

## XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### **MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS COMO BIOINDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUA EM QUATRO RESERVATÓRIOS DA BACIA DO RIO PARAÍBA, TRÓPICO SEMIÁRIDO PARAIBANO.**

*Evaldo de Lira Azevêdo<sup>1</sup>; Célia Regina Diniz<sup>2</sup>; Janiele F. Vasconcelos<sup>3</sup>; José Etham l. Barbosa<sup>4</sup>;*

#### **Resumo**

O processo de deterioração dos corpos aquáticos coloca em risco a manutenção da vida aquática e o uso deste recurso. Neste contexto é de fundamental importância a avaliação da qualidade de água, especialmente, utilizando bioindicadores de qualidade de água, como os macroinvertebrados bentônicos, que são considerados os melhores bioindicadores. O presente estudo teve o objetivo de avaliar a qualidade de água de quatro reservatórios da Bacia do Rio Paraíba utilizando a comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Os açudes Poções, Camalaú, Cordeiro e Boqueirão apresentaram grande variabilidade de qualidade da água, ao longo dos meses, sob forte influência de fatores antropogênicos. Houve diminuição da diversidade de organismos da montante a jusante, com os seguintes índices de diversidade: 2,24 nats para o reservatório de Boqueirão, 2,47 nats para Cordeiro, 2,55 nats para Camalaú e 2,62 nats para Poções, o que pode ser explicado pelo uso e ocupação do solo no perímetro desses Açudes. Fato preocupante foi a predominância de moluscos (Thiaridae) e anelídeos (oligochaetas), o que aponta para reservatórios com grande quantidade de matéria orgânica, visto que esses organismos são resistentes a condições ambientais extremas, podendo viver em locais com baixas concentrações de oxigênio.

**Palavras-chave:** qualidade de água, macroinvertebrados bentônicos, bioindicadores

#### **Abstract**

The process of deterioration of water bodies endangers the maintenance of aquatic life and use of this feature. In this context it is of fundamental importance to evaluate the quality of water, especially using bioindicators of water quality, such as benthic macroinvertebrates, which are considered the best bio-indicators. This study aimed to evaluate the quality of water from four reservoirs of the Paraíba River Basin using the benthic macroinvertebrate community. The reservoirs Poções, Camalaú, Cordeiro and Boqueirão showed great variability in water quality over the months, under strong influence of anthropogenic factors. There was a decrease of diversity of organisms from upstream to downstream, with the following diversity indices: 2.24 nats for the reservoir Boqueirão, 2.47 nats for Cordeiro, Camalaú to 2.55 nats and 2.62 nats Poções for the This can be explained by the use and occupation of land on the perimeter of these dams. Alarming fact was the predominance of molluscs (Thiaridae) and annelids (Oligochaeta), which points to reservoirs with large amounts of organic matter, since these organisms are resistant to environmental extremes, and can live at low oxygen concentrations.

**Keywords:** water quality, benthic macroinvertebrates, bioindicators

## INTRODUÇÃO

As atividades antropogênicas têm produzido efeitos negativos nos ecossistemas aquáticos ameaçando o desenvolvimento e dificultando a proteção ambiental. O processo de deterioração dos corpos aquáticos coloca em risco a manutenção da vida aquática e o uso deste recurso [Rebolças (2002)].

O semiárido nordestino periodicamente apresenta problemas de escassez e de qualidade de água. Nesta região, a falta de água tratada e a irregularidade na distribuição de chuvas fazem com que o uso de açudes, barreiros, cacimbas e poços se tornem as principais fontes de água para consumo humano, principalmente nas áreas rurais. Por não possuírem sistemas de esgotamento ou drenagem, estes locais, lançam elevada carga poluidora nos corpos aquáticos disponíveis, onde uma parte significativa da população rural utiliza estas águas para consumo humano sem tratamento prévio [Litter, Mansiglia (2001); Litter; Gonzalez (2004)].

Estudos científicos que visam avaliar a qualidade de água com base nos macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores estão sendo cada vez mais utilizados para diagnosticar espaço temporalmente os impactos em ecossistemas aquáticos [Wright e Armitage (1993); Wright *et al* (1996); Oz e Sengorur (2004); Callisto e Moreno (2005); Semenchenko e Moroz (2005); Walsh, (2006)].

Dentre as principais características que fazem dos macroinvertebrados excelentes bioindicadores são: diversidade de formas de vida, mobilidade limitada, grande quantidade de espécies, possibilidade de toda a comunidade responder a alterações ambientais, presença de espécies com ciclo de vida longo, facilidade de uso e manipulações experimentais entre outras características [Bicudo e Bicudo (2004)].

A bacia hidrográfica do Rio Paraíba é uma das mais importantes do Estado da Paraíba não somente pelo volume de água que é transportado, mas pelo seu potencial hídrico de aproveitamento para múltiplos usos, principalmente o abastecimento humano.

Esta bacia hidrográfica do, com uma área de 20.071,83 km<sup>2</sup>, é a segunda maior do Estado da Paraíba, pois abrange 38% do seu território, abrigando 1.828.178 habitantes que correspondem a 52% da sua população total. Considerada uma das mais importantes do semiárido nordestino. Os seus 38 reservatórios distribuídos em sua rede fluvial são de usos múltiplos, principalmente o abastecimento público, principal finalidade seguida da dessedentação animal e aqüicultura.

A intensa pressão antrópica na bacia devido ao processo de urbanização tem alterado negativamente sua qualidade ambiental. Como consequência dessa pressão, observa-se expressiva perda da qualidade da água resultando em mudanças nas características físicas e químicas e

conseqüente queda da biodiversidade aquática em diversos trechos da bacia [Barbosa & Watanabe, (2000); Mendes e Barbosa (2004)],

No Nordeste Semiárido brasileiro os estudos de biomonitoramento utilizando bioindicadores são raros. Por estes motivos e pela excelência da utilização dessa comunidade no biomonitoramento, se justifica a verificação da qualidade de água utilizando a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em açudes do trópico semirárido paraibano.

## **ÁREA DE ESTUDO**

A bacia hidrográfica do rio Paraíba, com uma área de 20.071,83 km<sup>2</sup>, compreendida ente as latitudes 6°51'31" e 8°26'21" Sul e as longitudes 34°48'35"; e 37°2'15"; sendo composta pela sub-bacia do Rio Taperoá e Regiões do alto, médio e baixo Curso do rio Paraíba [PARAÍBA ( 2008)].

O estudo foi realizado em quatro reservatórios da bacia do Rio Paraíba: o açude Poções está situado no riacho Mulungu, no município de Monteiro, aproximadamente 15 km a jusante da sede municipal. Localiza-se na sub-bacia do alto Paraíba (7°53'38"S e 37°0'30"W) o qual apresenta uma capacidade de acumulação de 29.861.562 m<sup>3</sup>, formando um espelho d'água de 773,41 há e drenando uma área de 656km<sup>2</sup>. A finalidade principal do açude é o aproveitamento do potencial hídrico para irrigação. Este açude receberá o canal de transposição do eixo leste do rio São Francisco para o Estado da Paraíba.

