

FATORES CONDICIONANTES DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO SERAFIM DIAS, EM MOMBAÇA, CEARÁ

Paulo Augusto Pires Sucupira¹; Walt Disney Paulino² & Deborah Mithya Barros Alexandre³

RESUMO - O objetivo principal deste estudo é investigar a qualidade da água e o acelerado processo de eutrofização no açude Serafim Dias, localizado em Mombaça, Ceará, através da quantificação das cargas pontuais e difusas de Nitrogênio e Fósforo. As amostragens a aplicação do Modelo Matemático de Cargas de Nutrientes basearam-se em métodos convencionais de pesquisa, atividades de campo, escritório e laboratório. Isto possibilitou o conhecimento das características da água armazenada e as possíveis causas poluidoras. As amostras de água apresentaram contagem de cianobactérias cerca de oito vezes maior que o recomendado pela resolução do CONAMA nº 357/2005, com ocorrência freqüente de floração de algas no período de estiagem. Os resultados indicam que o reservatório se encontra eutrofizado, com água inadequada para o consumo humano. A degradação ambiental constatada na bacia hidrográfica e a qualidade da água foram associadas ao uso e ocupação indevidas do solo, com práticas de agrícolas inadequadas, pecuária bovina e inexistência de saneamento básico no entorno do reservatório.

ABSTRACT - The principal object of this study is to investigate water quality and accelerated process in the Serafim Dias Dam, located in Mombaça, Ceará, through the nitrogen and phosphorus punctual and diffuse loads quantification. The samplings loads mathematical model application of nutrients they based in research conventional methods, field activities, office and laboratory. This enabled the characteristics knowledge of stored water and the possible causes polluters. Water samples introduced cianobacteria counting about eight times greater than it recommended by CONAMA resolution nº 357/2005, with alga florescence frequent occurrence in the dryness period. The results indicate that the dam finds eutrophized, with inadequate water for the human consumption. The environmental degradation verified in the hidrografic basin and water quality were associated to the soil use and improper occupation, with practice of inadequate agricultural, sanitation, bovine cattle breeding and inexistence basic in the spill of the reservoir.

Palavras-chave: Eutrofização, qualidade de água, cargas poluidoras.

¹ Analista de Impacto Ambiental em Reservatórios da Cogerh, Rua Adualdo Batista, 1.550, 60.830-600 Fortaleza/CE, E-mail: paulo@cogerh.com.br

² Gerente de Desenvolvimento Operacional da Cogerh, E-mail: disney@cogerh.com.br

³ Analista em Gestão dos Recursos Hídricos da Cogerh, E-mail: deborah@cogerh.com.br

INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo algumas pesquisas têm procurado observar as conseqüências das atividades antrópicas na qualidade das águas. Práticas como a agricultura, a pecuária, as indústrias e os processos de urbanização vêm gerando impactos significativos ao meio ambiente.

O Estado do Ceará possui quase toda sua área inserida no semi-árido, com altas taxas de evaporação anual e recursos naturais vulneráveis. Com isso, há que se ressaltar o problema relacionado à qualidade das águas para abastecimento humano, onde as águas dos mananciais são captadas e utilizadas pela população para diversos fins, tais como consumo humano, dessedentação de animais, irrigação de culturas de subsistência, lavagem de roupa e veículos. Estes usos feitos de maneira indevida provocam a poluição dos corpos hídricos, sendo comuns na região problemas com esgotamento sanitário e disposição do lixo, agravados pelos desmatamentos, queimadas, remoção de matas ciliares, uso abusivo de pesticidas e fertilizantes na agricultura e despejos de resíduos poluidores nos corpos d'água, gerando impactos diretos ou indiretos, com conseqüências severas ao meio ambiente no que diz respeito à qualidade da água, à biota aquática e ao funcionamento de rios e lagos.

A qualidade das águas é representada por um conjunto de características de natureza química, física e biológica. Para preservação deste recurso foram instituídos amparos legais, em que se estabelecem parâmetros que definem limites aceitáveis de elementos estranhos na água, considerando os diferentes usos. De acordo com Merten e Minella (2002), a classificação padronizada dos corpos de água possibilita que se fixem metas para atingir níveis de indicadores consistentes com a classificação desejada.

A resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, procura estabelecer critérios de classificação dos corpos de água, divididos em treze categorias, sendo cinco classes de água doce (salinidade menor que 0,5%), quatro salobras (salinidade entre 0,5 e 30%) e quatro classes salinas (salinidade superior a 30%).

Segundo a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Rio de Janeiro – Feema, o monitoramento da qualidade das águas é um dos mais importantes instrumentos de gestão ambiental. A Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH monitora sistematicamente os aspectos quantitativos das águas dos 126 açudes do Ceará desde 1993 e qualitativos desde 2001. Em 2006 iniciou-se o processo de elaboração dos Inventários Ambientais dos Açudes monitorados, descrevendo as condições ambientais e formas de uso da terra, procurando relacionar a influência das atividades antrópicas com os níveis de degradação nas bacias hidráulicas e hidrográficas, com o propósito de planejamento e da gestão das áreas dos referidos reservatórios.

Este trabalho tem por objetivo principal analisar a qualidade das águas do reservatório Serafim Dias, em Mombaça, com base no levantamento de suas fontes poluidoras. Tal reservatório é monitorado pela COGERH desde 2001, mas administrado pelo DNOCS.

