_o - Q_s)^2}{\sum (Q_o - Q_m)^2} \quad (1)$$

Onde:

Q_s - Vazão simulada; Q_o - Vazão observada; Q_m - Vazão média.

Subsequentemente foi construída a rede hídrica completa com o reservatório e os nós de demandas, como é apresentado na Figura 2.

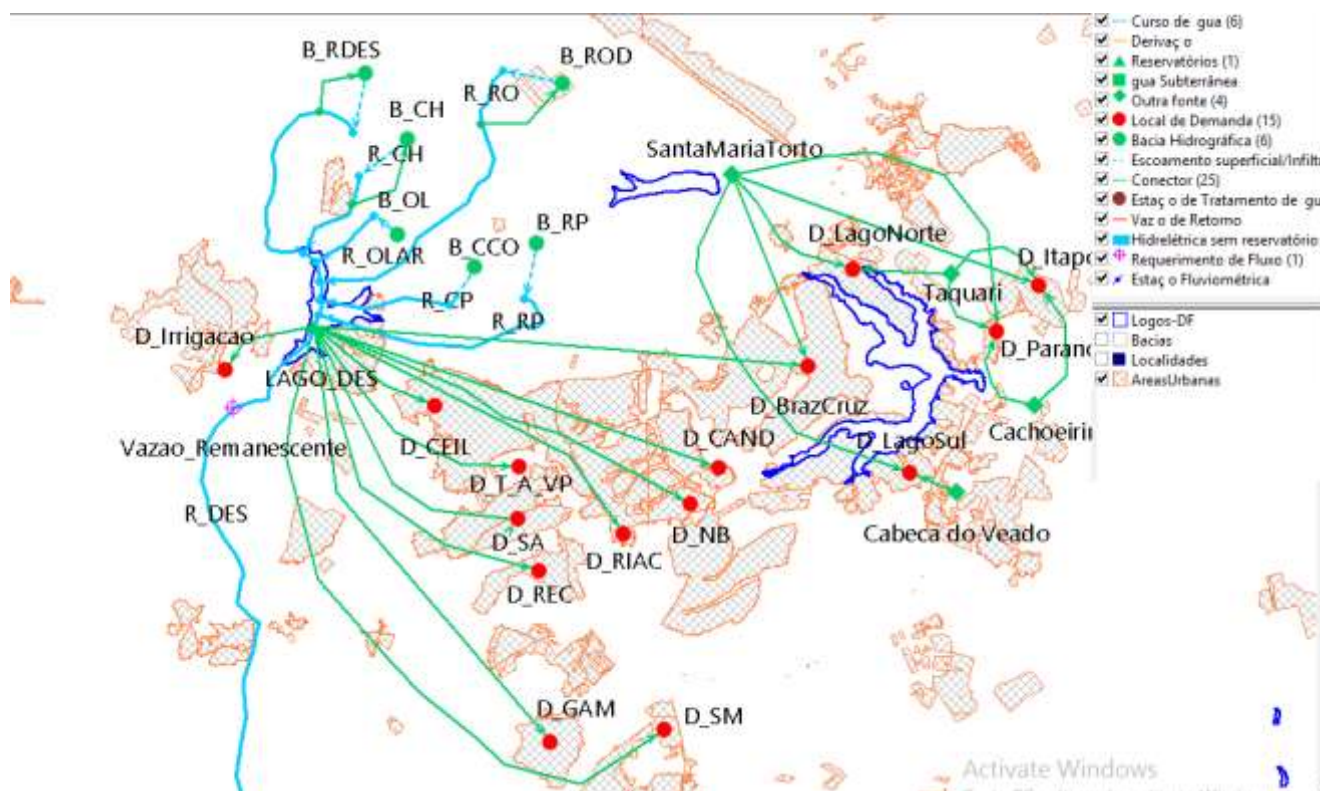


Figura 2 - Rede Hídrica da área de estudo desenhada no WEAP.

Para o sistema Santa Maria \ Torto foi considerado apenas as demandas constantes e correspondentes à capacidade dos mananciais.

Foram introduzidas as informações para cada elemento da rede incluindo os parâmetros calibrados. O reservatório inserido na rede apresenta volume morto na cota 1020 m e um volume máximo na cota 1030 m. Quanto aos nós de demanda foram simulados as seguintes localidades: Ceilândia (D_ CEI), Samambaia (D_ SM), Taguatinga (D_ T_ A_ VP), Recanto das Emas (D_ REC), Riacho fundo (D_ RIC), Gama (D_ GAM), Santa Maria (D_ SA), Candangolândia (D_ CAND), Núcleo Bandeirante (D_ NB), Brasília Cruzeiro (D_ BrazCruz), Itapoã (D_ Itapoã), Paranoá (D_ Paranoá), Lago Sul (D_ lagoSul), Lago Norte (D_ LagoNorte).

Para a derivação ao sistema Santa Maria/ Torto foi inserida prioridade de demanda 2 de modo que as localidades fossem atendidas prioritariamente pelo Sistema Santa Maria/ Torto e assim verificar o aumento da contribuição do Sistema Descoberto ao longo da modelagem.

3. CENÁRIOS

Os cenários propostos foram dois com finalidade de compara-los e verificar as modificações propostas. A Tabela 1 mostra as características de cada um dos cenários propostos.

Tabela 1 – Características dos cenários simulados.

Cenário	Taxa de crescimento populacional	Pluviometria	Modificação no uso do solo	Identificação do cenário
Tendencial	Proposto Caesb (2013)	2012	Transformação de chácaras em áreas urbanas	A
Crescimento de áreas de agricultura	Proposto Caesb (2013)	2012	Transformação de chácaras em áreas urbanas e áreas campo em agricultura	B

Para o cenário (B) construído no modelo com base no cenário (A) tem crescimento populacional conforme proposto por Caesb (2013). No uso e ocupação do solo as modificações propostas foram caracterizadas pela transformação de chácaras em áreas urbanas, baseado na tendência, considerada linear, observada para o ano de 2002 e 2010 e diminuição gradativa das áreas de campo para área de Agricultura ao longo do período da modelagem.

4. RESULTADOS

Os resultados foram divididos em duas etapas: Resultados da Calibração do modelo e resultados do modelo Completo, com os dados calibrados.

4.1 RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO DO MODELO

A Tabela 2 mostra os valores da função Nash-Sutcliffe para os periodos correpondentes a calibração, verificação e validação do modelo.

Tabela 2 - Valores da Calibração do modelo para os periodos de Calibração, veridicação e validação.

Função Objetivo	AREA (Km²)	Nash-Sutcliffe		
		Calibração	Verificação	Validação
Descoberto	116,00	0.70	0.67	0.76
Rodeador	112,00	0.63	0.61	0.64
Ribeirão das Pedras	75,90	0.74	0.60	0.55
Capão Comprido	21,00	0.58	0.65	0.47
Olaria	14,00	0.37	0.39	0.45
Chapadinho	12,60	0.69	0.66	0.71

Nota-se que os valores para as bacias no período de validação tiveram melhoras em todas as bacias, exceto ribeirão das pedras e capão comprido.

4.2 RESULTADOS DO MODELO COMPLETO

A Figure 1, mostra a evolução do balanço nas camadas do solo para os anos de 2013, 2020 e 2030. Nota-se um aumento gradativo do escoamento superficial para o cenário (A) e praticamente constância no cenário (B).