O açude Camalaú está localizado na microrregião do Cariri Ocidental (7°53'33.94" S 36°50'39.16" W), com capacidade de acumulação de 48.107.240 m<sup>3</sup>. Suas águas são utilizadas para abastecimento humano, bem como, utilizado para aqüicultura, dessedentação de rebanhos, lazer e irrigação. Segundo açude localizado no eixo de cascata da transposição do rio São Francisco para o Estado da Paraíba.

O açude Cordeiro se localiza na região do alto Paraíba (7°47'38.00" S 36°40'14.04" W), com capacidade de acumulação de 69.965.945 m<sup>3</sup>. Abastece os municípios do Congo, integrando um sistema adutor que distribui águas para o abastecimento das cidades de Monteiro, Sumé, Serra Branca e São João do Cariri, e ainda em ampliação. É utilizado para fins de abastecimento, irrigação, dessedentação de rebanhos, pesca e em algumas iniciativas de lazer e turismo regional.

O açude Eptácio Pessoa (Boqueirão) é o divisor entre o alto e médio Paraíba (7°29'20"S e 36°17'3"W), tendo uma bacia hidráulica de 26.784 ha e capacidade de acumulação de 411.686.287 m<sup>3</sup>. É utilizado principalmente para fins de abastecimento e outras atividades, como: irrigação, piscicultura, perenização e turismo. Este é responsável atualmente pelo abastecimento de 20 municípios da região do Cariri paraibano

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

As amostragens nos quatro ambientes foram realizadas de Setembro de 2009 a Julho de 2010. Foram coletadas amostras de água em diferentes profundidades dos reservatórios e na margem, com auxílio da garrafa de Van Dorn e transportadas para o laboratório em caixas de isopor resfriadas. As variáveis físicas e químicas analisadas foram: transparência da água, temperatura, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, pH, alcalinidade total e dureza [APHA, (1998)].

Para o estudo da comunidade de macroinvertebrados bentônicos foram realizadas coletas do sedimento junto à vegetação marginal e limnética, com o auxílio de draga do tipo Van-Venn (450 cm<sup>2</sup>) em áreas previamente estabelecidas ao longo das margens dos ambientes, em uma faixa de aproximadamente 1m da margem, a uma profundidade máxima de 0,50 - 1,0 m. O sedimento retirado foi transferido para sacos plásticos e encaminhado para o laboratório. As amostras foram lavadas em água corrente e o material retido em peneiras de malhas de 500µm e 210µm. Em seguida as amostras foram colocadas em potes plásticos e fixadas em formol a 4 %. No laboratório as amostras foram lavadas e o material retido em peneiras sobrepostas de 500 e 210 µm e preservado em álcool a 70%. A triagem do material foi feita em bandejas iluminadas e estereomicroscópio de luz Carl Zeiss, os indivíduos encontrados foram colocados em frascos de plásticos e conservados em álcool a 70%.. A identificação dos organismos foi realizada ao nível de família com o auxílio de bibliografia especializada.

Na análise descritiva foram utilizadas as ferramentas do “Microsoft EXCEL for Windows 2007”, o software Estimates 8.0 foi usado para calcular funções da biodiversidade e índices bióticos baseado na amostragem de dados.

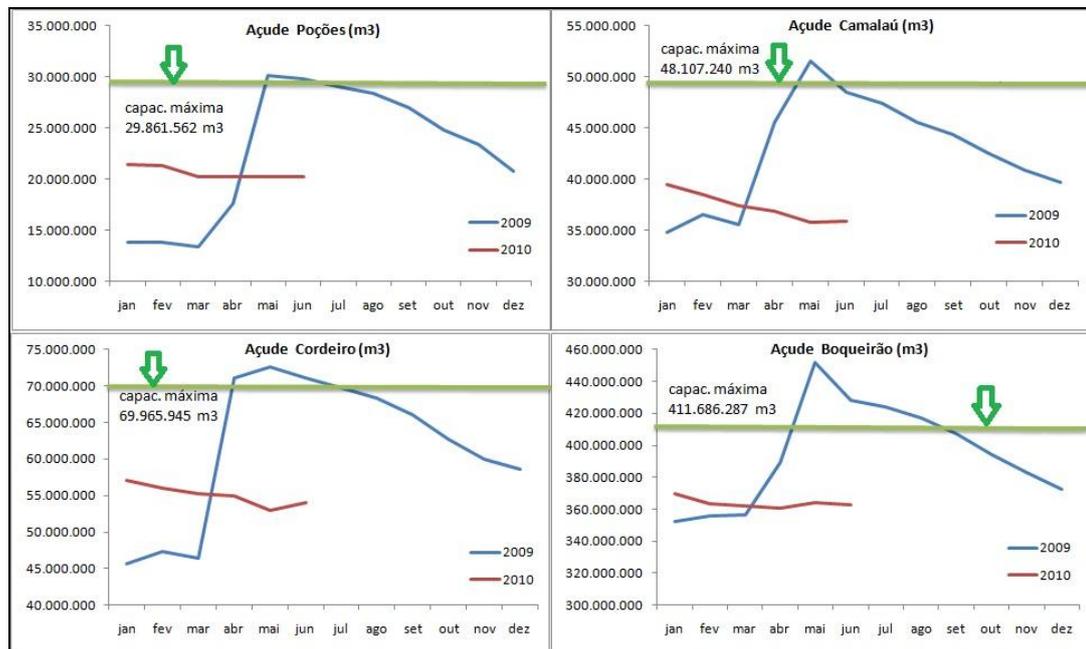
## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Variação da Precipitação Pluviométrica e do Volume da Água**

No ano de 2009, o volume armazenado nos açudes foi superior ao de 2010. Verifica-se que do início desse estudo (setembro/09) até o seu término (junho/10), houve uma redução significativa no volume de todos os açudes estudados (Figura 1).

A precipitação pluviométrica anual em 2009 apresentou valores máximos no açude Camalaú (1016,5mm) e mínimos no açude Boqueirão (591mm). Em 2010 as precipitações, até junho, foram

inferiores às observadas no ano anterior, com máximas no açude Cordeiro (588,5mm) e mínimas em Poções (53,6mm).



**Figura 1** - Variação mensal do volume da água nos açudes Poções, Camalaú, Cordeiro e Boqueirão, 2009 a Junho de 2010. Fonte: PARAIBA (2010).