MATERIAL E MÉTODOS

A área pesquisada compreende a bacia hidrográfica do açude Serafim Dias, construído em 1995 e com capacidade para armazenar 43.000.000 m³, englobando áreas do semi-árido, abrange parte da Depressão Sertaneja, atingindo altitudes entre 200 m (nível mais baixo) e 500 m (nível mais alto) e parte dos maciços residuais com níveis altimétricos variando de 500 a 700 m. Está incluso na bacia hidrográfica do Banabuiú, sendo temporários os rios desta bacia. Na referida bacia está inserida parte dos municípios de Mombaça e Pedra Branca, abrangendo em torno de 1.602,8 km² de área drenada. As coordenadas do açude são 40°05' e 39°37' de longitude oeste e 5°19' e 5°52' de

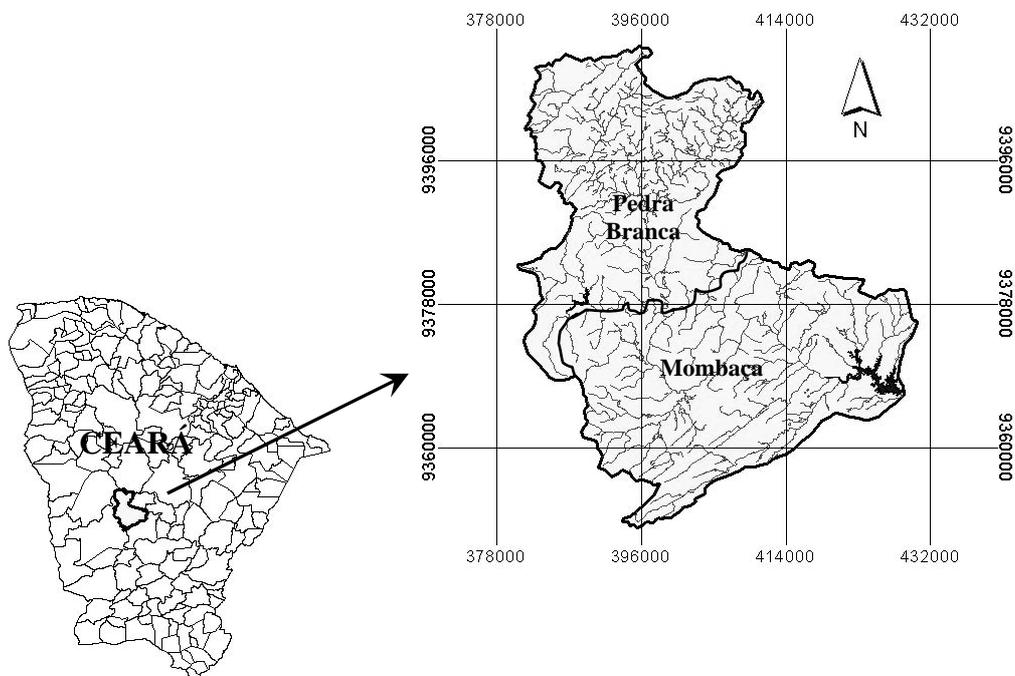


Figura 1 – Bacia hidrográfica do açude Serafim Dias

O relevo na região apresenta-se plano, suave ondulado e ondulado. Os solos são das classes Brunizém Avermelhado (Chernossolos Argilúvicos), Bruno Não-Cálcico (Luvisolos Crômicos) e Podzólico Vermelho-Amarelo (Argissolos Vermelho) (EMBRAPA, 1999). Tais solos são intensivamente explorados pela cultura do algodão, subsistência e comerciais. Nestes solos as espécies de alto porte são disseminadas. Observou-se ainda que a Caatinga Arbórea Densa passou por intenso processo de degradação pelos períodos críticos de semi-aridez acentuada, determinando, assim, o aparecimento de outro tipo de Caatinga, a Arbustiva Aberta. A referida área é constituída,

predominantemente, por árvores de porte baixo, cujas folhas caem totalmente na época seca, apresentando caules retorcidos e esbranquiçados.

A metodologia deste trabalho foi dividida em duas etapas: a primeira etapa constou dos trabalhos iniciais de revisão bibliográfica, tratamento dos dados pré-existentes, ensaios de campo e coleta de novos dados obtidos através da aplicação de metodologias específicas, induzindo a caracterização de seus agentes naturais e antrópicos e na segunda etapa ocorreu a integração dos dados levantados, através de análises das amostras e avaliação dos resultados em escritório.

Foram realizadas em campo, de 04 a 06 de setembro de 2006, inspeções pontuais com o cadastro de quantificação e qualificação das fontes de poluição pontual e difusa por distrito e na bacia hidrográfica. Com isso, foram realizados os cálculos das estimativas de cargas de nutrientes através da estruturação e calibração de um modelo matemático que possibilitou vislumbrar o cenário ambiental atual do reservatório Serafim Dias. Este modelo teve como base os estudos de Lacerda *et al.* (2005) e Vollenweider (1976) provido com dados do IBGE (Censo 2000, Produção Pecuária e Agrícola Municipal) e atualizado com o levantamento de informações pelo Inventário Ambiental dos Açudes, elaborado pela COGERH.

Também foram levantados os dados do monitoramento qualitativo realizado num período de oito anos de coletas (1998 a 2006), pela COGERH, para confrontar com o resultado do mês de setembro de 2006. As características das águas superficiais do reservatório foram analisadas sob três óticas: Classes de Uso conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005, determinação do IQA (Índice de Qualidade da Água) e IET (Índice de Estado Trófico). Relativamente às Classes de Uso, com os resultados da perfilagem e da coleta de água realizadas no dia 04/09/2006, num ponto próximo a barragem, subsidiou a elaboração da classificação das 20 amostragens, com o número mínimo de um e máximo de vinte e sete parâmetros, e estas foram realizadas em três diferentes profundidades: epilímnio, termoclina e hipolímnio. Com isso, nas amostragens analisadas, não houve a possibilidade de enquadramento das águas na Classe CONAMA, devido a alguns dos parâmetros analisados não se adequarem aos limites previstos pelo IQA.

