

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental***

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

VI-064 - FATORES DE CONCENTRAÇÃO DE SAIS EM TRÊS RESERVATÓRIOS CEARENSES

Fernando J. A. da Silva ⁽¹⁾ - Engenheiro Civil, Universidade de Fortaleza - UNIFOR. Mestre em Engenharia, área de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba – UFPb. Professor Assistente do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade de Fortaleza.

Alan Michell Barros Alexandre – Engenheiro Civil pela Universidade de Fortaleza - UNIFOR. Mestrando em Engenharia Civil, área de Engenharia Hidráulica e Ambiental na Universidade Federal do Ceará – UFC.

Magda M. M. de Almeida – Química Industrial – Universidade de Federal do Ceará – UFC. Mestre em Tecnologia de Alimentos – UFC.

(1) Rua João Luís Santiago, 930. Jardim das Oliveiras. Fortaleza – CE. 60821-430

 : fjas@unifor.br

RESUMO

Foram estudados três reservatórios localizados na Região Metropolitana de Fortaleza, Nordeste brasileiro. Dentre os reservatórios estudados o Castro apresentou maior risco de salinização, sendo também aquele com maior demanda de renovação de água, pois o nível médio de acumulação de era de apenas 22%. Assim, os fatores de concentração de sais foram mais significativos nos dois reservatórios com menores níveis de acumulação de água. A condutividade elétrica expressa como fator de concentração de sal pode ser empregada para predizer os fatores de concentração de sódio, cloretos, dureza e magnésio. O fator de concentração de cloretos pode ser igualmente útil para estimar FcNa, FcDRZ e FcMg. Os resultados da qualidade das águas dos reservatórios sugeriram que estas eram alcalinas com tendência à cloratação.

PALAVRAS-CHAVE: Açudes, salinidade de água, fator de concentração.

INTRODUÇÃO

Os açudes (reservatórios artificiais) são a principal fonte hídrica na maior parte do Nordeste brasileiro. Na região os estudos de quantificação de água ainda são a maior preocupação. Porém, as exigências com a qualidade da água são crescentes e, além dos estudos de balanço hídrico, são necessárias investigações acerca da qualidade dos corpos aquáticos na região, com destaque para o risco de salinização (da Silva e Alexandre, 2003).

Regionalmente, o Ceará é o estado que detém o maior número de reservatórios, contando com cerca de 7.200 açudes. O potencial de acumulação de água é estimado em 12 bilhões de m³ (Freire e Paulino, 2002). É realizado o monitoramento do volume hídrico dos principais açudes públicos, contemplando também aspectos qualitativos dos mesmos. Entretanto, as avaliações dos riscos de salinização dos reservatórios não são consideradas rotineiras.

No Ceará a predominância de litologia cristalina (cerca de 70% da área do estado) e as altas taxas de evaporação (média de até 2.500 mm/ano) impõem estresses consideráveis aos reservatórios, no que diz respeito ao acúmulo de sais. Também, a falta de conhecimento mais aprofundado sobre as regras operacionais dos reservatórios torna a incerteza relativa à salinização maior ainda.

Fatores de concentração (Fcs) são sugeridos para avaliação do risco de salinização de reservatórios (Laraque, 1989). São determinados a partir de razões entre as concentrações maiores e menores observadas nos reservatórios ao longo de um ciclo anual. A evolução destas razões indica uma maior ou menor taxa de acumulação de sais nas estruturas. Isto auxilia o operador do reservatório na tomada de decisões e definição de cenários de médio e longo prazo. Para o caso

do fator de concentração de volume no açude, o cálculo é um pouco mais complexo, pois envolve balanço hídrico. Mesmo assim, pode-se aplicar a mesma abordagem empregada para os sais.

No contexto local exigem-se ferramentas que auxiliem prontamente na análise da qualidade da água. Importa, portanto, desenvolver instrumentos de avaliação e predição da qualidade a partir de elementos quantitativos hídricos. O presente trabalho investiga os fatores de concentração de sais em três reservatórios localizados na área das bacias metropolitanas, na Região Metropolitana de Fortaleza (3° 43' Sul; 38° 32' Oeste).