O volume médio armazenado no período considerado como de cheia (março a junho/10) foi inferior ao período de seca do ano anterior (setembro a dezembro/09). A redução superior a 10% nos reservatórios pode ter contribuído para a volatilização de gases, além da perda de água como vapor e concentrando os sais. Estes fatores podem estar associados ao aumento da condutividade elétrica e de cloretos ao longo deste estudo. O abaixamento do nível da represa também proporcionou uma elevação da concentração de cloretos e da alcalinidade no reservatório do Arroio Vacacaí-Mirim – RS, segundo os estudos de Gastaldini, Paiva e Paiva (2000)

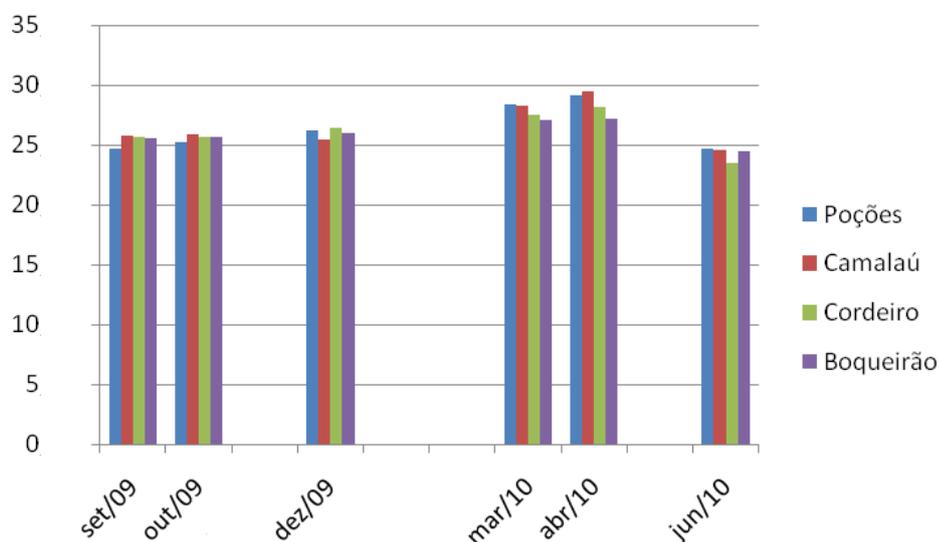
### Variáveis limnológicas

Nas Figuras 1 a 9 são apresentadas às variações físicas e químicas da qualidade da água coletada em pontos de margem (P1) (subsúperficie) e próximo à captação (P2), nos quatro açudes ambientes amostrados nos períodos de setembro a dezembro/09 e de março a junho/10.

### Temperatura da água

Os maiores valores de temperatura da água foram identificados no período de chuvas. Comportamento semelhante foi observado por Barbosa *et al.* (2006) nos açudes Taperoá, Soledade, Namorados e lagoa Panati, localizados na bacia Taperoá, Cariri paraibano, onde em todos os ambientes pesquisados, as maiores temperaturas concentraram-se no período chuvoso (fevereiro/05) e as mais baixas nos períodos de seca (agosto/04 e junho/05).

A temperatura da água apresentou baixa amplitude média temporal (5,1°C). Apresentando baixa amplitude entre os pontos de margem e do centro. Entre os açudes, as maiores temperaturas médias foram observadas nos açudes Poções e Camalaú (> 28 °C) no período de mar-jun/10 e menores em Cordeiro e Boqueirão, entre set-dez/10 (< 26 °C). As médias de temperatura se mostraram mais homogêneas ao longo do período de estiagem (set – dez/10), com valores entre 26,33 °C (Bq 2) e 25,47°C (Poç 2) (Figura 2).



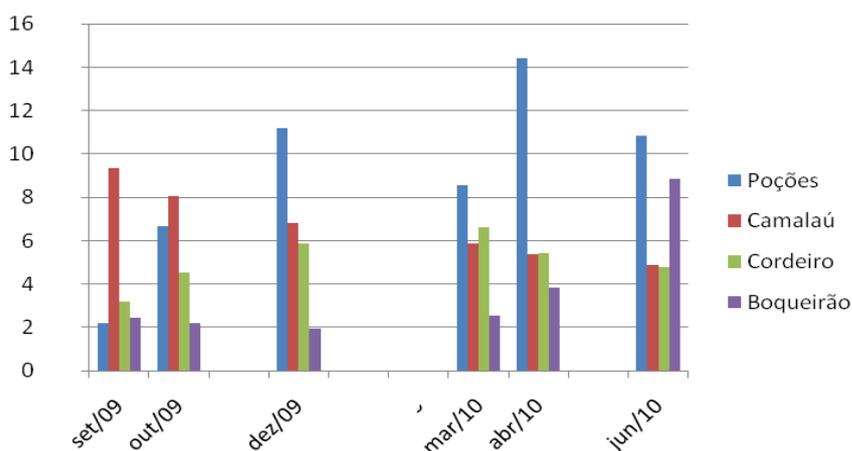
**Figura 2** - Valores médios de Temperatura (°C) da água nos açudes Poções, Camalaú, Cordeiro e Boqueirão, pontos de subsuperfícies (1 - margem; 2 - próximo a captação), período de 2009 a 2010.

Amplitudes térmicas próximas às destes açudes, foram observadas por Wright (1981c), Ceballos (1995) e Abílio (2002) no açude Bodocongó (em torno de 5,0°C); por Diniz (1995) em corpos lânticos temporários paraibanos (3,0°C ); por Tavares (2000) na represa São Salvador-PB (3,0°C); por Bouvy, Barros-Franca e Carmouze (1998) em sete açudes pernambucanos (6,3°C). Esses resultados indicam que variações de temperatura da ordem de 2 a 5°C são freqüentes nos corpos lânticos do Nordeste.

## **Turbidez**

Os valores médios de turbidez variaram entre 2 e 17UT, mais elevados no período chuvoso, exceto no açude Camalaú que apresentou maiores valores na estiagem (Cam 1 – 17 UT, set-dez/10), associado a um maior incremento de biomassa fitoplanctônica visivelmente observado no açude durante, devido às temperaturas mais altas e a disponibilidade de luz nesse período e o aumento de nutrientes pela existência de tanques-rede no açude, propiciando uma turbidez biogênica (Figura 3).

Valores mais altos de turbidez no período chuvoso, estão associados com a entrada de material, à perturbação da coluna d'água e conseqüente resuspensão do sedimento, transportando material depositado na bacia de drenagem durante a estiagem e produzindo maior impacto nas características qualitativas da água do reservatório, com perda de valores estéticos, refletindo o avanço da ação antrópica no açude, particularmente nos pontos da região litorânea (margens) com gradientes físicos e químicos acentuados, por serem zonas de transição entre o ecossistema lacustre e o terrestre (ecótono), com influências de ambos [Esteves (1998)].