A abordagem empírica tem sido mais utilizada do que a conceitual, devido à dificuldade em se elaborar modelos de base física para o fósforo em um reservatório, bem como de se obter os valores dos coeficientes e dados de entrada necessários. O modelo empírico mais conhecido mundialmente é o de Vollenweider (1976), desenvolvido predominantemente para *lagos temperados*. Este se apresenta da seguinte forma:

$$P = \frac{L \cdot 10^3}{V \cdot \left(\frac{1}{t} + K_s \right)} \quad (01)$$

Onde: P = concentração de fósforo no corpo d'água (gP/m³); L = carga afluyente de fósforo (kgP/ano); V = volume da represa (m³); t = tempo de detenção hidráulica (ano); K_s = coeficiente de perda de fósforo por sedimentação (1/ano).

Vollenweider obteve o valor de K_s por meio de análise da regressão em função do tempo de detenção na represa. O valor obtido foi:

$$K_s = 1 / \sqrt{t} \quad (02)$$

Castagnino (1982), ao analisar teoricamente a perda de fósforo por sedimentação em *lagos tropicais*, chegou a um valor de K_s igual a 2,5 vezes o valor de Vollenweider. Este coeficiente de majoração de 2,5 é um fator composto de 1,3 para a sedimentação facilitada pelas maiores temperaturas e 1,9 pela aceleração na taxa de crescimento de fitoplâncton (1,3 x 1,9 = 2,5). Segundo Castagnino, o valor de K_s, corrigido para as condições tropicais, é:

$$K_s = 2,5 / \sqrt{t} \quad (03)$$

Salas e Martino (1991), analisando dados experimentais de 40 lagos e reservatórios na América Latina e Caribe, obtiveram, por análise da regressão, a seguinte relação para K_s:

$$K_s = 2 / \sqrt{t} \quad (04)$$

Com os valores obtidos por Salas e Martino (1991), a equação do balanço de massa passa a ser:

$$P = \frac{L \cdot 10^3}{V \cdot \left(\frac{1}{t} + \frac{2}{\sqrt{t}} \right)} \quad (05)$$

A equação ainda pode ser rearranjada, para se determinar a carga máxima admissível de fósforo (P_{max}) a um lago, para que não seja suplantado um valor máximo admitido para a concentração de fósforo, obtem-se:

$$L = \frac{P_{max} \cdot V \cdot \left(\frac{1}{t} + \frac{2}{\sqrt{t}} \right)}{10^3} \quad (06)$$

Devido ao fato de ter sido desenvolvido com base em dados regionais, inclusive brasileiros, acredita-se que o modelo empírico proposto por Salas e Martino (1991) deva ser o modelo recomendado para o planejamento e gerenciamento de lagos e reservatórios em nossas condições.

Naturalmente que deve estar sempre presente o espírito crítico e a experiência do pesquisador, para evitar distorções, dada à especificidade de cada reservatório ou lago estudado. Após os cálculos buscou-se a integração dos resultados com os dados das análises das amostras.

RESULTADOS

A consolidação das cargas de nutrientes para a bacia de drenagem do açude Serafim Dias foi realizada através da estruturação de um modelo matemático e do uso de fatores de emissão das diferentes fontes potenciais antrópicas e pelos processos naturais atuantes na referida bacia. Para os cálculos das estimativas foi adotado o fator de distância (0,4) por este igualar o resultado final do modelo (valor encontrado) ao resultado da amostragem de laboratório (valor medido). As respectivas contribuições pontuais e difusas, calculadas pelo modelo matemático utilizado, estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Estimativa de cargas de nutrientes, provenientes de montante e entorno, para o reservatório Serafim Dias.

FONTES	N		P	
	(ton/ano)	%	(ton/ano)	%
Pecuária	34,25	68,4	42,74	90,1
Agricultura	0,00	0,0	0,00	0,0
Esgoto Doméstico	7,04	14,1	1,89	4,0
Solos	8,79	17,5	2,81	5,9
TOTAL	50,073	100	47,441	100

Com o cálculo das estimativas procurou-se utilizar os dados hidrológicos do reservatório para se encontrar o valor da concentração de fósforo no reservatório e a carga de máxima admissível, com base no modelo de Vollenweider (1976) que adota o valor do Coeficiente de Sedimentação (Ks) de $1/\sqrt{t}$, o qual foi redefinido por Salas e Martino (1991) para o Caribe e a América Latina ($2/\sqrt{t}$), utilizável para as nossas condições. A concentração de fósforo calculada foi de 1,28 mg/L e a medida de 1,3 mg/L, para um volume de 25.916.912 m³.

Portanto, a avaliação do grau de trofia do reservatório, com base na concentração de P encontrada e de acordo com o quadro estabelecido por Von Sperling (1996), tem-se que o reservatório encontra-se no limite entre eutrofia e hipereutrofia. Contudo, ainda de acordo com os limites tróficos, pode-se admitir um valor, de 50 mg P/m³, como limite entre mesotrofia e eutrofia. Nestas condições, a carga máxima admissível de fósforo ao reservatório é de 50 micrograma/L, sendo a carga afluyente máxima permitida de 2.081,8 kg P/ano.

Observou-se que a emissão de fósforo na bacia hidráulica do açude Serafim Dias é dominada pela pecuária. Embora o conteúdo de fósforo nos dejetos seja menor que o de nitrogênio,

a perda para a atmosfera da amônia excretada pelos animais resulta em contribuição relativamente similar entre os dois nutrientes. A contribuição de P no entorno é de $0,16 \text{ ton.ano}^{-1}$ (Figura 2).



Figura 2 – Animais soltos (bovinos) nas margens do açude Serafim Dias.