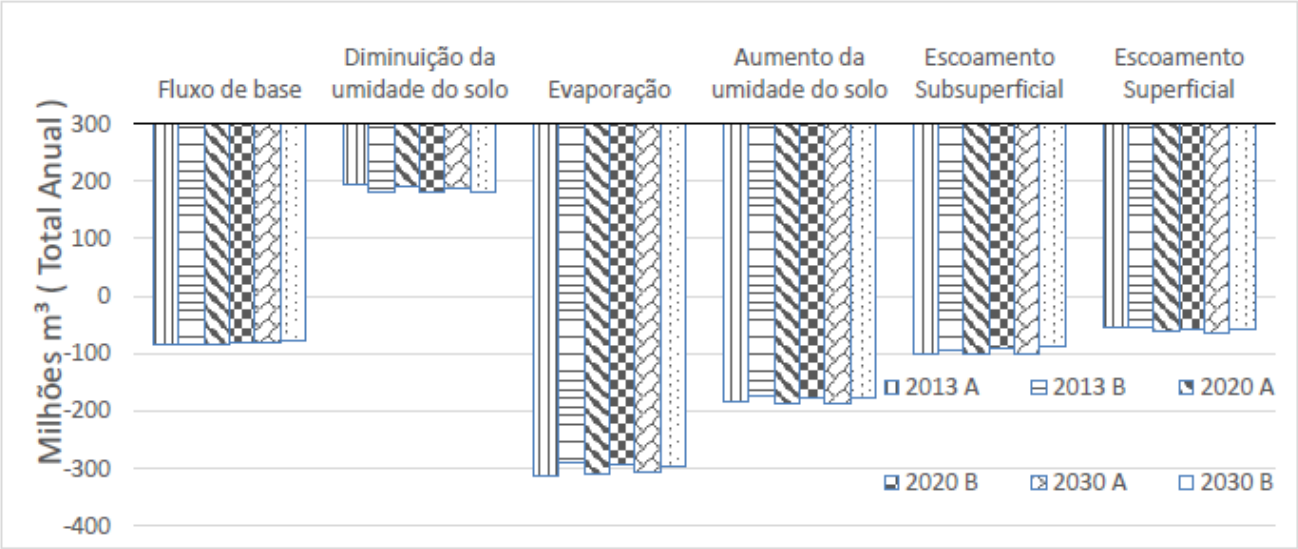


Figure 1 - Balanço hídrico das camadas de solo para os cenários analisados.

Para o fluxo de base ao longo da modelagem o cenário tendencial gera maiores valores, mas com leve decréscimo ao longo dos anos para ambos os cenários.

O gráfico da Figure 1 mostra a evolução das demandas necessárias para o Sistema Santa Maria \ Torto



Figura 2 - Gráfico indicando demandas crescentes para o sistema Santa Maria/ Torto ao longo da modelagem.

5. CONCLUSÃO

A calibração do modelo pode ser considerada em geral boa para todas as subbacias e período analisado, com ressalvas para as bacias de menor área.

As modificações no uso e ocupação do solo foram avaliadas ao longo da modelagem com incremento no escoamento superficial e diminuição no fluxo de base para ambos os cenários.

As transferências do sistema Descoberto para o sistema Santa Maria \ Torto puderam ser modeladas, com aumento gradativo ao longo da modelagem.

O modelo WEAP mostrou-se útil na modelagem da área, sendo uma ferramenta útil no gerenciamento dos recursos hídricos da área.

6. BIBLIOGRAFIA

Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal- CAESB (2013). Índices de Atendimento na Prestação dos Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário “Adaptação da Metodologia do SNIS para o Distrito Federal”. 26 p.

MORIASI, D.N.; ARNOLD, J.G.; LIEW, M.W.V.; BINGNER, R.L.; HARMEL, R.D.;VEITH, T.L. (2007). "Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations". Watershed Simulations, 50,(3), 885-900.

REATTO, A., MARTINS, E. S, CARDOSO, E.A, SPERA, S.T, CARVALHO JR., O. A. C., GUIMARÃES,R, SILVA, A. V ,FARIAS, M. F. R (2003) “Levantamento de reconhecimento de solos de alta intensidade do alto curso do rio Descoberto, DF/GO, escala 1: 100.000” Boletim de pesquisa e desenvolvimento Nº 92. EMBRAPA Cerrados, Planaltina-Distrito Federal.

STOCKHOLM ENVIRONMENT INSTITUTE-SEI,(2001). Water Evaluation and Planning-WEAP: User Guide for WEAP21.Boston USA.

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE DO DF-SEDUMA(2012). Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal. Plano de Trabalho. Brasília-DF. 124 p.

YATES, D., PURKEY, D., SIEBER, J., HUBER- LEE, A. & GALBRAITH, H., (2005a). “Planning Model Part 2 : Aiding Freshwater Ecosystem Service Evaluation.” “International Water Resources Association,” 30(4), 501-512.

YATES, D., PURKEY, D., SIEBER, J., HUBER- LEE, A. & GALBRAITH, H., (2005b). “WEAP – A Demand- , Priority- , and Preference-Driven Water Planning Model Part 1 : Model Characteristics.” “International Water Resources Association,” 30(4), 487-500.

Capítulo 2



10.37423/240509011

"GESTÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM UMA MICRO BACIA HIDROGRÁFICA. ESTUDO DE CASO - CÓRREGO PONTE DE TERRA -DISTRITO FEDERAL"

Jussara Régia da Penha Silva

Companhia de Saneamento Ambiental do DF

Lucijane Monteiro

Universidade de Brasília



Resumo: Este trabalho tem por objetivo avaliar, sob o ponto de vista legal, a gestão e o gerenciamento da qualidade da água na micro bacia hidrográfica córrego Ponte de Terra, que abrange a Região Administrativa do Gama - DF. Para o levantamento das atividades produtivas e de uso e ocupação do solo da micro bacia utilizou-se pesquisa documental, mapas de uso e ocupação do solo a partir de imagens de satélite extraídas por meio do software Envi 4.3. Para análise da qualidade da água utilizou-se valores do Índice de Qualidade de Água (IQA) disponibilizados no banco de dados do programa de monitoramento da Caesb. Aplicou-se o teste Kruskal-Wallis para verificar e validar a hipótese de influência do uso e ocupação da área estudada na qualidade da água do córrego Ponte de Terra. Os resultados mostraram que o percentual relativo à mata ciliar se apresenta em níveis equilibrados para os períodos 1997, 2000 e 2008, variando entre 3.4% e 3.6%. Com relação à ocupação urbana, foi possível constatar um percentual elevado de 1.3% em 1997 para 22% em 2008. Por outro lado, o percentual de área de degradação/solo exposto na bacia manteve-se estável. Apesar da crescente ocupação do solo verificou-se nos três anos analisados que o IQA manteve-se na classe “boa”, tendo em vista a manutenção e conservação da função bem conhecida da mata ciliar.

Palavras-Chave: bacia hidrográfica, uso e ocupação do solo, qualidade de água.