Materiais e Métodos

Durante 50 semanas, a partir de Maio de 2001, foram estudados os açudes Pacajús, Sítios Novos e Castro. Foram levantadas informações acerca dos níveis de água acumulada. Os parâmetros de qualidade de água deste estudo foram: dureza total, cálcio, magnésio, cloretos, sódio, potássio, condutividade elétrica, pH e alcalinidade total. As amostras foram coletadas junto aos pontos de tomadas de água e a uma profundidade de 30 cm. Os procedimentos analíticos seguiram os métodos descritos em APHA (1992). Foram determinados os fatores de concentração de volume e dos sais testemunhos da salinização.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis médios de água nos açudes foram de 72, 41 e 22%, para o Pacajús, o Sítios Novos e o Castro, respectivamente. As Figuras de 1 a 3 mostram a variação dos fatores de concentração de volume nos reservatórios ao longo do estudo. Isto implica em respostas diferentes quanto aos fatores de concentração salina. O fator de concentração igual a "um" corresponde ao mês com maior nível de água no reservatório.

Figura 1: Variação de FcVol. ao longo do estudo no açude Pacajús.

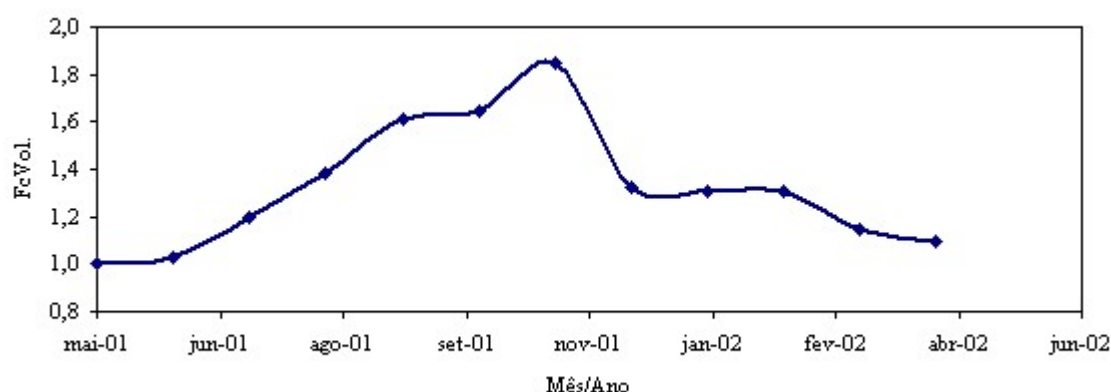


Figura 2: Variação de FcVol. ao longo do estudo no açude Sítios Novos.