Esta atividade se dá de forma extensiva, onde os animais são soltos durante o dia e confinados a noite. A emissão de N é dominada quase igualmente pela pecuária e pelos solos (denudação) com $0,130$ e $0,128 \text{ ton.ano}^{-1}$. A contribuição da agricultura foi de zero devido a não utilização de insumos orgânicos ou químicos, sem haver retorno para o ambiente.

Para a bacia hidrográfica a pecuária detém, também, o maior percentual na contribuição de Fósforo de 90,1% e Nitrogênio com 68,5%. Já os solos tem predominância na contribuição de nutrientes provenientes da bacia de drenagem para o reservatório de $8,66 \text{ ton.ano}^{-1}$ de N e $2,79 \text{ ton.ano}^{-1}$ de P. O valor para a agricultura foi de zero por que há pouquíssima utilização de adubos orgânicos e nada de químicos. A contribuição dos efluentes domésticos da bacia de drenagem é bastante relevante, sendo responsável por $7,03 \text{ ton.ano}^{-1}$ do N e $1,89 \text{ ton.ano}^{-1}$ do P que chega ao reservatório. Pode-se registrar, também, que algumas lagoas naturais não têm suas condições ambientais conservadas, servindo como coletoras de esgoto doméstico, em detrimento da falta de saneamento local que gera graves crises na saúde pública, que quando atreladas ao uso e ocupação desordenado do solo, originam áreas de risco (Figura 3).



Figura 3 – Pequenos açudes eutrofizados nos distritos de Boa Vista em Mombaça e de Capitão-Mor em Pedra Branca, que recebem efluentes domésticos.

Os distritos ao longo da área estudada caracterizam-se pelo uso intensivo do solo, onde os povoadamentos rurais desenvolvem uma relação de produção subsistente, sendo verificados diversos problemas relacionados à degradação ambiental pelo agroextrativismo, com a extração de madeira para lenha e construção de cercas (Figura 4).



Figura 4 – Extrativismo vegetal, no distrito de Santa Cruz do Banabuiú e manchas de desmatamento e queimada no distrito de Capitão-Mor, ambos em Pedra Branca.

As atividades agropecuárias no semi-árido, geralmente, dominam a emissão de nutrientes pelas fontes difusas e são as maiores emittentes de material particulado (solo) que assoreia rios e reservatórios. A remoção da cobertura vegetal é fator determinante, pois acaba por alterar significativamente a cobertura do solo, ocasionando alterações no ciclo hidrológico, já que ocorre a diminuição da porcentagem de água infiltrada e o aumento no escoamento superficial. Conseqüentemente, aumentam-se a produção de sedimentos, ocorrendo alterações no solo, em função do empobrecimento de sua fertilidade, perdas por erosão e assoreamento dos cursos d'água. Isto ocorre, porque esta prática interfere no sistema solo-vegetação que de forma gradual realimenta o lençol freático, os riachos, os afluentes e o rio principal da bacia hidrográfica, no caso o rio Banabuiú. Isto promove a deterioração dos recursos hídricos, desencadeando uma série de conseqüências ambientais, sociais e econômicas de grandes proporções.

Diante desse quadro impactante em que se encontra o açude Serafim Dias foi realizado a perfilagem e a coleta de amostras de água (físico-química completa, nutrientes, clorofila-a, contagem de cianobactérias e coliformes fecais) em diferentes profundidades de acordo com a variação da temperatura. As coletas foram realizadas no dia 04/09/2006, tendo início as 17:30h e termino as 17:43h, no ponto SRD-01, considerado o mais representativo na bacia hidráulica e próximo a tomada d'água do reservatório (Figura 5).