INTRODUÇÃO

A água, um recurso insubstituível em diversas atividades humanas, passou a ser uma preocupação crescente não apenas no que se refere à quantidade disponível, mas, principalmente em relação à sua qualidade. Segundo Von Sperling (1995) a qualidade de uma determinada água é função do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, porém a qualidade desejável para uma determinada água é função de seu uso previsto.

O crescimento urbano desordenado próximo às águas superficiais, na forma de invasões, loteamentos, é motivo de alerta para a necessidade de planejamento urbano e políticas públicas que visem à melhoria da qualidade ambiental.

Segundo Mota e Aquino (2001), a acelerada demanda da água e a multiplicidade de seu uso têm acarretado crises de escassez e conflitos de interesse, perturbações sociais, competição institucional e até mesmo barreiras ao crescimento econômico e à preservação ambiental, necessitando, desse modo, o gerenciamento dos recursos hídricos, sob os aspectos qualiquantitativos. Assim, a qualidade da água de um determinado recurso hídrico pode ser determinada pelo o IQA (Índice de Qualidade das Águas), elaborado em 1970 pela *National Sanitation Foundation* (NSF) dos Estados Unidos, com uso de pesquisa de opinião a especialista sobre os melhores parâmetros e seus pesos relativos (ANA, 2005).

PORTO *et al* (1991) ressalta que o IQA é um instrumento facilitador da transmissão pública de informações a respeito da qualidade dos recursos hídricos, além de mostrar possíveis tendências temporais dessa qualidade e permitir comparar diversos cursos d'água

Para Calijuri e Bubel (2006), a água, além de insumo básico e essencial à vida em todas as suas formas, também representa bem de consumo para quase todas as atividades humanas. Por sua importância, tanto em relação a seus diversos usos quanto à manutenção de sua qualidade e quantidade, os recursos hídricos são considerados um bem comum que deve ser gerido de forma integrada, garantindo, assim, aproveitamento otimizado com o mínimo de conflitos. Assim, a gestão integrada dos recursos hídricos considera a água como uma parte integral do ecossistema, um recurso natural e um bem tanto social quanto econômico, cuja quantidade e qualidade determinam a natureza de sua utilização (Art. 18.8. AGENDA 21, 1996).

A gestão dos recursos hídricos no Distrito Federal ganhou força a partir de 1990 com aprovação do regulamento da Política Ambiental por meio do Decreto 12.960/90, que estabeleceu a necessidade de

licenciamento ambiental e estudos prévios de impacto ambiental para obras e atividades potencialmente poluidoras como forma de controlar a qualidade ambiental do DF.

Em 2006 foi criado o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranoá em 2006, órgão vinculado ao Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal que consolida a participação da sociedade civil e promove debates sobre questões relacionadas aos recursos hídricos, além de ser responsável por estabelecer os mecanismos de cobrança e sugerir valores pelo uso de recursos do Paranoá, desenvolver e apoiar iniciativas em educação ambiental e definir prioridades para concessão do direito de uso dos recursos na bacia.

A gestão ambiental, no contexto das bacias hidrográficas, pode ser entendida como “o processo de articulação das ações dos diferentes agentes sociais que interagem no espaço das bacias hidrográficas, visando garantir a adequação dos meios de exploração dos recursos ambientais (naturais, econômicos e socioculturais) às especificidades do ambiente” e consiste na administração do meio ambiente, junto ao gerenciamento de todas as atividades antrópicas, as quais tenham impactos significativos sobre o meio (RIZZI, 2004).

Lanna (1993) ressalta que a gestão não deve ser feita isoladamente para cada recurso natural, já que o uso de um pode influenciar no outro, como é o exemplo da vinculação entre água e do solo, e menciona que a gestão ambiental associa-se com a gestão de recursos hídricos por meio de um processo de articulação das ações dos diferentes atores sociais que integram em um dado espaço, com vistas a garantir a adequação dos meios de exploração dos recursos ambientais (naturais, econômicos e socioculturais) às especificidades do meio ambiente, com base em princípios e diretrizes previamente acordados e definidos.

As questões qualitativas referentes à água foram negligenciadas durante anos em detrimento de uma gestão puramente quantitativa, e este é um paradigma que precisa mudar; sabe-se que as características de qualidade e quantidade são indissociáveis, e isso gera consequências como “a falta de informação e de organização das informações existentes dificulta uma visão fidedigna da condição dos corpos d’água do país” (ANA, 2005).

Para Porto (2002), a gestão da qualidade da água no Brasil não tem historicamente merecido o mesmo destaque dado à gestão da quantidade de água, quer no aspecto legal e nos arranjos institucionais em funcionamento no setor, quer no planejamento e na operacionalização dos sistemas de gestão.

Como contribuição para a temática de gestão de recursos hídricos, o presente estudo destina-se a avaliar a gestão da qualidade da água, analisando a evolução do uso e ocupação do solo, contrapondo com as séries temporais de Índices de Qualidade de Água IQA da micro bacia hidrográfica do Córrego Ponte de Terra em Brasília Distrito Federal em função de sua relevância para abastecimento humano.

MATERIAL E MÉTODOS

Delimitou-se a micro bacia hidrográfica do córrego Ponte de Terra com base nas cartas planialtimétricas elaboradas pelo IBGE, nas escalas 1:25.000, ano 1983, assim como suas características física, econômica e social. Já os mapas de evolução do uso e ocupação do solo foram elaborados a partir de imagens de satélite, do mapeador temático Landsat TM (Thematic Mapper) 5, órbita 221, INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais) e de fotos aéreas, CODEPLAN, cedidas pela Gerência de Proteção de Mananciais – CAESB, com informações sobre a hidrografia e os tipos de uso do solo, por meio do software Envi 4.3.

Para a análise utilizou-se mapas hidrográficos, identificação dos pontos de amostragens, áreas de preservação de mananciais pontos de observação de campo e de interpretação dos valores de IQA - parâmetros monitorados cor, turbidez, amônia, ferro total, cloreto, demanda química de oxigênio (DQO), potencial hidrogeniônico (pH) e coliformes totais - entre 1997 e 2008.

Após a definição das classes de uso do solo, traçou-se os polígonos para cálculo das áreas de cada tipo de classe em cada série temporal analisada.

Para a elaboração do mapa, foi necessário definir as classes de uso do solo, com maior representatividade dentro da micro bacia, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Classes de uso do solo

1	Cerrado
2	Cultura / pastagem
3	Mata ciliar
4	Ocupação urbana
5	Área degradada/solo exposto

As informações contidas no mapa de uso do solo e no mapa das áreas de preservação serviram de base para, por meio do processo de geoprocessamento, gerar o mapa de conflitos de uso segundo a legislação ambiental.

Com as pesquisas de campo, apoio dos mapas temáticos e os resultados das análises físico-químicos e microbiológicos, foi possível avaliar a realidade ambiental da micro bacia hidrográfica Córrego Ponte de Terra.

Utilizou-se o teste de Kruskal Wallis para investigar a validade das hipóteses previamente levantadas sobre os dados e verificar se os efeitos do adensamento populacional têm alterado a qualidade da água do córrego Ponte de Terra de forma a apresentar variações significativas entre os pontos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ocupação urbana territorial do DF encontra-se intrinsecamente relacionada com os planos de urbanização e com os instrumentos legais utilizados pelo Estado, que objetivam a regulamentação e a fiscalização da ocupação e do uso do solo (SILVEIRA, 1999).