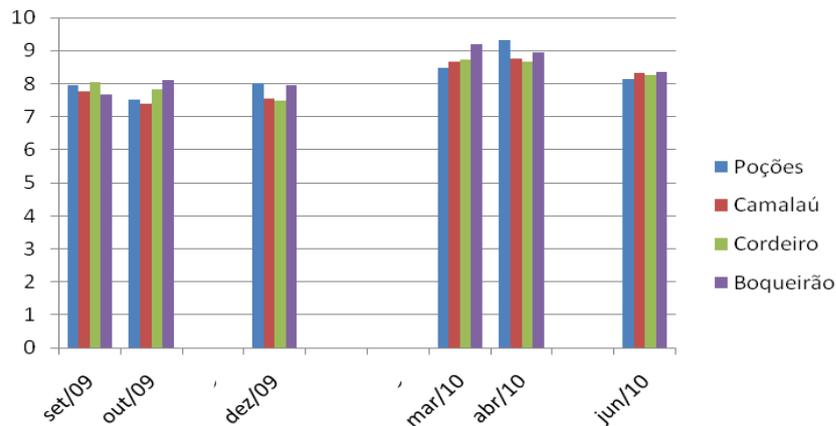


**Figura 3** - Valores médios de Turbidez (UT) da água nos reservatórios Poções, Camalaú, Cordeiro e Boqueirão, pontos de subsuperfície (1 - margem; 2 - próximo a captação), período de 2009 a 2010

## pH

Foi verificada pequena variação média de pH entre os pontos de margem e do centro e entre os açudes. Entre os períodos de coleta houve maiores valores médios na época de chuvas (8,71, mar-jun/10) (Figura 4). O aumento da temperatura nas chuvas, acelerou a cinética das reações fotossintéticas, as quais deslocam o pH para valores mais básicos [Talling (1957); Margalef (1983)].

Uma das razões atribuídas por Gavilán-Díaz (1990) à pequena variação do pH nas águas da Represa Barra Bonita - SP, foi à alta alcalinidade e a capacidade de tamponamento associada, que permitem manter um pH mais ou menos estável no sistema.



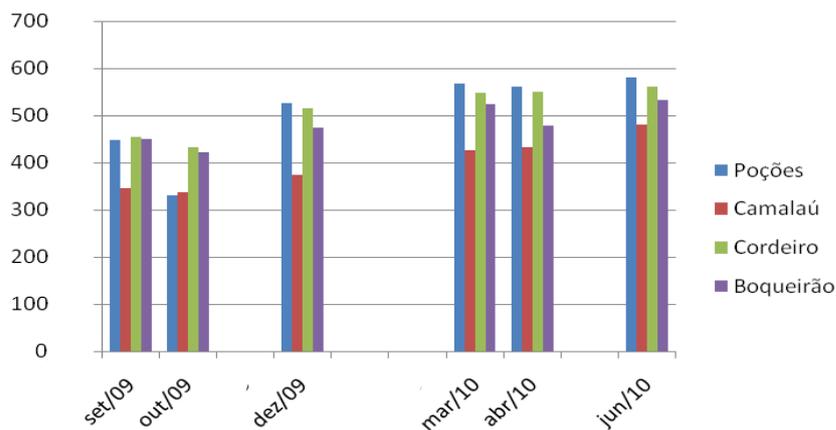
**Figura 4** - Valores médios de pH da água nos reservatórios Poções, Camalaú, Cordeiro e Boqueirão, Pontos de Subsuperfície (1- margem; 2- próximo a captação), período de 2009 a 2010

### Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica apresentou média na subsuperfície da água de 483,02  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mostrando-se elevada, quando comparada a corpos aquáticos do Sudeste do país (represas da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão do Canchim – SP onde a CE variou entre 18 e 23  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) [Paollilo (2006)].

Nesse estudo os menores valores de CE, foram verificados no período de estiagem (set-dez/09) onde havia maior volume de água nos açudes (Figuras 1 e 5). O aumento do volume armazenado ao longo do período chuvoso favorece a diluição dos sais presentes no corpo aquático [Von Sperling (199)].

Não foi verificada diferenças expressivas entre os pontos de margem e do centro dos açudes. Houve menores concentrações médias de CE no açude Camalaú (418  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

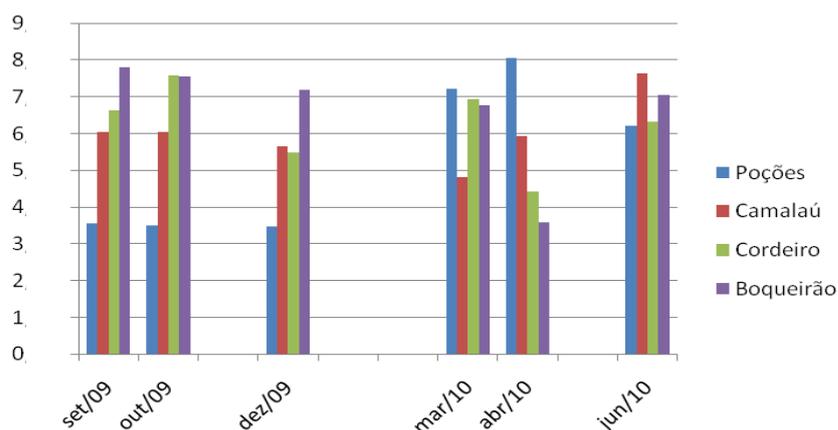


**Figura 1** - Valores médios de Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) na água dos reservatórios Poções, Camalaú, Cordeiro e Boqueirão, pontos de subsuperfície (1 - margem; 2 - próximo a captação), período de 2009 a 2010.

O aumento das concentrações de sais associado a diminuição do volume da água associado à evaporação em corpos aquáticos do semi-árido nordestino, vem sendo estudado desde a década de 30, destacando-se os trabalhos pioneiros de Wright (1981a e b). Na década de 70 Melo e Chacon (1976) reportaram elevada salinidade nos açudes do Cariri paraibano, como o açude Soledade – PB. Ceballos (1995) e Ceballos et al. (1997) fizeram observações semelhantes em diversos corpos aquáticos lânticos paraibanos: Judite, Ligeiro, Lagoa de Roça, Fazenda Corredor, Pia, Epitácio Pessoa, Engenheiro Arcoverde, São Gonçalo, Jatobá, São Mamede, Santa Luzia, Soledade e Malta.

### Oxigênio Dissolvido (OD)

Em todo período de coleta a superfície do açude manteve-se oxigenada (Figura 1.6), com maiores concentrações médias no período de estiagem (set-dez/09), excetuando-se o açude Poções que apresentou maiores concentrações médias durante o período de chuvas (7,65 mg/L). Provavelmente a localização dos pontos de amostragem em zonas sem proteção dos ventos favoreceu a turbulência e conseqüentemente a aeração das camadas superficiais onde foram realizadas as coletas. Outro fator que pode ter contribuído na oxigenação é o processo fotossintético.



**Figura 2** - Valores médios de Oxigênio Dissolvido (mg/L) da água nos reservatórios de Poções, Camalaú, Cordeiro e boqueirão, pontos de subsuperfície (1-margem; 2- próximo a captação), pqríodo de 2009 a 2010.