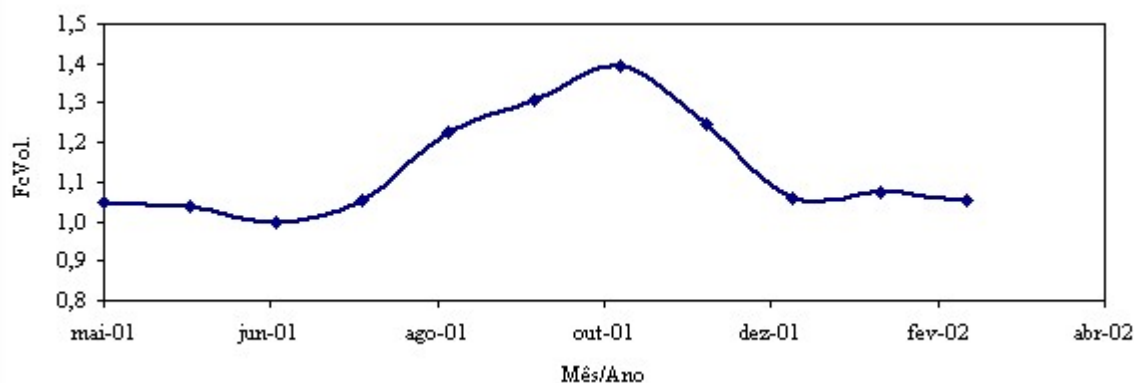
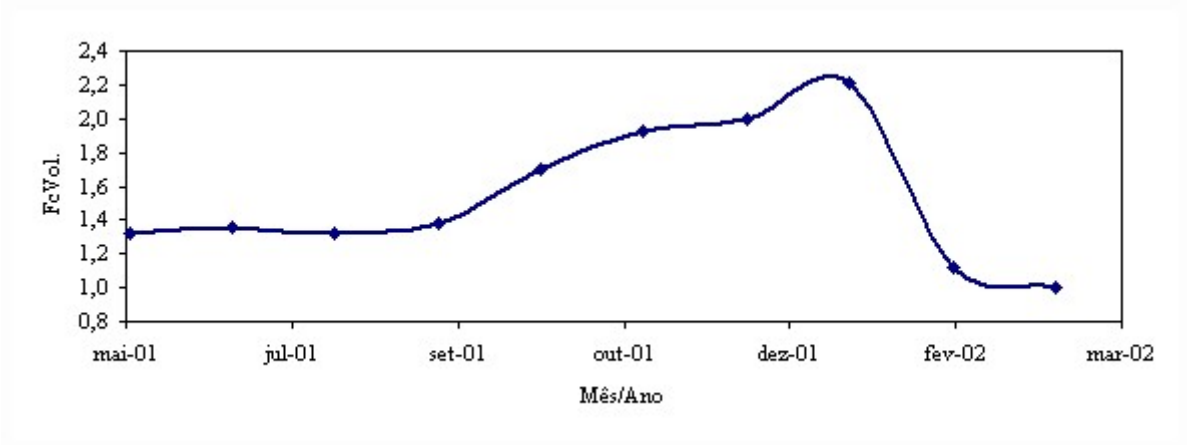


Figura 3: Variação de FcVol. ao longo do estudo no açude Castro.



Apesar dos reservatórios estarem na RMF as características geo-climáticas são, provavelmente, diferentes para cada um deles. Esta diversidade implicou numa menor correlação entre o volume acumulado e as concentrações salinas. A variação dos valores de FcCE em função de FcVol. mostra tais diferenças, conforme as Figuras de números 4 a 6.

Figura 4: Variação de FcCE em função de FcVol. ao longo do estudo no açude Pacajús.

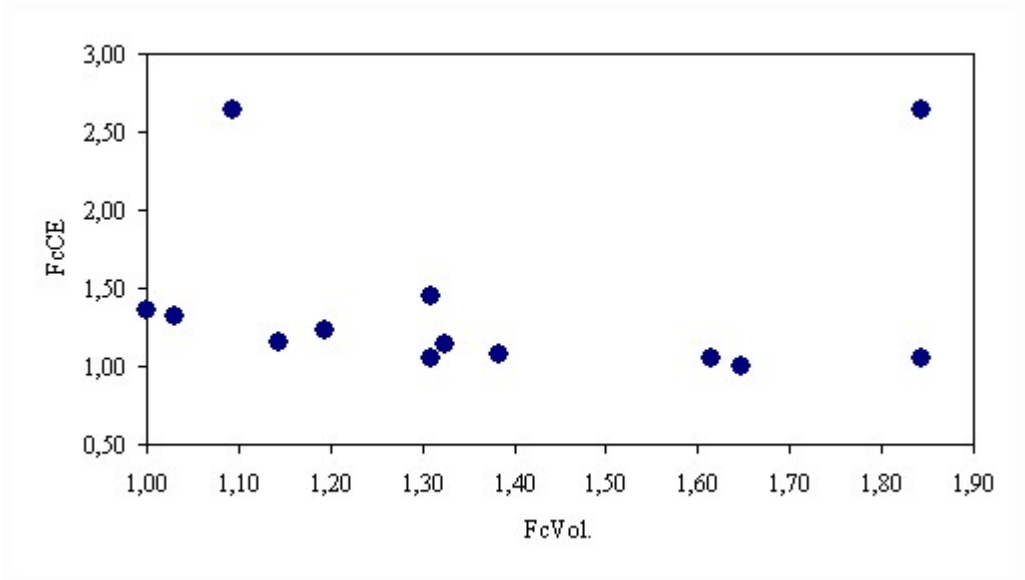


Figura 5: Variação de FcCE em função de FcVol. ao longo do estudo no açude Sítios Novos.