A Região Administrativa do Gama, área urbana, inserida na área de estudo, ocupa uma área de 276,34 km² e tem como sede a cidade satélite de mesmo nome, com 15,37 km² de área urbana, situada 33 km a Sudoeste de Brasília (CODEPLAN, 2006).

A cidade foi fundada em 1966 para acolher as famílias de uma invasão situada na barragem do Paranoá, moradores transferidos da Vila Planalto e da Vila Amauri e, posteriormente, os habitantes do Setor de Indústria de Taguatinga.

Com relação à coleta de esgoto, a Região Administrativa do Gama conta com uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) que foi projetada para atender uma população aproximada de 182.000 habitantes com capacidade média de projeto de 328 l/s.

Os estudos do regime pluviométrico da região do Gama onde se encontra a micro bacia córrego Ponte de Terra confirmam que os índices pluviométricos e sua variabilidade interanual são bem representativos na área em estudo. As informações obtidas por meio dos dados da estação analisada permitem concluir que o regime pluviométrico é sazonal independente do ano e a precipitação média anual no período de 1992 a 2009 foi de 1585,9 mm.

Os principais rios que atravessam a área de estudo, são: córrego Estiva, córrego Monjolo, córrego Olho d'Água e Ribeirão Alagado, como demonstrado no diagrama unifilar (Figura 1).

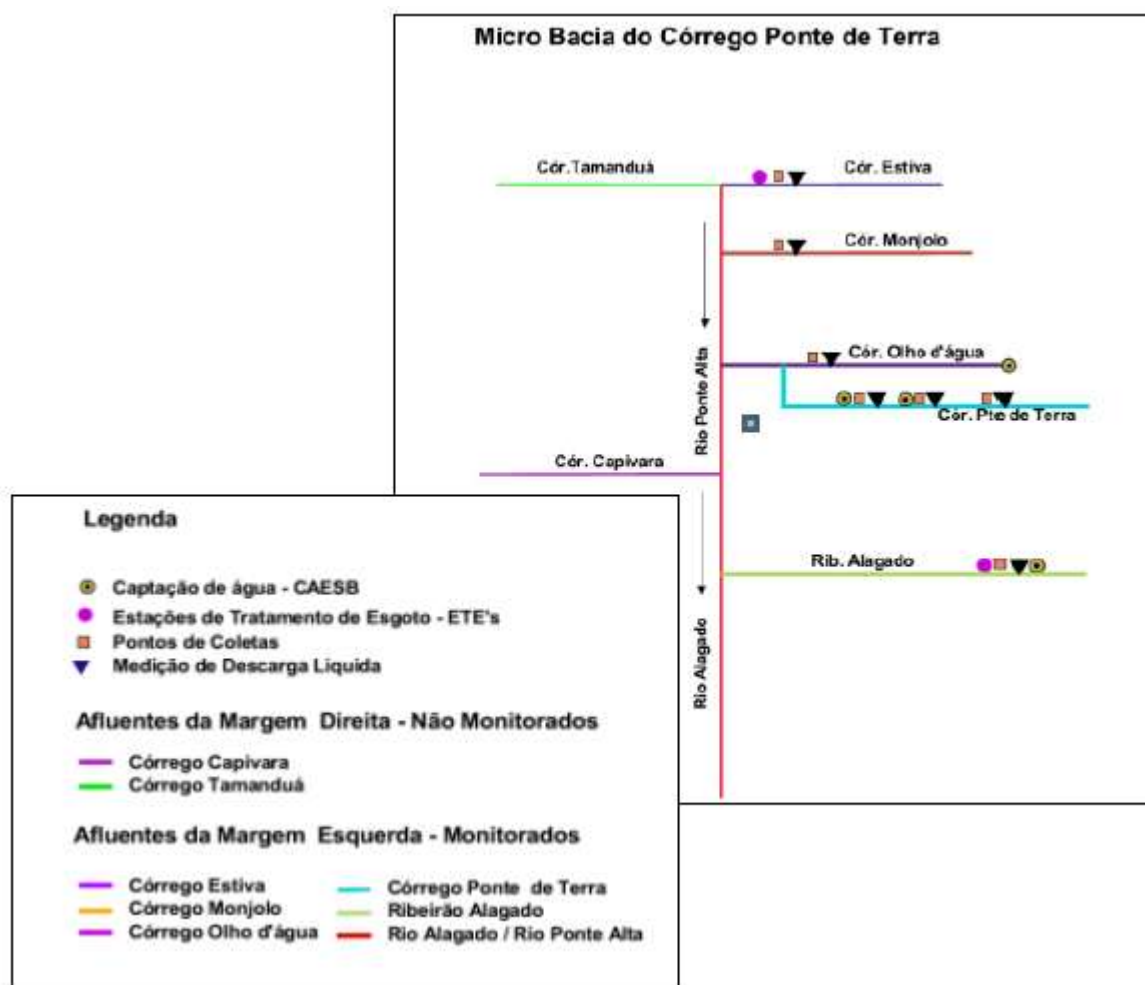


Figura 1: Diagrama unifilar do córrego Ponte de Terra

O uso e ocupação do solo na área de estudo, referente aos anos 1997, 2000 e 2008 e apresentado na Figura 2, permite evidenciar as mudanças ocorridas no espaço da micro bacia hidrográfica Córrego Ponte de Terra. Além da expressiva redução nas áreas naturais, chama a atenção à expansão da área urbana da cidade do Gama, que se estende para a área em estudo.

A quantificação de cada classe de uso do solo, a partir dos mapas, possibilitou a construção da Tabela 2, onde em 1997 a área coberta por cerrado predominava e correspondia a 42,5% da área de estudo. Em 2000 este valor apresentou-se na marca dos 37,3%. Para o período mais recente, ano de 2008, o valor foi mais baixo do que nos anos anteriores, 30,6%. A classe cultura/pastagem apresentou um pequeno crescimento de 1997 (41%) para 2000 (42,4%) e diminuiu consideravelmente em 2008, para um percentual em torno de 31,6%. Já o percentual relativo à mata ciliar se apresenta em níveis equilibrados para os três períodos: 3,4% em 1997; 3,6% em 2000 e 3,6% em 2008. Porém, ainda que sem grandes alterações, vale ressaltar a importância da mata ciliar por manter a boa qualidade da água, além de reduzir a erosão das margens e, conseqüentemente, o assoreamento dos rios. Foi

possível constatar, entre 1997 e 2000, uma pequena elevação percentual com relação à ocupação urbana de 1,3% para 2,5 %, e em 2008 este percentual atingiu a marca de 22%. A classe de uso da terra classificada como área degradada/solo exposto apresentou, entre o 1997 e 2000, um aumento percentual de 11,8% para 14,1%, e em 2008, este valor diminuiu para 12,2%. Significa que o solo se apresenta descoberto e menos protegido contra a ação erosiva das chuvas e dos ventos.