### Alcalinidade e Dureza

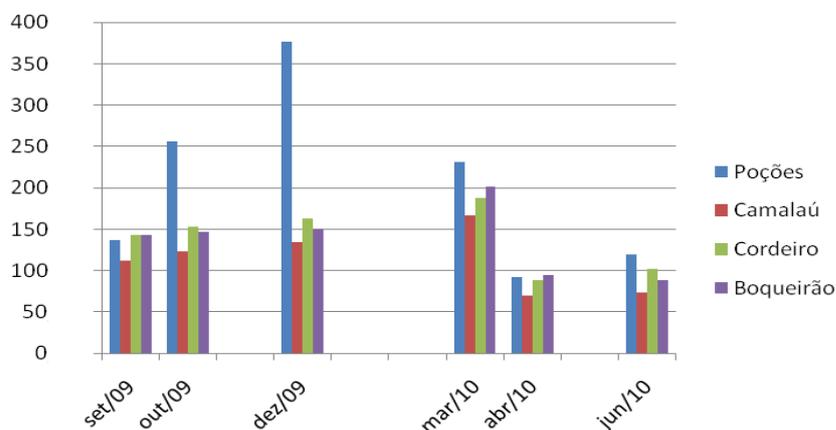
A alcalinidade de uma água é a sua capacidade de neutralização de ácidos. É a medida da propriedade de tamponamento da água. Esta propriedade é normalmente conferida pela presença de

bicarbonatos, carbonatos e hidróxido e, menos freqüentemente nas águas interiores, por boratos, silicatos e fosfatos. A dureza depende do conteúdo de sais de cálcio e magnésio, em grande parte combinados com bicarbonato e carbonato [Sawyer; McCarty; PAarkin (1994); APHA (1995); Esteves (1998); Silva; Oliveira (2001)].

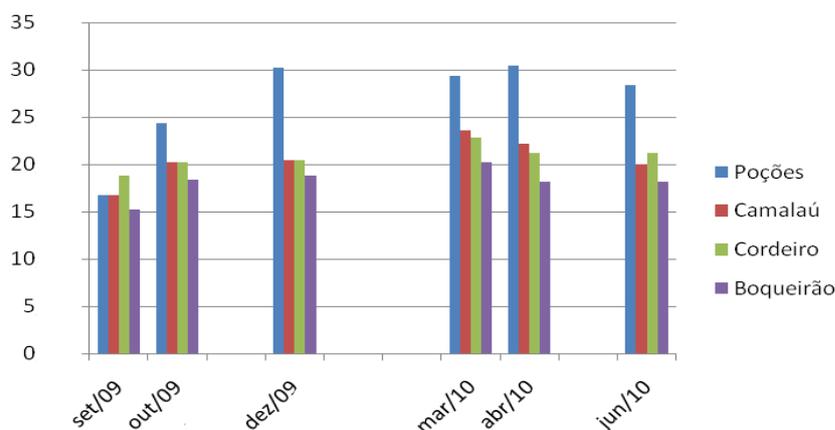
A alcalinidade foi mais elevada na época de chuvas (22,50 mg/L) e no açude Poções (28,67 mg/L) (Figura 8). Comparando-se os valores de pH com os de alcalinidade, verifica-se maiores valores durante as chuvas, período de menor volume de água nos açude, conferindo uma maior capacidade de tamponamento as suas águas nesse período (ESTEVES et al, 1988).

As concentrações médias de dureza apresentaram-se mais elevadas no período de estiagem (175 mg/L), com máximas no açude Poções (276,25mg/L) (Figura 7).

Não foram verificadas diferenças acentuadas de alcalinidade e dureza entre os pontos de margem e do centro.



**Figura 7-** Valores médios de Dureza (mg/L) da água nos reservatórios Poções, Camalaú, Cordeiro e Boqueirão, pontos de subsuperfície (1 – margem; 2 – próximo a captação), período de 2009 a 2010.

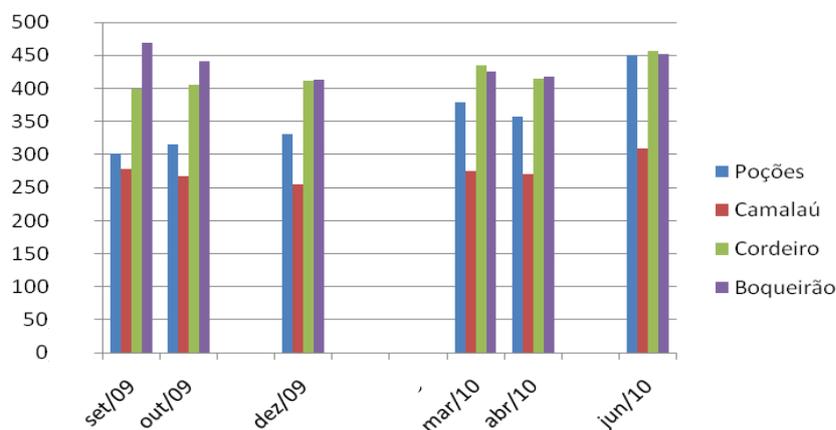


**Figura 8 -** Valores médios de Alcalinida (mg/L)de da água nos reservatórios Poções, Camalaú, Cordeiro e Boqueirão, pontos de subsuperfície (1 – margem; 2 – próximo a captação), período de 2009 a 2010.

## Cloretos

As concentrações de cloretos apresentaram-se elevadas nos açudes Poções, Camalaú, Cordeiro e Boqueirão, em todo período estudado, com médias variando entre (258,79 – Cam 2) e (467,94 – Bq 1) (Figura 4.9). Os menores valores médios foram verificados no açude Camalaú e maiores em Boqueirão. Diniz (1995), destacou elevada concentração de cloretos na estiagem em 21 corpos aquáticos, como o açude Judite em Queimadas – PB (126 a 159mg/l) a 28Km do açude Boqueirão, atribuindo a elevada salinidade desses ambientes à intensa evaporação e a composição dos solos da região.

O período de chuvas (mar-jun/10), semelhantemente aos dados de alcalinidade, apresentaram maiores concentrações médias de cloretos (390,54 mg/L), associado a redução observada no volume nesse período (Figura 4.9).



**Figura 9** - Valores médios de Cloretos da água nos reservatórios Poções, Camalaú, Cordeiro e Boqueirão, pontos de subsuperfície (1 - margem; 2 - próximo a captação), período de 2009 a 2010.

### Comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos

Durante o período estudado foram coletados 24689 organismos distribuídos em 16 táxons, sendo os táxons Thiaridae e Oligochaetas mais representativos em termos de abundância de indivíduos (Tabela 1).