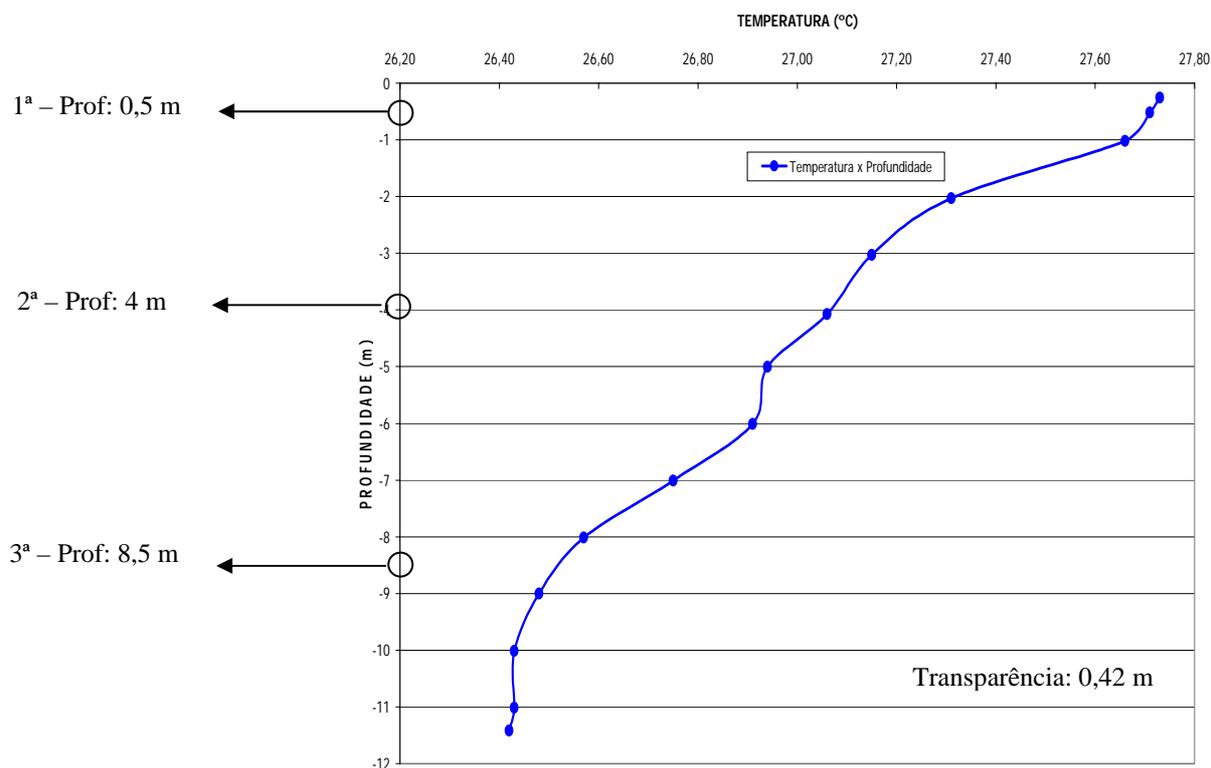


Figura 5 – Profundidades em que foram coletadas as amostras de água, conforme resultado da perfilagem da coluna d'água no ponto SRD-01.

Em termos quantitativos, foram determinadas e definidas as cargas de nutrientes a partir da identificação e do levantamento das principais fontes de poluição difusa e pontual, que influenciam na aceleração do processo de eutrofização do reservatório. Isto se deu através do conhecimento da abrangência da área de drenagem e vale lembrar que os principais resultados da caracterização quantitativa estimada das cargas de poluentes são valores anuais e que a região em estudo apresenta forte sazonalidade climática e, por consequência, um regime fluvial intermitente.

Em relação ao comportamento hidrológico, o trimestre com maior afluência de águas ao açude Serafim Dias ocorre de fevereiro a abril, sendo que o período caudaloso em média tem-se prolongado por aproximadamente 170 dias, podendo acontecer dias sem afluência durante o período. Normalmente o início do período caudaloso acontece com maior frequência até o término de janeiro, sendo que o mesmo sangrou em 04 dos últimos 10 anos, sendo que o início da sangria começou com maior frequência após o dia 20 de março. Não foi observado uma clara relação entre o início do período caudaloso com a classe de aporte.

Os anos de 2000 e 2001 foram os que o açude Serafim Dias esteve com o menor volume armazenado médio diário, 45,25% e 32,72%, respectivamente, sendo o volume armazenado médio diário de 67,46 % e máximo de 94,64 % no ano de 2004. O tempo de residência mediano, no período estudado, foi de 29 meses, enquanto que a profundidade média foi de 5,66 m. O maior

acréscimo de cota que este açude teve de um dia para outro foi de 1,8 m, entre os dias 26 e 27 de março de 2003.

A cota média calculada foi de 251,74 m, enquanto que o volume armazenado médio foi de 29 milhões de metros cúbicos. A vazão liberada média, durante os períodos secos dos anos estudados foi de 145 L/s, sendo que nestas condições durante 70% do tempo o açude encontra-se com um volume armazenado de até 86 %, sendo que o volume mínimo atingido foi de 23,06% (Figura 6).

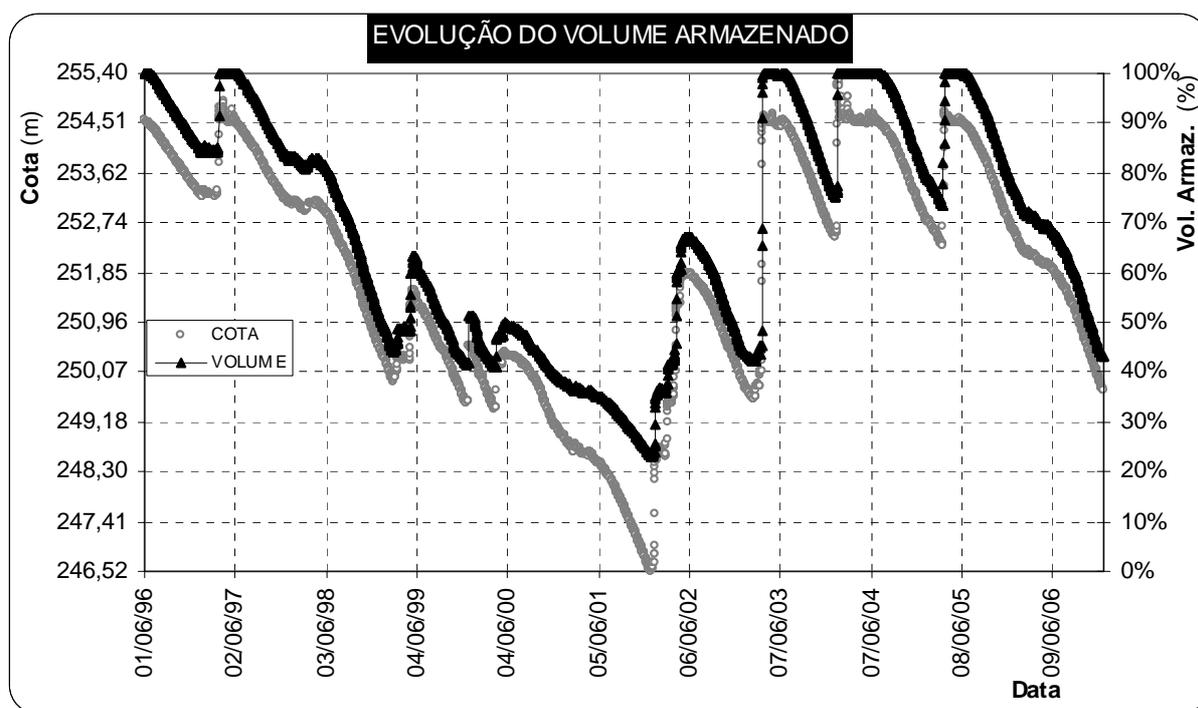


Figura 6 – Evolução diária anual do volume armazenado do açude Serafim Dias, de janeiro de 1996 a novembro de 2006.

Com isso, o comportamento hidrológico do açude Serafim Dias ao longo destes últimos dez anos tem indicado que este não é o fator determinante da qualidade das águas, uma vez que o volume armazenado médio é próximo dos 70% e o tempo de residência médio é próximo a 3 anos, ou seja, a cada 38 meses as suas águas são renovadas, o que é bastante razoável para as condições dos açudes gerenciados pela COGERH, além de que a média de todas as profundidades médias diárias está próxima a profundidade média quando o açude está na cota de sangria. Este açude sangrou em 04 dos últimos 10 anos (1997, 2003, 2004 e 2005).

Qualitativamente, não houve enquadramento das águas na Classe CONAMA, devido a alguns dos parâmetros analisados não se adequarem aos limites previstos pelo IQA. No entanto, ainda, de acordo com os resultados alcançados o corpo hídrico encontra-se eutrofizado e a água inadequada (impotável) para o consumo humano, no mês monitorado (Tabela 2).

Tabela 2 – Resumo da classificação das amostragens realizadas pela perfilagem e amostras de água, no ponto SRD-01, na bacia hidráulica do açude Serafim Dias.

Nº da AMOSTRAGEM	CLASSE					
	TROFIA	CONAMA	Número de Parâmetros	Irrigação	Potabilidade	Número de Parâmetros
21694	Eutrófico	Classe 2	2	C2	Potável	5
21848	Eutrófico	Classe 3	14	C2-S1	Impotável	27
21695	Eutrófico	Classe 2	2	C2	Potável	5
21742	-	Classe 4	1	-	Potável	2
21696	Eutrófico	Classe 2	2	C2	Potável	5
21697	Eutrófico	Classe 4	2	C2	Potável	5
21698	Eutrófico	Classe 4	2	C2	Potável	5
21699	Eutrófico	Classe 4	2	C2	Potável	5
21849	-	Sem Classe	0	-	Potável	1
21741	-	Classe 4	1	-	Potável	2
21700	Eutrófico	Sem Classe	2	C2	Potável	5
21701	Eutrófico	Sem Classe	2	C2	Potável	5
21702	Eutrófico	Sem Classe	2	C2	Potável	5
21703	Eutrófico	Sem Classe	2	C2	Potável	5
21850	-	Sem Classe	1	-	Potável	1
21740	-	Classe 4	1	-	Potável	2
21704	Eutrófico	Sem Classe	2	C2	Potável	5
21705	Eutrófico	Sem Classe	2	C2	Potável	5
21706	Eutrófico	Sem Classe	2	C2	Potável	5
21707	Eutrófico	Sem Classe	2	C2	Potável	5
RESULTADO FINAL	EUTRÓFICO	*SEM CLASSE	-	C2-S1	IMPOTÁVEL	-

*Obs: SEM CLASSE se refere aos parâmetros que não se enquadraram no limite estabelecido pelo IQA.

A consolidação dos dados do monitoramento qualitativo baseou-se no levantamento estatístico histórico das análises realizadas num período de oito anos de coletas (1998 a 2006), pela COGERH, para confrontar com o resultado do mês de setembro de 2006. Nos valores médios dos 35 parâmetros amostrados para as medições de sonda e laboratório, quantificou-se o estado trófico, através do IET, tendo como resultado a classificação eutrófica (Tabela 3).

Tabela 3 – Resumo da classificação do Índice de Estado Trófico (IET) das amostragens realizadas pela perfilagem e amostras de água, no ponto SRD-01, na bacia hidráulica do açude Serafim Dias.

Clorofila-a laboratório		Clorofila-a sonda	
Classe	Quant.	Classe	Quant.
Oligotrófica	0	Oligotrófica	0
Mesotrófica	0	Mesotrófica	0
Eutrófica	1	Eutrófica	2
Hipereutrófica	0	Hipereutrófica	0

Isto se deu pelos valores das amostragens superficiais no ponto SRD-01 (15.666, 19.817 e 19.627) de Clorofila-a, por apresentar valores superiores ao exigido pela legislação e ser um parâmetro que possibilite a proliferação de cianobactérias em altas densidades comprometendo a qualidade das águas, causando restrições ao tratamento e distribuição.

Ainda de acordo com a resolução do CONAMA nº 357/2005 que dispõe sobre procedimentos e responsabilidades inerentes ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano, o número de cianobactérias no manancial, não deve exceder 50.000 células/mL, tendo como base a Classe 2. No caso, as amostras apresentaram contagem na superfície de 410.610 células/mL, cerca de 8 vezes mais que o permitido, onde de acordo com o técnico da CAGECE de Mombaça há a ocorrência freqüente de “*esverdeamento*” (floração de algas) da água no período de estio. Ainda de acordo com o técnico o tratamento realizado na ETA, nessa época, tem sérios problemas na remoção e regularização dos parâmetros de pH, cheiro e cor, este último pela grande quantidade de sedimentos suspensos. Isto pode ser comprovado, também, com os resultados obtidos pelo modelo matemático adotado, onde este evidencia uma grande produção de nutrientes para o corpo hídrico proveniente dos usos à montante, e principalmente dos que ocorrem no entorno.

Em relação a classificação dos parâmetros amostrados para a irrigação foi predominantemente C2-S1, caracterizando-se como uma água de salinidade média e com baixa concentração de sódio, podendo ser utilizada na irrigação, em quase todos os solos e sempre que houver um grau moderado de lixiviação, com pequena possibilidade de alcançar níveis perigosos de sódio trocável. Plantas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas, na maioria dos casos, sem práticas especiais de controle da salinidade (Tabela 4).

Tabela 4 – Resumo da classificação da água para irrigação para as amostragens realizadas pela perfilagem e amostras de água, no ponto SRD-01, na bacia hidráulica do açude Serafim Dias.