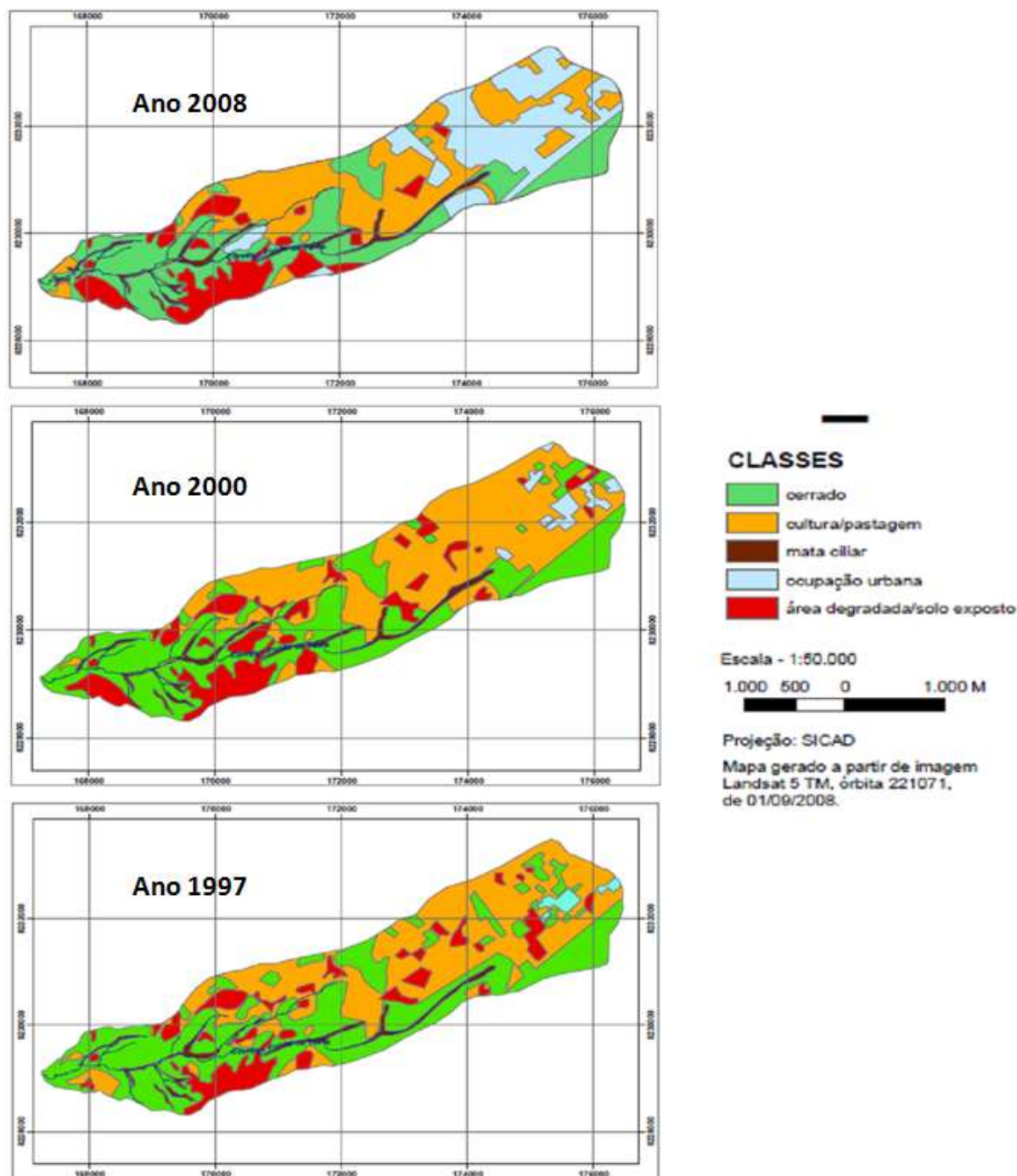


Figura 2 - Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia Ponte de Terra nos anos 1997, 2000 e 2008

Tabela 2: Uso do solo nos anos de 1997, 2000 e 2008

Anos	1997		2000		2008	
Classe	Área (ha)	% (*)	Área (ha)	% (*)	Área (ha)	% (*)
Cerrado	771,1	42,5	682,9	37,3	553,4	30,6
Cultura/pastagem	744,7	41	776,1	42,4	571,9	31,6
Mata ciliar	62,3	3,4	65,5	3,6	65,6	3,6
Ocupação urbana	22,9	1,3	46,6	2,5	398,6	22
Área degradada solo exposto	213,8	11,8	258,2	14,1	224,4	12,2
Total	1814,8	100	1829,3	100	1813,9	100

(*) % sobre total da bacia

A qualidade da água não se refere ao grau de pureza absoluto, mas ao padrão tão próximo quanto ao natural, ou seja, como se encontra nos rios e nascentes, anteriormente a antropização (PORTO *et al.* 1991). Essa qualidade observada por meio do IQA, não apresentou em níveis de qualidade extremos (muito ruim ou excelente) e sim nas faixas de qualidade boa, ou muito boa.

Os dados evidenciam que a condição de qualidade “Muito boa” ocorreu com maior frequência na captação Ponte de Terra (ponto 3) (58%), seguida pelas captações Ponte de Terra (ponto 2) (55%) e Ponte de Terra (ponto 1) (24%). Com o objetivo de comparar esses resultados, foram comparados os dados do ponto 1 para os anos 1997, 2000 e 2008 e o mesmo procedimento para os pontos 2 e 3. O valor da estatística Kruskal-Wallis foi de $H = 2.7569$ para todos os pontos, e indica que o índice não foi sensível o suficiente para apontar algumas modificações na qualidade da água. Assim, sugere-se que a mata ciliar tenha servido de tampão para a proteção do rio, como também considerado por Gregory *et al.* (1991) e Lowrance *et al.* (1984), onde demonstram que a mata ciliar desempenha uma função necessária na regulação das interações entre os ecossistemas terrestre e aquático, o que torna-se evidente a importância da conservação do ecossistema ripário, em destaque dentre a mata ciliar (LIMA e ZAKIA, 2000).

CONCLUSÃO

O crescimento urbano desordenado em algumas partes da bacia, com o surgimento de invasões, bem adensados em termos de população, entre outras pressões antrópicas, retrata uma realidade de abandono ambiental e alerta para a necessidade de planejamento urbano e políticas públicas que visem à melhoria da qualidade ambiental.

O acelerado crescimento populacional aliado ao uso e ocupação das áreas urbana e rural impacta o meio ambiente, e de modo mais acentuado os recursos hídricos. Os valores de IQA, assim como os dados de uso e ocupação da bacia por classes de uso mostraram que, apesar do adensamento, a qualidade da água do córrego Ponte de Terra ficou preservado reafirmando que a mata ciliar tem função de preservação dos recursos hídricos.

A gestão dos recursos hídricos é uma sucessão de constantes mudanças para adaptar-se a novas realidades e problemáticas; sendo assim, espera-se que a análise feita neste estudo, que se refere à legislação e as políticas públicas pertinentes à conservação dos recursos hídricos possam não só subsidiar novos processos, mas também colocar em prática as já existentes. O principal objetivo da gestão dos recursos hídricos na micro bacia Córrego Ponte de Terra deve ser na concentração de esforços para conservação da biodiversidade, visto os prejuízos causados pelas ocupações irregulares nas áreas de mananciais.