**Tabela 1** - Número de macroinvertebrados bentônicos identificados por reservatório na bacia do Rio Paraíba.

TÁXONS	Poções	Camalaú	Cordeiro	Boqueirão	Total
<b>COLEOPTERA</b>					
Hydrophilidae	2	0	0	2	4
<b>HETEROPTERA</b>	0	0	1	0	1

Naucoridae					
<b>LIBELLULLIDAE</b>					
Libellulidae	0	0	0	2	2
<b>CHIRONOMIDAE</b>					
Chironomidae	518	7	32	23	580
Chaoboridae	42	101	56	0	199
<b>HEPHEMEROPTERA</b>					
Polymitarcyidae	0	0	0	4	4
<b>GASTROPODA</b>					
Thiaridae	10808	2018	3240	2936	19002
Planorbidae	591	7	173	24	795
Ampullaridae	1	1	21	8	31
Physidae	1	0	0	0	1
<b>BIVALVIA</b>					
Corbiculidae	0	0	0	524	524
Margaritiferidae	1	0	2	0	3
Unionidae	2	0	0	0	2
<b>ANNÉLIDA</b>					
Oligochaeta	1424	1294	464	323	3505
<b>DECAPODA</b>					
Atyidae	0	2	0	17	19
<b>ORTHOPTERA</b>					
Tridactylidae	12	2	3	0	17
<b>Total por ambiente</b>	<b>13402</b>	<b>3432</b>	<b>3992</b>	<b>3863</b>	<b>24689</b>

Pode-se verificar que algumas famílias apresentaram um padrão de distribuição descontínuo entre os ambientes estudados, como pode ser verificado na Tabela 2, que demonstra a presença e ausência de indivíduos nos reservatórios estudados.

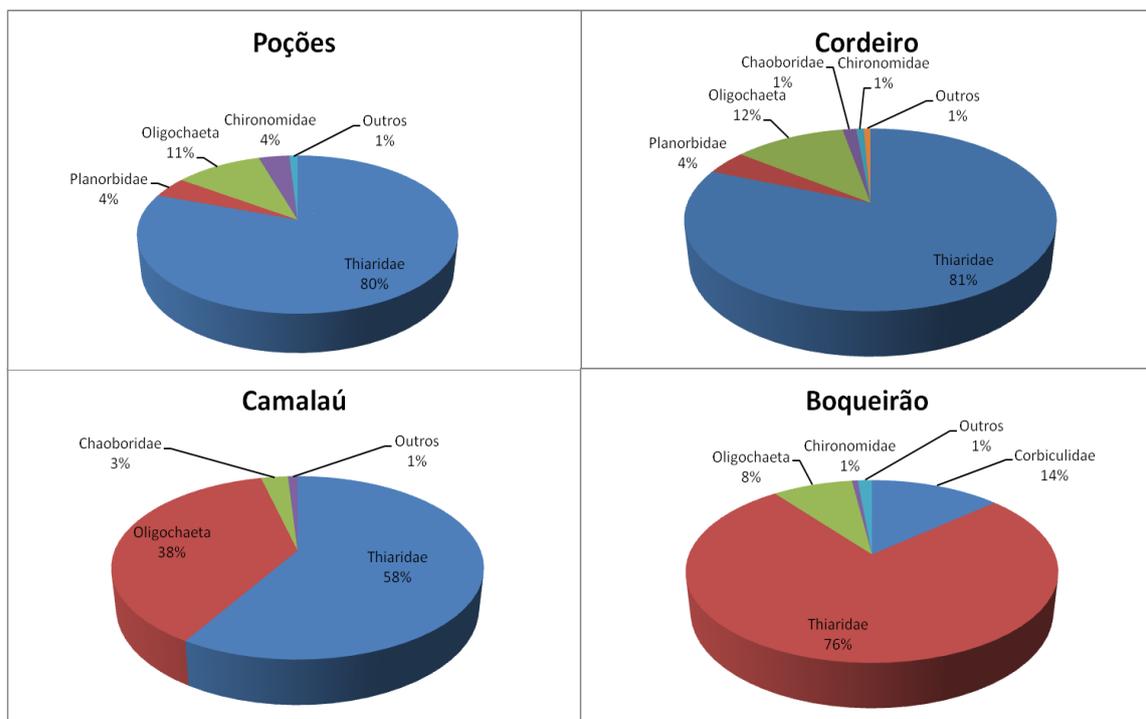
**Tabela 2** - Presença e a ausência de macroinvertebrados bentônicos nos reservatórios Poções, Camalaú, Cordeiro e Boqueirão, onde 1 representa a presença e 0 a ausência.

	Poções	Camalaú	Cordeiro	Boqueirão
<b>COLEOPTERA</b>				
Hydrophilidae	1	0	0	1
<b>HETEROPTERA</b>				
Naucoridae	0	0	1	0
<b>ODONATA</b>				
Libellulidae	0	0	0	1
<b>DIPTERA</b>				
Chironomidae	1	1	1	1
Chaoboridae	1	1	1	0
<b>EPHEMEROPTERA</b>				
Polymitarcyidae	0	0	0	1
<b>GASTROPODA</b>				
Thiaridae	1	1	1	1
Planorbidae	1	1	1	1

Ampullaridae	1	1	1	1
Physidae	1	0	0	0
<b>BIVALVIA</b>				
Corbiculidae	0	0	0	1
Margaritiferidae	1	0	1	0
Unionidae	1	0	0	0
<b>ANNELIDA</b>				
Lumbriculidae	1	1	1	1
<b>DECAPODA</b>				
Atyidae	0	1	0	1
<b>ORTHOPTERA</b>				
Tridactylidae	1	1	1	0

A família Naucoridae ocorreu apenas no reservatório Cordeiro e a família Physidae apenas no reservatório Poções; as famílias Libellulidae, Polymitarcyidae e Cobiculidae ocorreram apenas no reservatório Boqueirão. No entanto, as famílias Chironomidae, Thiaridae, Planorbidae e Ampullaridae ocorreram em todos os reservatórios. Os demais táxons ocorreram em dois ou três reservatórios.

De acordo com os dados obtidos pode-se verificar que a composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos mostrou-se variável entre os reservatórios, esse fato pode ser explicado pelo grau de impacto sofrido pelo ambiente, tendo em vista que à medida que se sobe a bacia note-se que há uma diminuição da área ocupada em torno dos reservatórios [Biasi *et al* (2010)].



**Figura 10** – Abundância relativa das famílias de macroinvertebrados bentônicos coletados nos reservatórios Poções, Camalaú, Cordeiro e Boqueirão, no período de 2009 a 2010.

No açude Poções foi coletado o maior número de espécimes, 13402 indivíduos, que se distribuíram em 11 famílias, entre as quais destaca-se Thiaridae Oligochaeta (Figura 10). Já no açude Camalaú foram coletados 3432 indivíduos com representantes de 8 táxons, sendo Thiaridae e Oligochaeta as famílias mais representativas (Figura 10). Observou-se que no açude Camalaú houve uma maior predominância de Oligochaetas em relação aos outros reservatórios.

No açude Cordeiro foram coletados 3992 indivíduos representados por 9 táxons de macroinvertebrados bentônicos, sendo as famílias mais representativas Thiaridae e Oligochaeta (Figura 10).