Salinização			Sodificação		
Classe	Quant.	%	Classe	Quant.	%
C1	1	5,56	S1	3	100,00
C2	16	88,89	S2	0	0,00
C3	1	5,56	S3	0	0,00
C4	0	0,00	S4	0	0,00
Total	18	100,00	Total	3	100,00

Em relação ao enquadramento do corpo hídrico em questão, a definição da classe CONAMA baseou-se principalmente na quantificação das amostragens (15.666, 18.385, 19.817, 19.627, 21.694, 21.695, 21.696, 21.697, 21.698 e 21.699) realizadas entre 09/11/04 e 04/09/06, no ponto SRD-01, e na identificação da diversidade de usos dados ao solo e a água por meio do Inventário Ambiental. Com isso, de acordo com o artigo 4º do Capítulo II da Resolução CONAMA nº 357 de 2005, com isso, atualmente, o açude Serafim Dias tem a classificação para as suas águas predominantemente à CLASSE 4, onde refere-se as águas doces que podem ser destinadas: a) à navegação; e b) à harmonia paisagística. Este é o pior nível para águas destinadas a consumo humano, e ainda apresentando restrições aos parâmetros: Nitrogênio Amoniacal (lab),

Cianobactérias, Clorofila a (lab), Nitrito, pH (sonda), OD (sonda) e Cor. Mas, tendo como meta a boa qualidade de água no corpo hídrico, principalmente para abastecimento humano, este deve se enquadrar na Classe 2 (Tabela 5).

Tabela 5 – Resumo da classificação da água em relação à Classe CONAMA e os parâmetros restritivos para as amostragens da perfilagem e amostras de água, no ponto SRD-01, na bacia hidráulica do açude Serafim Dias.

Classe	Quant.	%	Restrição	Quant.
Especial	0	0,0	Nitrogênio Amoniacal Lab.	2
Classe 1	0	0,0	Contagem de Cianobactérias	1
Classe 2	4	40,0	Clorofila-a Labor.	1
Classe 3	0	0,0	Nitrito	1
Classe 4	6	60,0	pH Sonda	1
Sem Classe	0	0,0	OD Sonda	3
Total	10	100,00	Cor	1

*Obs: SEM CLASSE se refere aos parâmetros que não se enquadraram no limite estabelecido pelo IQA.

Petta *et al.* (2005) avaliaram parâmetros de qualidade de água utilizando o sistema de gerenciamento da qualidade da água *Water Management System* – WMS, com a finalidade de integrar os dados de águas subterrâneas e de superfície e das diferentes fontes de poluentes da área da cidade de Natal (RN) e visualizar sua distribuição espacial. Tais resultados foram correlacionados com taxas de incidência das principais doenças transmitidas pelo meio hídrico fornecidos por agências públicas de saúde. (para arranjar local adequado dentro dos resultados)

A maioria das doenças de veiculação hídrica notificadas nos PSF's (Programa de Saúde da Família) distritais da região estudada, são decorrentes do consumo ou contato com água contaminada pela falta de tratamento adequado, tem-se a ocorrência comum das gastroenterites, diarreia infantil, verminoses e doenças de pele. Com decorrência durante todo o ano, mas com agravante na quadra chuvosa. Isto implica em aumentos nos custos para reversão e/ou precaução, como gastos na saúde pública e conscientização dos moradores. Assim, particularmente no semi-árido, pela água ser um recurso extremamente escasso, deve-se tratar a mesma com maior relevância, sendo fundamental o monitoramento de sua qualidade e disponibilidade.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que, a relação dos índices amostrados com as estimativas de cargas de nutrientes calculadas, estas geradas por fontes de poluição existentes no entorno e a montante do reservatório, pode-se dizer que do total da carga poluidora gerada tem-se o domínio da atividade pecuarista, devido principalmente aos dejetos dos rebanhos bovinos criados num regime extensivo. A montante esta atividade é responsável pela

produção de 68,5% do Nitrogênio e 90,1% do Fósforo do total de nutrientes. Já no entorno do reservatório cerca de 88,5% do Fósforo é proveniente da pecuária e os 48,8% e 48,1% do Nitrogênio são gerados tanto pela atividade pecuarista quanto pela contribuição do material oriundo da erosão do solo desgastado e degradado pelas atividades agrícolas, com 0,128 ton N/ano e 0,02 ton P/ano para o açude. Contribuindo para o aumento significativo das espécies de algas tóxicas, devido à carga afluyente de nutrientes ser extremamente elevada.

No entanto, ainda em relação à qualidade da água, pode-se avaliar que apesar de apresentar um aspecto aparente normal, não é apropriada para consumo humano tendo de passar por tratamento adequado na ETA ou de maneira simplificada com a adição de Hipoclorito de Cloro para desinfecção e fervida antes de beber. Isso se deve, também, pela falta de saneamento básico e da disposição irregular de resíduos sólidos ao longo do curso fluvial e nas margens do açude Serafim Dias. Além disso, os solos, sob as áreas cultivadas na região, onde os níveis altimétricos (declives) são amplamente favoráveis à lixiviação, torna o problema ainda maior.

O nível de degradação dos solos na bacia hidráulica e hidrográfica do Serafim Dias é muito alto, isto se deve principalmente aos processos desordenados de uso e ocupação da terra. Geralmente, acontece em áreas inapropriadas e/ou legalmente preservadas, como nas encostas de serrotes ou nascentes, vazantes de afluentes, rios e açudes. Estas atividades provocam o aumento da degradação das margens (mata ciliar ou ribeirinha) e das encostas para cultivos inadequados e agroextrativismo (lenha e cerca), solapamento provocado pelos animais em regime extensivo, construção de estradas mal planejadas e expansão urbana desordenada. Tais características levam a ocorrência de uma erosão laminar e linear intensas, tendo como consequência o assoreamento dos mananciais. Nesta situação, a erosão ocorre de forma crescente e com isso os processos de formação do solo (pedogênese) não conseguem superar os de degradação.