REFERÊNCIAS

AGENDA 21, Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, Brasília, 1996.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil. (*Cadernos de Recursos Hídricos*, 1), 2005

CALIJURI, M. C.; BUBEL, A. P. M. Conceituação de Microbacias. In: LIMA, W de P.; ZAKIA, M.J.B. (orgs.) *As florestas plantadas e a água. Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento*. São Carlos: Ed. Rima, 2006. 226p.

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL CODEPLAN. Disponível em: <http://www.codeplan.df.gov.br>. 2006. Acesso em 29 de agosto de 2009.

GREGORY, S. V.; SWANSON, F. J., MCKEE, W.A.; CUMMINGS, K.W. An ecosystem perspective of riparian zones. *Bioscience*, 1991.

LANNA, A. E. L., Gerenciamento de Bacia Hidrográfica: conceitos, princípios e aplicações no Brasil. *Série de Recursos Hídricos*, nº 29, Rio Grande do Sul: UFRGS/IPH, 1993.

LIMA, W. P.; ZAKIA M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES; R. R.; LEITÃO FILHO; H. F. (Ed.) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000.

LOWRENCE, R.; TODD,R.; FALL JUNIOR,J.; HENDRICKSON JUNIOR, O.; LEONARD, R.; ASMUSSEN,L. Riparian forest as nutrient filters in agricultural watercheds. *Bioscience*, 1984

MOTA, S. & AQUINO, M. D. de. Gestão Ambiental. In: CAMPOS, N. & STUART, T. (Orgs.) *Gestão das Águas: princípios e práticas*. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001.

PORTO, M. F. A. Sistemas de gestão da qualidade das águas: uma proposta para o caso brasileiro. (Tese) *Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*, São Paulo, 2002.

PORTO, M. F. A; BRANCO, S. M. & DE LUCA, S. J. Caracterização da qualidade da água. In:

PORTO, R. L. L. (Org.) *Hidrologia Ambiental*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991. *Coleção ABRH de Recursos Hídricos*; v. 3.

RIZZI, Nivaldo Eduardo. Introdução ao Manejo de Bacias Hidrográficas. *Material apostilado*. Curitiba, UFPR, PPGEF, 2004.

SILVEIRA, D. P. F. Gestão Territorial do Distrito Federal: Trajetórias e Tendências. In: Aldo Paviani, A. Brasília – *Gestão urbana: conflitos e cidadania*. Brasília: Ed. UnB, 1999.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. *Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG*. 2ª Ed. Revisada, 1995.

Capítulo 3



10.37423/240509021

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE UM SISTEMA DE DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA SALOBRA: O CASO DA COMUNIDADE MENDONÇA

Karla Luísa Feitosa de Lira

Universidade Estadual da Paraíba

Vanda Maria de Lira

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Carla Isonaide Araújo da Silva

Universidade Estadual da Paraíba

Rui de Oliveira

Universidade Federal da Paraíba



Resumo: Considerando a atual falta de água doce no semiárido brasileiro, busca-se suprir tal problemática a partir de soluções alternativas de abastecimento de água, por meio de poços artesianos. Diante disso, o município de Juazeirinho – PB encontra-se em situação de vulnerabilidade, sendo necessário equacionar-se a água salgada, devidamente tratada, por meio de dessalinização via osmose reversa, como recurso viável para consumo humano. Esta pesquisa foi realizada na comunidade Mendonça, zona rural do município, em um poço que abastece cerca de 80 famílias. Com o objetivo da monitoração dos indicadores físico-químicos (temperatura, pH, turbidez, condutividade elétrica, dureza total e nitrato), no período de março a julho de 2017, totalizando 13 coletas cujos parâmetros devem atender ao padrão de potabilidade, estabelecido pela Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da Saúde e não oferecer risco à saúde humana. Os resultados apresentaram uma melhoria na qualidade da água especialmente nos indicadores nitrato e dureza total.

Palavras-chave: Semiárido, Dessalinização, Qualidade de água subterrâneas.

INTRODUÇÃO

Atualmente, uma das principais preocupações com a qualidade da água distribuída à população humana, é por fazer parte do processo de construção e manutenção da vida. A água subterrânea é uma fonte viável para o abastecimento, no entanto, deve-se levar em consideração as restrições, assim como os custos de captação, adução e tratamento.

A região semiárida do Nordeste do Brasil sofre com os recursos hídricos escassos, somado com o uso indiscriminado da água e aumento da poluição, que contribui de forma intensa para a degradação da qualidade da água e amplia os problemas ambientais (SILVA *et al.*, 2014).

A qualidade das águas da região é salobra e com teores elevados de sais que ultrapassam os valores permitidos pela Organização Mundial de Saúde; restrições que, em parte, explicam o abandono de inúmeros poços públicos e privados. A utilização de águas subterrâneas é de grande importância para o desenvolvimento das atividades econômicas e sociais da região.

A água distribuída coletivamente por meio de sistema ou de solução alternativa coletiva de abastecimento deve ser monitorada e, objeto de controle e vigilância. A Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da saúde define controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano da seguinte forma:

- Controle da qualidade da água para consumo humano: conjunto de atividades exercidas regularmente pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água destinado a verificar se a água fornecida à população é potável, de forma a assegurar a manutenção desta condição;
- Vigilância da qualidade da água para consumo humano: conjunto de ações adotadas regularmente pela autoridade de saúde pública para verificar o atendimento a esta Portaria, considerados os aspectos socioambientais e a realidade local, para avaliar se a água consumida pela população apresenta risco à saúde humana.

As variáveis físico-químicas são de grande valor, determinadas através de métodos simples, rápidos e de menor custo, podendo ser usados como indicadores sentinelas, como instrumento de identificação precoce de situações de risco, prevenindo a ocorrência de doenças de veiculação hídrica passíveis de prevenção e controle com medidas de saneamento básico.

A temperatura tem uma característica física relevante como parâmetro de qualidade da água devido a sua influência nas reações das substâncias presentes neste recurso. Elevações da temperatura

aumentam as taxas das reações químicas e biológicas, diminuem a solubilidade dos gases e aumentam a taxa de transferência destes (VON SPERLING, 2005). Em relação às águas para consumo humano, temperaturas elevadas aumentam as perspectivas de rejeição ao uso (BRASIL, 2014). A Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da saúde, não estabelece padrões, porém ela deve ser analisada em conjunto com outros parâmetros.

O potencial hidrogeniônico (pH) consiste na concentração dos íons H^+ na água e expressa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas de um determinado meio aquático (LIBÂNIO, 2008). É fator primordial nos processos de coagulação, desinfecção e abrandamento das águas, no controle da corrosão e no tratamento de esgotos e despejos industriais (BRASIL, 2014). O pH ácido favorece o processo de desinfecção, geralmente em águas mais alcalinas o consumo de cloro é maior. A Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da saúde, recomenda que no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 UT.

A turbidez é uma característica da água devida à presença de partículas em estado coloidal, em suspensão, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e outros organismos microscópicos. Ela expressa a interferência à passagem de luz através do líquido, portanto, simplificada, a transparência da água. A Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da saúde, estabelece que o valor máximo permitido de aceitação para consumo humano não deve ultrapassar 5,0 uT.

A condutividade elétrica da água indica sua capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions (BRASIL, 2014). De acordo com o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da saúde não há valores estipulados para condutividade elétrica.