No açude de Boqueirão foram coletados 3863 indivíduos distribuídos em 10 táxons (Figura 10), sendo as famílias mais representativas Thiaridae Corbiculidae e Oligochaeta.

O açude Epitácio Pessoa (Boqueirão) foi o único a apresentar indivíduos da família Corbiculidae, bivalves filtradores. A presença da família Corbiculidae no açude de Boqueirão merece atenção em estudos posteriores.

## **Diversidade**

Para o índice de diversidade de Shannon foram obtidos resultados de 2,24 nats para o reservatório de Boqueirão, 2,47 nats para Cordeiro, 2,55 nats para Camalaú e 2,62 nats para Poções, como mostrado na figura 11. Como pode ser observado o reservatório poções apresentou maior índice de diversidade (2,62 nats) e o reservatório Boqueirão o menor índice (2,47 nats) (Figura 4.23).

É possível verificar que há um decréscimo contínuo na diversidade, partindo do açude Poções (primeiro da cascata de açudes) ao açude de Boqueirão último estudado da cascata, como mostrado na Figura 11.

A grande quantidade de moluscos, principalmente os pertencentes a família Thiaridae, nos reservatórios pode estar associado aos altos valores de alcalinidade, especialmente no reservatório Poções, o qual apresentou maior valor médio anual de alcalinidade e uma grande quantidade de moluscos, como encontrado por Abílio (1997 e 2000). Esses organismos também são tolerantes à poluição por matéria orgânica e podem se desenvolver normalmente em ambientes perturbados [Goulart; Callisto (2003)].



**Figura 11** - Diversidade de macroinvertebrados bentônicos coletados nos reservatórios Poções, Camalaú, Cordeiro e Boqueirão, seguindo o sentido montante jusante, no período de 2009 a 2010

No reservatório Poções foi encontrado maiores quantidades de dípteros Chironomidae que nos outros reservatórios. Algumas espécies desses organismos apresentam adaptações que os possibilitam viver em condições extremas de temperatura, pH, salinidade, profundidade, velocidade de corrente e produtividade [Callisto; Esteves (1998)]. De fato, os maiores valores de temperatura, condutividade elétrica, alcalinidade e dureza foram obtidos nesse reservatório.

Todos os ambientes apresentaram, sem exceção, predominância de indivíduos pertencentes a família Thiaridae que são herbívoros raspadores e apresentam tolerância à ambientes com baixas concentrações de oxigênio e não são exigentes em relação ao hábitat. Esse fato é preocupante visto que tais organismos, em termos de bioindicação, apontam para ambientes impactados. Ocupando o segundo lugar em número de indivíduos foram encontrados oligochaetas, que apresentam uma alta resistência a ambientes com condições ambientais extremamente perturbadas, podendo sobreviver horas em locais anóxicos, além disso, não são exigentes em relação a seus habitats (Goulart; Callisto (2003)].

## CONCLUSÃO

Nos açudes Poções, Camalaú, Cordeiro e Boqueirão a qualidade da água apresentou grande variabilidade, ao longo dos meses e na coluna d'água, sob forte influência de fatores antropogênicos.

O açude Poções apresentou menores concentrações de oxigênio dissolvido, o que pode estar associado à biodegradação de matéria orgânica devido ao maior impacto antropogênico que o açude está submetido. Este açude também apresentou abundância dos táxons Thiaridae e oligochaeta, o que pode refletir um elevado grau de eutrofização.

A redução do volume da água armazenada nos açudes, no período de chuvas no ano de 2010, favoreceu o aumento da concentração dos sais, elevando a condutividade elétrica e os cloretos neste período.

Valores elevados de condutividade elétrica (CE), nos açudes, podem ser atribuídos aos aportes dos solos salinos da região, dos rios afluentes e da evaporação. Não se verificaram variações verticais definidas da condutividade elétrica e cloretos ao longo da coluna d'água. Os valores dessas variáveis diminuíram com o aumento do nível da água dos açudes e conseqüente diluição da concentração de íons.

Houve uma abundância em todos os reservatórios de indivíduos dos táxons Thiaridae e Lumbriculidae, fato preocupante, pois em termos de bioindicação, estes organismos predominam em ambientes impactados. Houve uma diminuição da diversidade ao longo da cascata de reservatórios, o que pode ser relacionado pelo o uso ocupação do solo nas imediações dos reservatórios.

## BIBLIOGRAFIA

BARBOSA, J. E. L. ; WATANABE, T. 2000. “*O fitoplâncton como discriminador ambiental no diagnóstico das bacias hidrográficas envolvidas no projeto de transposição do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional*”. In: *V simpósio de Ecossistemas Brasileiros: conservação, 2000, Vitóriaa – ES. Anais do V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: Conservação. Vitória - ES : Universidade Federal do Espírito Santo, v. 4. p. 449-456.*

ABÍLIO, F. et al. “*Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da caatinga*”. *Oecologia Brasiliensis*, v. 11, n. 3, 2007.

ANDRADE, H. T. A.; SANTIAGO, A. S.; MEDEIROS, J. F. “*Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos com enfoque nos insetos aquáticos do rio Piranhas-Assu, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil*”. *EntomoBrasilis* v. 2. 2009. p.90-91.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – “*Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*”. 19th ed. Washington D. C.: American Public Health Association, 1995.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – “*Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*”. 19th ed. Washington D. C.: American Public Health Association, 1998.

BARBOSA, J. E. L.; MENDES, J. S. “*O índice do estado trófico como ferramenta no monitoramento da qualidade da água da Barragem de Acauã – sistema recém construído sobre o rio Paraíba – PB*”. In: *Simpósio Luso-Brasileiro de engenharia Sanitária e Ambiental, 11., 2004, Natal. Anais...* Natal: ABES, 2004. CD-ROM.

- BRASIL. Ministério da Saúde. DATASUS. “*Informações da saúde*”. 1997. Disponível em: <<http://www.datasus.gov.br/>> . Acesso em: 10 ago. 2001.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. “*São Francisco*”. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/saofrancisco/integracao/eixos.asp>>. Acesso em: 10 maio 2008.
- BIASE, C.; KONIG, R. MENDES, V.; TONIN, A. M. SENSOLO, D.; SOBCZAK, J. R. S. CARDOSO, R.; MILESI, S. V. RESTELLO, R. M.; HEPP, L. U. “*Biomonitoramento das águas pelo uso de macroinvertebrados bentônicos: oito anos de estudos em riachos da região do alto Uruguaia (RS)*”. *Perspectiva*, v 34, n ° 135, p 67-77, 2010.
- BICUDO, C.E.M. & D.C. BICUDO, 2004. “*Amostragem em Limnologia*”. São Carlos/SP: RiMa. 371p.
- CALLISTO, M.; GONÇALVES, Jr., J. F.; MORENO, P.”*Invertebrados aquáticos como bioindicadores In: Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais*”. Belo Horizonte : UFMG, 2004. v. 1, p. 1-12.
- CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. “*Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos*”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.6, n. 1, p. 71-82, 2001.
- CASTILLO, R. A. et al. “*Moluscos bivalves da localidade de São Marcos, bacia médio rio Uruguai, Uruguiana, Brasil*”. *Revista Biotemas*, 2007.
- CEBALLOS, B. S. O. “*Utilização de Indicadores Microbiológicos na Tipologia de Ecossistemas Aquáticos do Trópico Semi-árido*”. 1995. 192f. Tese (Doutorado) - Departamento de Hidráulica e Saneamento. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- COLE, G. A. “*Textbook of limnology*”. 3. ed. Toronto: The C. V. Mosby Company, 1983, 401p.
- DIAS, N. W. et al. “*Caracterização das Águas da Represa de Paraibuna com o Uso de Dados Hiperespectrais*”. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 13., 2007. Florianópolis. Anais . Florianópolis: INPE, 2007, p. 3335-3342.
- DINIZ, C. R. “*Ritmos Nictemerais e Distribuição Espaço-Temporal de Variáveis Limnológicas e Sanitárias de Dois Açudes do Trópico Semi-Árido (PB)*”. 2005. 193f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- ESTEVES, F.A. 1998. “*Fundamentos de limnologia. Interciência*”. 2ª ed., Rio de Janeiro, p. 602.

- GASTALDINI, M.C.C. “*Avaliação Qualitativa dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Ibicuí*” – IX Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2000. Anais. Porto Seguro, 2000.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYNO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. “*Methods for physical and chemical analysis of fresh waters*”. Oxford London: ed. Melbourne, n. 8, 1978, 215p.
- GOULART, M. D.; CALLISTO, M. “*Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental*”. Revista da FAPAM, n.1, ,2003.
- HENRY, R.; NOGUEIRA, M. A represa de Jurumirim (São Paulo): primeira síntese sobre conhecimento limnológico. In: HENRY, R. (ed.). “*Ecologia de Reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*”. Botucatu: FUNDIBIO/ FAPESP, 1999, p. 651-686.
- HELLER, L. Abastecimento de água, sociedade e ambiente. In: HELLER, L.; PADUA, V. L. “*Abastecimento de água para consume humano*”. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2006, p. 29-61.
- JESPERSEN, A-M.; CHRISTOFFERSEN, K. Measurements of chlorophyll a from phytoplankton using ethanol as extraction solvent. “*Archiv für Hydrobiologie*”, n. 109, p. 445-454, 1987.
- LINS, R. P. “*Diffuse Pollution Influence in the Space and Temporal Limnological Co-determinants in Acauã Reservoir at the Semi-Arid Brazilian Tropic Region*” In: International Confererence on Difuse Pollution, 11. , 2007, Belo Horizonte. Anais...IWA Diffuse Pollution and Urban Drainage Specialist Group, 2007.
- LITTER; M. I.; MANSIGLIA, H. D. “*Desinfeccion Slar de Águas em Comunidades Rurales de América Latina – Project OEA AE 141*”. Argentina: Marta I. Liter y Hector D. Mansiglia, 2001.
- LEITE, Romualdo Lunguinho. “*Fauna de Chironomidae e outros insetos aquáticos de açudes do semi-árido paraibano, Brasil*”. Entomol, 2005.
- MENDES, J.S.; BARBOSA, J.E.L. “*O índice de estado trófico como ferramenta no monitoramento da qualidade de água da barragem de acauã: sistema recém construído sobre o rio Paraíba – PB*”. In: XI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2004, Natal. Anais...Natal, Sociedade de Engenharia Sanitária,. p. 54-64. 2004.
- MERRIT, RW; Cummins KW. “*An introduction to the aquatics insects of North America*”. 3rd ed, Dubuque, IO: Kendall/Hunt. 1996.
- MACKERETH, F.J.H., HERON, J.; TALLING, J.F. “*Water analysis: some revised methods for limnologists*”. Dorset: Freshwater Biol. Ass. 1978, 121p.

OTTONI, B. M. P. et al. “Ocorrência do gênero *Campsurus* (Ephemeroptera, Polymitarcyidae) no semi-árido do estado do Rio Grande do Norte, Brasil”. EntomoBrasilis, 2009.

PARAÍBA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. “Comitê Rio Paraíba”. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/comites/paraiba/2008>>. Acesso em: jul. 2008.

REBOUÇAS, A. da C. (2002). “Água Doce no Mundo e no Brasil”. In: REBOUÇAS, A.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. (orgs.). Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 2ª ed. São Paulo: Escrituras Editora. p. 01-37.

RODIER, J. “L’ analyse de L’eaux Naturelles, Eaux Residuals, Eaux de Mer”. 5.ed. Paris: Ed. Dumond, 1975, 629p. v. 1.

RIBEIRO, L. O.; UIEDA, V. S. “Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil”. Revista Brasileira de Zoologia, v. 22, n. 3, p. 613-618, 2005.

SANTANA, Antônio Carlos Dias; SOUSA, Artur Henrique Freitas Florentino de; RIBEIRO, Leonardo Leôncio; ABÍLIO, Francisco José Pegado. “Macroinvertebrados associados à macrófita *Najas marina* L. do riacho Avelós, na região semi-árida do Brasil”. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v. 9, n 2, 2009.

SOUSA, A. H. F. F.; ABÍLIO, F. J. P.; RIBEIRO, L. L.” Colonização e sucessão ecológica do zoobentos em substratos artificiais no açude Jatobá I, Patos – PB, Brasil”. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v. 8, n 2, 2008.

SOUSA, Artur Henrique Florentino de; ABÍLIO, Francisco José Pegado. “Zoobentos de duas lagoas intermitentes da Caatinga Paraibana e as influências do ciclo hidrológico”. Revista de Biologia e Ciências da Terra. Suplemento especial, nº 1, 2006.

THOMAZI, R. D. et al. “A sucessão ecológica sazonal de macroinvertebrados bentônicos em diferentes tipos de atratores artificiais no rio Bubu, Cariacica ES”. Natureza on line, v. 6, n. 1, p. 1-8, 2008.

TOLEDO-JR, et al. “A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais”. In: Congresso Brasileiro de engenharia Sanitária e Ambiental, 1983. Balneário Camboriú. Anais... Balneário Camboriú: ABES, 1983, p. 1- 34.

TUNDISI, J. G. (ed.). “Planejamento e gerenciamento de lagos e represas: uma abordagem integrada ao problema da eutrofização”. São Carlos: UNEP-IECT, 2001, 385p

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ROCHA, O. "*Limnologia de Águas Interiores. Impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos*".In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (org.). *Águas Doces do Brasil*. São Paulo: Escrituras, 1999. p. 195-226.

VOLLENWEIDER, R. A. "*Eutrophication: a global problem*". *Water Qual. Bull.*, v. 6, p. 59-62, 1981.