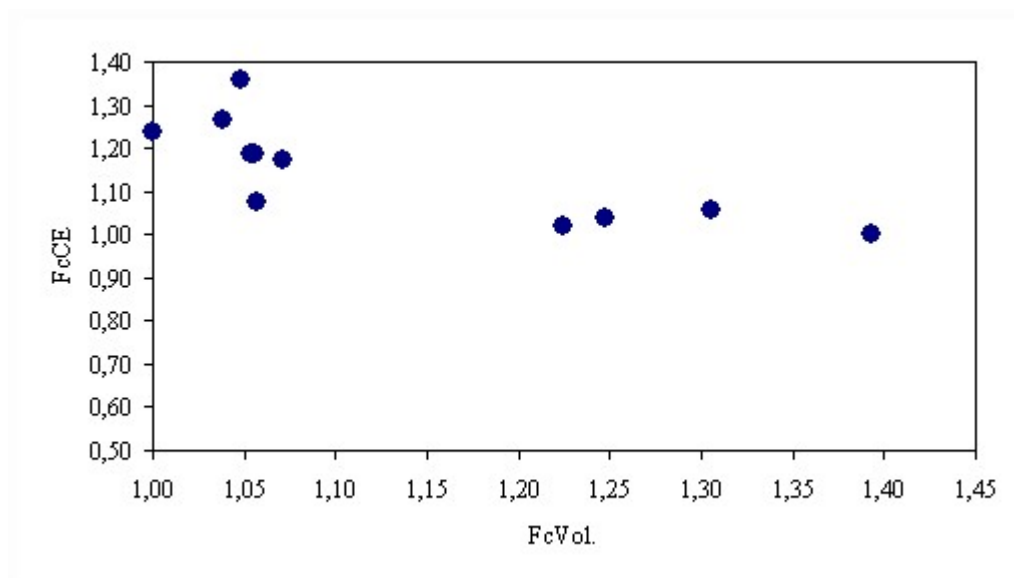
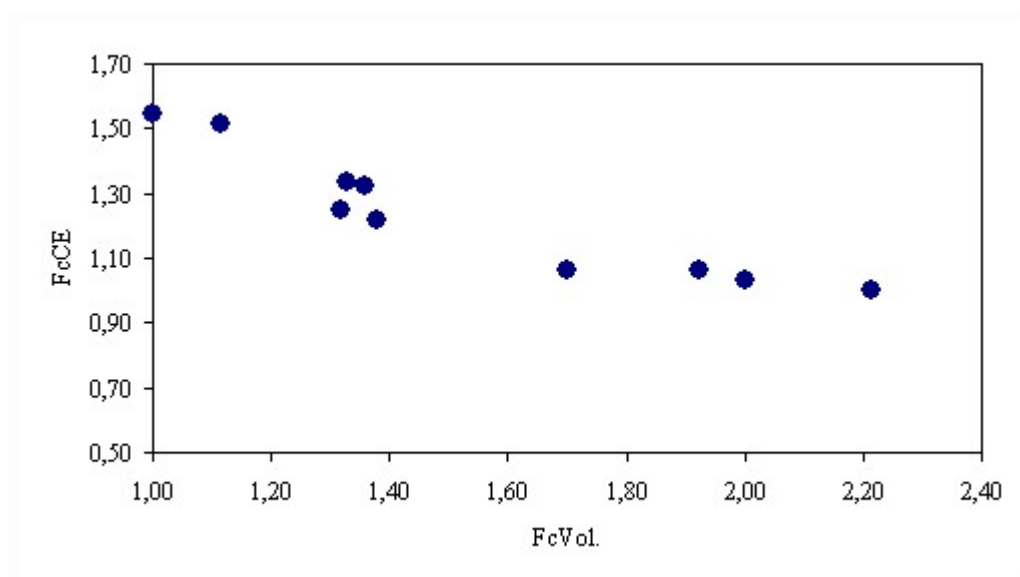


Figura 6: Variação de FcCE em função de FcVol. ao longo do estudo no açude Castro.



A Tabela 1 mostra os valores médios dos parâmetros de qualidade de água nos açudes durante o estudo. O açude Castro apresentou níveis de salinidade mais elevados que os outros dois açudes.

Tabela 1: Valores médios dos parâmetros de qualidade nos açudes durante o período de estudo (Maio de 2001 a Abril de 2002).

<i>Parâmetro</i>	<i>Açude</i>		
	<i>Pacajús</i>	<i>Sítios Novos</i>	<i>Castro</i>
PpH	8,00	8,02	8,00
Condutividade elétrica (μ S/cm)	699	508	1356
Alcalinidade total (mg CaCO_3/L)	87,5	93,1	122,8
Dureza (mg CaCO_3/L)	160,7	113,8	356,2
Cálcio (mg Mg^{2+}/L)	25,8	21	53
Magnésio (mg Ca^{2+}/L)	23,5	15,9	54,4
Cloretos (mg Cl^-/L)	163,6	104	428,2
Sódio (mg Na^+/L)	75,5	57	166,5
Potássio (mg K^+/L)	9,2	8,1	14,4

A Tabela 2 mostra os valores médios dos fatores de concentração dos parâmetros considerados no período. No Castro, no qual $\text{FcVol} > \text{FcNa}$, o risco de salinização é mais notável, conforme sugere Laraque (1989), pois neste reservatório a taxa de renovação de água é baixa. Isto está associado não apenas à tomada de água, mas principalmente à associação de fatores hidrológicos como baixo deflúvio na bacia, perdas por evaporação e também infiltração (MOLLE, 1989).

Valores entre 1 e 2 nos fatores de concentração sugerem baixa taxa de renovação de água. Para sódio e cloretos observou-se que há tendência de acúmulo destes sais, quando os fatores de concentração são menores que os fatores de concentração volumétrica nos reservatórios. Isto é particularmente notável no açude Castro. Para os açudes Pacajús e Sítios Novos os valores de FcNa são ligeiramente maiores que os de FcVol , sugerindo risco menor de salinização. Quanto ao FcCl ($> 2,0$) no Pacajús, há indicação de uma maior taxa de renovação de água. Isto se justifica por este reservatório contar com maior nível de acumulação ao longo do estudo. Neste, portanto, o risco de cloratação é menor.

Tabela 2: Valores médios dos fatores de concentração nos açudes estudados (Maio de 2001 a Abril de 2002).

<i>Reservatório</i>	<i>Fatores de concentração</i>							
	<i>FcVol.</i>	<i>FcCE</i>	<i>FcNa</i>	<i>FcK</i>	<i>FcDrz</i>	<i>FcCa</i>	<i>FcMg</i>	<i>FcCl</i>
Pacajús	1,325	1,292	1,373	1,391	1,681	2,360	1,528	2,314
S. Novos	1,136	1,145	1,177	1,287	1,186	1,165	1,219	1,214
Castro	1,533	1,233	1,250	1,146	1,234	1,226	1,233	1,262

Os fatores de concentração de volume correlacionaram negativamente com os fatores de concentração de sais, com destaque para o FcCa (cálcio) e FcCE (condutividade elétrica) ($r \cong -0,8$, para $\alpha = 0,05$) nos reservatórios Sítios Novos e Castro. No Pacajús as correlações foram menos representativas ($r \cong -0,5$, para $\alpha = 0,05$). As equações de números 1 a 4 estimam os fatores de concentração de sódio, cloretos, magnésio e dureza a partir do valor de FcCE . Já as equações de números 5 a 7 servem para estimar os fatores de concentração de sódio, dureza e magnésio, a partir do fator relativo a cloretos. Estes modelos foram obtidos por agrupamento dos resultados dos três reservatórios. Isto serve para traçar um perfil do processo de salinização dos reservatórios e riscos associados.