A dureza da água é a soma dos cátions bivalentes presentes na sua constituição e expressa em termos da quantidade equivalente de $CaCO_3$. Os principais íons metálicos que garantem dureza à água são alcalino-terrosos, como cálcio e manganês, que quase sempre estão associados a íons sulfato (DI BERNARDO; DANTAS, 2005). A Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da saúde, estabelece que o valor máximo permitido para dureza total em água potável o valor de 500 mg/L em termos de $CaCO_3$.

O nitrato pode estar presente em águas superficiais e subterrâneas, como consequência natural do ciclo do nitrogênio e também decorrente de atividades agrícolas. A variação de nitrato nas águas superficiais acontece de forma mais rápida, já em águas subterrâneas, devido à dificuldade de

renovação do recurso, a presença do nitrato é mais uniforme. Esse fator é preocupante, pois uma vez poluído o recurso levará muito tempo para recuperação total do corpo hídrico. Sendo solúveis e estáveis, esses nitratos misturam-se à água subterrânea bombeada pelos poços. A Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da saúde, estabelece que o valor máximo permitido seja de 10 mg/L.

Neste contexto, baseado em análises físico-químicas, este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da água subterrânea salobra que passa pelo processo de dessalinização por osmose reversa, e abastece uma comunidade priurbana do semiárido do nordeste do Brasil.

METODOLOGIA

O município de Juazeirinho (7º 4' 1" Sul 36º 24' 42" Oeste, 553m de altitude média), com IDH de 0,567 e população de 22.000 habitantes (IBGE, 2010), com área de 467,5 km², dista cerca de 212 km da capital do estado da Paraíba, está localizado na mesorregião da Borborema e na microrregião do Seridó Oriental Paraibano. O município encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do rio Paraíba, sub-bacia do rio Taperoá.

O objeto de estudo foi o Sistema de Abastecimento D'água na comunidade Mendonça, zona rural do município de Juazeirinho – PB, que abastece 80 famílias que têm como principais fontes de renda o cultivo de frutas regionais. O sistema de tratamento por dessalinização, com capacidade para abastecer cerca de 400 pessoas, foi monitorado entre março a julho de 2017, sendo coletadas 13 (treze) amostras da água bruta, da água tratada e do rejeito. Na Figura 1 encontram-se ilustradas o sistema de abastecimento.

Figura 1: Conjunto poço dessalinizador e reservatório comunidade de Mendonça.



Fonte: Autor.

A monitoração de cada ponto de coleta foi baseada em três amostras coletadas e analisadas subsequentemente, in loco. Em cada ponto de coleta foi escolhido um local protegido da incidência direta de luz, para a colocação do aparato de análise das variáveis de campo. Os métodos utilizados para realização das análises foram os recomendados pelo Standard methods for the examination of water and wastewater (APHA, AWWA, WPCF, 2012).

Para todos os indicadores analisados foi verificada a frequência de conformidade e não conformidade com o padrão de potabilidade estabelecido pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da Saúde, que trata das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.

A temperatura foi medida com a utilização de termômetro de filamento de mercúrio, com escala de 0 a 60 °C e precisão de 0,1°C. O pH foi determinado pelo método potenciométrico com medidor de pH portátil, calibrado com soluções tampões. A Turbidez foi determinada pelo método nefelométrico com a utilização de turbidímetro portátil provido de fonte de luz de filamento de tungstênio, sendo a distância atravessada pela luz incidente não maior que 10 cm.

O método para medida da condutividade foi o potenciométrico, baseado na capacidade da água de conduzir corrente elétrica, estando relacionada à concentração de íons. O equipamento utilizado está sendo um condutivímetro de bancada. A dureza total é a propriedade agregada da água devida à

presença de sais de cálcio e magnésio, está sendo determinada pelo método titulométrico do EDTA, utilizando Preto Azul de Eriocromo como indicador.

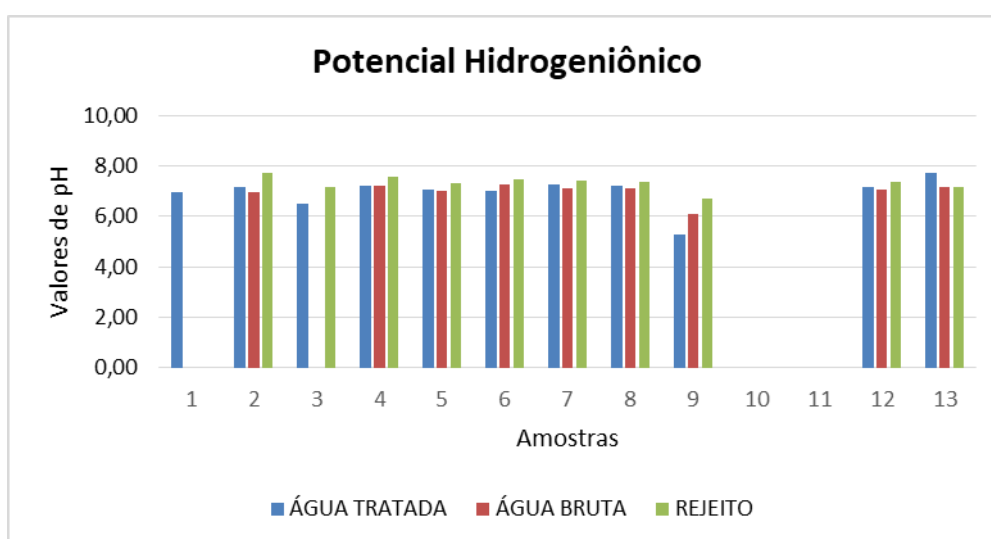
Para a análise de nitrato está sendo utilizado método do Salicilato o qual consiste do processo de evaporação de uma alíquota de 20 mL da amostra com salicilato de sódio, que em condições ácidas reagem entre si formando paranitrosalicilato de sódio, o qual na presença de tartarato de sódio e potássio, desenvolve uma cor amarela, estável por até uma hora. A intensidade da cor corresponde as faixas de concentração de 0 – 5 mg N – NO₃/L, o método obedece a Lei de Beer a 415 – 420 nm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os indicadores temperatura e condutividade elétrica não possuem parâmetros estabelecidos segundo a Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da Saúde e a Resolução CONAMA nº 396/2008. Entretanto a importância desses indicadores é devido a suas relações com os demais processos que implicam diretamente na qualidade da água, tais como ocorrência indesejada de reações químicas e teor elevados de sais presente. Os valores da temperatura variaram de 23 à 28º C. A água tratada obteve o menor valor de condutividade das amostras, enquanto que a água bruta e o rejeito variaram de 2,77 à 4,43 respectivamente.