Sem o adequado gerenciamento da qualidade das águas de um reservatório, bem como a falta de políticas públicas adequadas para o planejamento territorial e regional, este pode transformar-se em um vetor de problemas sócio-econômicos mais relevantes que a contaminação do leito do rio principal. É sabido que a depuração natural em águas paradas é mais lenta do que quando em corredeiras. Contudo, em determinadas situações, a disponibilidade hídrica pode ser, o principal parâmetro da sustentabilidade de um espaço territorial. Portanto, ao se explorar os recursos naturais além da capacidade regenerativa e de absorção do ecossistema, ocasiona um desequilíbrio ambiental em longo prazo com reflexos negativos sobre a própria qualidade de vida da população local.

Com isso, sugerem-se algumas propostas de mitigação para atenuar os impactos negativos para o corpo hídrico estudado. Portanto, de acordo com as características socioeconômicas da área de abrangência da bacia hidrográfica do açude Serafim Dias e das cargas de nutrientes estimadas

pelo modelo matemático, que além da questão agropecuária deve ser implantada uma estrutura sanitária adequada nos distritos integrantes da bacia, principalmente no destino final dado aos resíduos sólidos e efluentes domésticos. Com isso, ações mais apropriadas e conscientes das prefeituras locais para gerenciar os recursos hídricos devem ser baseadas na legislação vigente, com a elaboração de um planejamento ambiental prévio que garanta a disponibilidade de água de qualidade para o município, através do cadastro de usuários e poluidores. Promovendo, assim, a participação da sociedade na elaboração do mesmo.

No açué Serafim Dias, como medida de curto prazo, para melhorar o tratamento e a distribuição da água, recomenda-se a modificação do tipo de captação, passando de superficial a submersa. E a médio e longo prazo, podem ser citadas como exemplos de instrumentos eficazes de ação, as campanhas de coleta seletiva do lixo, facilitando o manejo dos resíduos sólidos por parte da administração pública. A instalação nas áreas rurais de fossas sépticas biodigestoras, particulares ou coletivas, onde há o controle do lixo orgânico, dos dejetos produzidos pela pecuária e principalmente dos efluentes sanitários, os quais, no final do processo, podem ser transformados em adubo orgânico (biofertilizante) para aproveitamento agrícola e também na geração barata de energia para a propriedade rural com a produção de biogás.

Torna-se evidente, com a realização do Inventário Ambiental, a necessidade do levantamento das pressões ambientais na bacia hidrográfica e no entorno do corpo hídrico nos demais reservatórios monitorados pela COGERH, para que se tenha uma visão geral dos tipos de uso existentes e se estes estariam influenciando na qualidade da água. O IVA oferece acesso rápido a informações atualizadas, padronizadas e precisas, tornando o processo de análise, planejamento e gerenciamento do espaço mais dinâmico. Otimizando o processo de tomada de decisão que exige soluções rápidas e precisas para os problemas que envolvem um grande volume de informações e elevado grau de complexidade.

BIBLIOGRAFIA

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). *Resolução N° 274 de 29 de novembro de 2000*, publicado no D.O.U. de 08/01/2001. Brasília – DF. Disponível em: www.conama.gov.br

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). *Resolução N° 357 de 17 de março de 2005*, publicado no D.O.U. de 28/04/2005. Brasília – DF. Disponível em: www.conama.gov.br

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (1999). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*, Brasília: EMBRAPA produção de informação: Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS.

FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente). Boletim de Monitoramento Sistemático 2007, Rio de Janeiro. Disponível no site: <http://www.feema.rj.gov.br/qualidade-agua.asp?cat=75>. Acesso: 14 maio 2007.

- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2004a. *Produção Pecuária Municipal de 2004*. (IBGE), Rio de Janeiro. Disponível no site: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=73&z=t&o=20>. Acesso: 10 set. 2006.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2004b. *Produção Agrícola Municipal de 2004*. (IBGE), Rio de Janeiro. Disponível no site: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&c=1612>. Acesso: 12 set. 2006.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2000. *Censo Demográfico 2000*. (IBGE), Rio de Janeiro. Disponível no site: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&c=1437>. Acesso: 09 set. 2006.
- LACERDA, L. D. de; SENA, D. L. de. (2005). Estimativas de Cargas de Nitrogênio, Fósforo e Metais Pesados de Interesse Ambiental para as Bacias Inferiores do Litoral do Estado do Ceará. In: Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Costeira do Estado do Ceará. SEMACE, Fortaleza, 62p.
- MERTEN, X; MINELLA, X. (2002). *Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura*. Revista Agroecologia e Desenvolvimento rural sustentável. Porto Alegre, v. 3, n. 4.
- PETTA, R. A. et al (2005). *Identificação e caracterização das diferentes fontes poluentes que influenciam na qualidade das águas na região de Natal e reavaliação das relações com doenças de veiculação hídrica*. Workshop Internacional de Geologia Médica 2005, Rio de Janeiro. Disponível no site: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Painel23.pdf>. Acesso: 14 maio 2007.
- SALAS, H.; MARTINO, P. (1991). *Asimplified phosphorus trophic state model for warm water tropical lakes*. Wat. Res., v.25, n.3, p.341-350.
- VOLLENWEIDER, R. (1976). *A Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes and Flowing Waters, with Particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as Factors in Eutrophication*. OECD, Paris, 1976, 192p.
- VON SPERLING, M. (1996). *Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. 2º ed., Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, UFMG, Belo Horizonte, 243 p.