$FcNa = 1,19FcCE - 0,19$ $r^2 = 0,9065$	(Equação 1)
$FcCl = 5,28FcCE - 4,86$ $r^2 = 0,7251$	(Equação 2)
$FcMg = 1,524FcCE - 0,52$ $r^2 = 0,7925$	(Equação 3)
$FcDRZ = 1,60FcCE - 0,58$ $r^2 = 0,8274$	(Equação 4)
$FcNa = 0,181FcCl + 0,98$ $r^2 = 0,8567$	(Equação 5)
$FcDRZ = 1,11Ln(FcCl) + 1,04$ $r^2 = 0,9343$	(Equação 6)
$FcMg = 1,1Ln(FcCl) + 1,00$ $r^2 = 0,9611$	(Equação 7)

A interpretação dos fatores de concentração salina pode ser limitada pelas características físicas do reservatório, pela bacia de drenagem, e pelo volume de água utilizado. Este último parâmetro é particularmente dependente de condições climáticas. Por outro lado, resultados agrupados mostram correlações tornam-se mais representativas. A partir daí as variáveis relativas à salinidade podem ser estimadas. Isto já havia sido proposto por da Silva e Alexandre (2003) em estudo recente.

Quanto à qualidade das águas dos reservatórios pode-se afirmar que eram alcalinas ($Na + K > Mg > Ca$, em miliequivalentes/litro) ratificadas por valores de pH em torno de 8. Também as águas estavam, em processo de cloração ($Cl > Alcalinidade$, em miliequivalentes/litro). O Castro mostrou maior razão $Cl/Alcalinidade$ (4,95) e o açude Sítios Novos menor valor (1,52). Este último é um reservatório novo, concluído em 1998.

CONCLUSÕES

Dentre os reservatórios estudados o Castro apresenta maior risco de salinização, sendo também aquele com maior demanda de renovação de água. O açude Sítios Novos, por sua vez, apresentou menor risco. Entretanto, este um reservatório recente.

Os valores de $FcVol$. correlacionaram negativamente com a maior parte dos fatores de concentração de sais, em especial nos açudes Sítios Novos e Castro. No Pacajús, devido ao elevado nível operacional e, possivelmente, influenciado por características geoclimáticas mais favoráveis, há baixa correlação entre volume acumulado e acúmulo de sais.

Apesar das diferenças entre os reservatórios foi possível agrupar os resultados dos fatores de concentração de sais observados. Os valores de $FcCE$ apresentaram correlações significativas com $FcNa$, $FcCl$, $FcDRZ$ e $FcMg$. $FcCl$ por sua vez mostrou correlação $FcNa$, $FcDRZ$ e $FcMg$. Por fim, as águas dos reservatórios eram alcalinas, com indicativo de processo de cloração mais acentuada no Castro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 18th edition. Washington, DC. 1992.
2. Da Silva, F. J. A. e Alexandre, A. M. B. Reservatórios da região metropolitana de Fortaleza, Nordeste do Brasil – influência dos níveis operacionais sobre a salinidade da água e correlações entre parâmetros de qualidade. **Revista Tecnologia** 24 (1). p. 11- 21. 2003.
3. Freire, R. H e Paulino, W. D. **Variáveis limnológicas indicadoras da qualidade da água: aspectos gerais e aplicações**. Companhia de gestão dos Recursos Hídricos – COGERH. Informe Técnico nº 10. Outubro de 2002.
4. Laraque, A. **Estudo e previsão da qualidade da água de açudes do nordeste semi-árido brasileiro**. SUDENE. Série Hidrologia/26. 98 p. Recife. 1989.
5. MOLLE, F. **Perdas por evaporação e infiltração em pequenos açudes**. SUDENE. Série Hidrologia/25. 175 p. Recife. 1989.