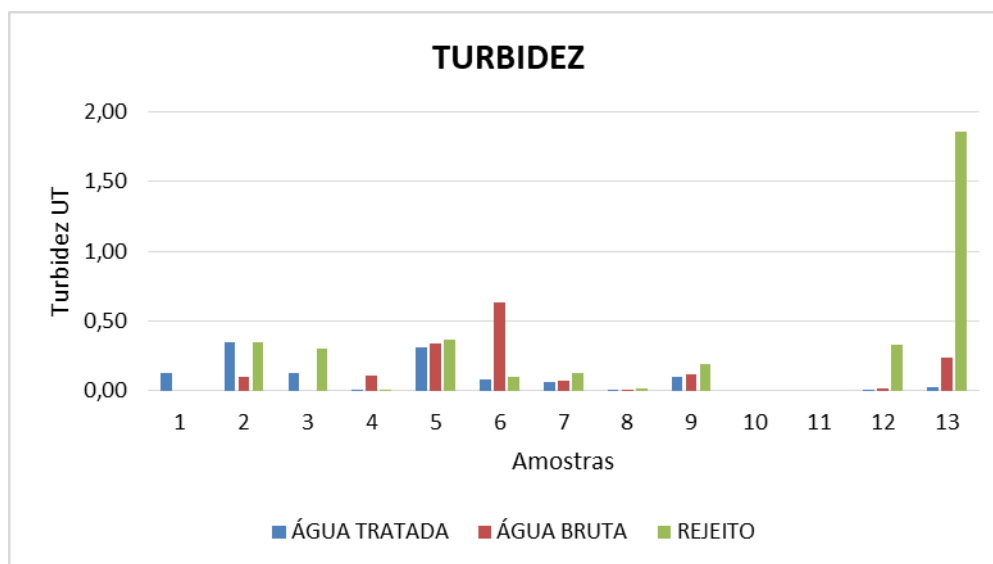
De acordo com a Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da Saúde o pH da água potável deve estar situado entre 6,0 a 9,5. Nas amostras analisadas (Figura 2) todas atenderam ao padrão estabelecido na Portaria.

Figura 2: Variação Temporal do Potencial Hidrogeniônico nas águas analisadas.



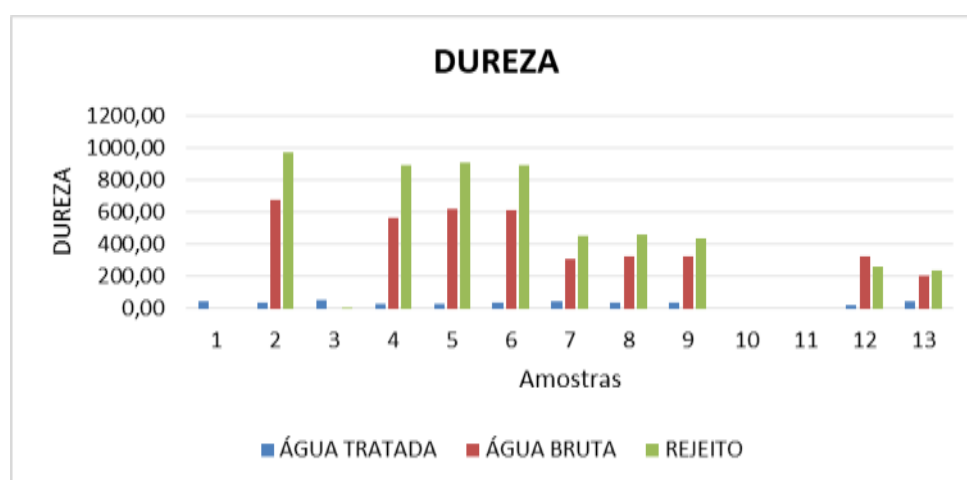
O parâmetro turbidez, em todos os pontos analisados (água bruta, água tratada e rejeito), esteve sempre abaixo do valor máximo permitido (5,0 uT) pela Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da Saúde (Figura 3).

Figura 3: Variação Temporal da Turbidez nas águas analisadas.



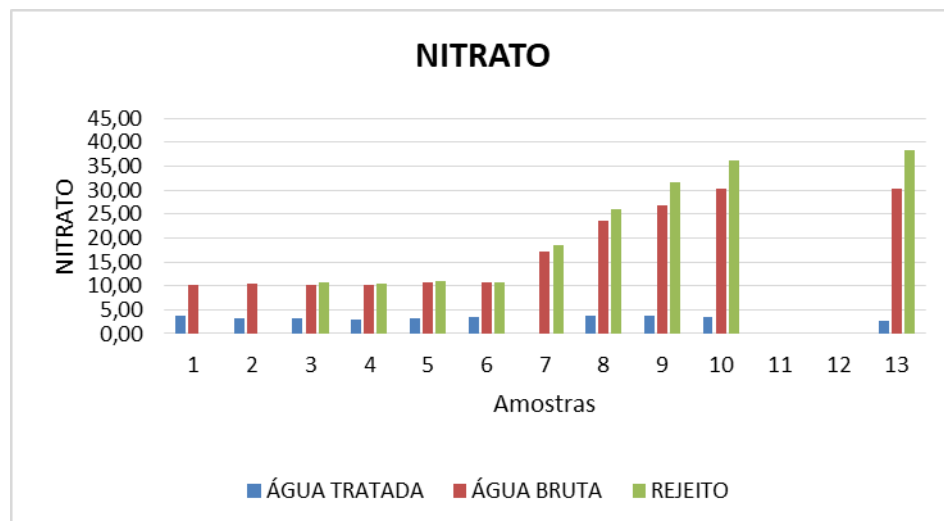
A Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da Saúde estabelece o valor máximo permitido para Dureza Total em 500 mg/L em termos de CaCO_3 . A dureza total associada à condutividade e alcalinidade pode determinar o grau de mineralização do recurso hídrico. Os resultados apresentados para Dureza Total (Figura 4) mostram que água bruta, antes de passar pelo dessalinizador apresenta uma elevada dureza, e após a passagem pelo dessalinizador a dureza é reduzida significativamente, para valores abaixo do valor máximo permitido, o que mostra a eficiência desse tratamento.

Figura 4: Variação Temporal da Dureza Total nas amostras analisadas.



Para o indicador Nitrato (Figura 5), foram encontrados valores um pouco acima do VMP, na água bruta e no rejeito, o que comprova mais vez a eficiência do tratamento realizado.

Figura 5: Variação Temporal do Nitrato nas amostras analisadas



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados das análises da água bruta apresentaram valores excedentes para o indicador nitrato, segundo a Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da Saúde. O processo de tratamento (Dessalinização) utilizado nas amostras, comprovaram uma eficiência média de aproximadamente 85% sobre a redução de sais presente inicialmente na água bruta do poço, enquadrando-se para o uso de consumo de água potável. Os resultados de nitrato analisados do rejeito, excedem os valores permitidos para consumo humano, porém pode ser utilizada para dessedentação animal.

REFERÊNCIAS

APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th ed., Washington, D.C: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 5, de 28 de Setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 60p.

CONAMA, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 2.ed. São Paulo: Editora Rima, 2005. v.2.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=250770>>. Acessado em: 10 de setembro de 2019.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 2 ed. Campinas: Átomo, 2008.

SILVA, M. B. R.; AZEVEDO, P. V.; ALVES, T. L. B. Análise da degradação ambiental do alto curso da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba. Boletim Goiano de Geografia. (Online). Goiânia, v. 34, n. 1, p. 35-53, jan./abr., 2014.

SPERLING, M. V. Noções de qualidade das águas. In: _____. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2005. v. 1. cap. 1, p. 11-50.

TÓPICOS EM RECURSOS HÍDRICOS

VOLUME III



conhecimentolivre.org/home



contato@conhecimentolivre.org



[editoraconhecimentolivre](https://www.instagram.com/editoraconhecimentolivre)



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE