

**LUCAS BRAINER DE CARVALHO**

**INFLUÊNCIA DA VAZÃO AFLUENTE DO RIO DE CONTAS SOBRE A QUALIDADE  
DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO PEDRA, ESTADO DA BAHIA, BRASIL.**

Recife,  
2010.



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA**

**INFLUÊNCIA DA VAZÃO AFLUENTE DO RIO DE CONTAS SOBRE A QUALIDADE  
DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO PEDRA, ESTADO DA BAHIA, BRASIL.**

**LUCAS BRAINER DE CARVALHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura (PPG-RPAq), da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura.

**Prof. Dr. William Severi**  
Orientador

Recife,  
Maio/2010.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA**

**INFLUÊNCIA DA VAZÃO AFLUENTE DO RIO DE CONTAS SOBRE A QUALIDADE  
DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO PEDRA, ESTADO DA BAHIA, BRASIL.**

**Lucas Brainer de Carvalho**

Esta dissertação foi julgada para a obtenção do título de

***Mestre em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura***

E aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ pelo Programa de Pós Graduação em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura em sua forma final.

---

**Prof. Dr. Paulo da Paula Mendes**  
Coordenador do PPG-RPaq

BANCA EXAMINADORA

---

**Prof. Dr. William Severi - Orientador**  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

**Prof. Dr. Walter Moreira Maia Júnior – Membro externo**  
Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco / Universidade Federal da Paraíba

---

**Prof. Dr. Fernando de Figueiredo Porto Neto - Membro externo**  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

**Profa. Dra. Ariadine do Nascimento Moura – Membro externo**  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

**Prof. Dr. Eudes de Souza Correia - Membro interno (Suplente)**  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

## **Dedicatória**

Dedico aos meus Pais, Antonio Jorge e Eliane Brainer, pelos incentivos, apoios, repreensões e principalmente pela excelente educação que me passaram.

## **Agradecimentos**

Ao meu orientador Prof. Dr. William Severi, presente em todas as etapas desta dissertação, sempre muito prestativo na orientação de mais uma etapa de nossa vida profissional e pela paciência.

À Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF), por ter viabilizado financeiramente a realização do estudo integrado do Reservatório de Pedra.

À Fundação Apolônio Salles de Desenvolvimento Educacional (FADURPE), pela realização do monitoramento ambiental e ao fornecimento dos dados relatados que serviram como base para efetivação desta pesquisa.

A todos que formam o Departamento de Pesca e Aqüicultura (DEPAq), em especial, Dona Telma, Eliane e Socorro

A todos do Laboratório de Limnologia, Ictiologia e Zoobentos, em especial, Aureliano, Tereza, Bruno, Catunda, Antony, Éric, Maíra e Diego, pelos trabalhos desenvolvidos em conjunto, as amizades e importante aprendizado neste tempo de convivência.

À toda minha família, em especial, Tia Graça, Armando, Tia Etiene e Ruy.

Aos meus irmãos e amigos, Pedro Jorge, Mateus, Pedro Costa, Fernando Costa e Thiago Aragão, pelos incentivos, carinhos e confiança.

À minha namorada e companheira Ana Specht, pela compreensão, carinho e cuidados dispensados a mim em todos os momentos.

A todos os amigos que, através de uma simples palavra, me incentivaram a continuar, me permitindo transpor os obstáculos que ainda estavam por vir.

## Resumo

Variações nas características físicas e químicas da água são mais frequentes em reservatórios localizados em regiões semi-áridas, onde o período de chuvas é sazonal, como no reservatório de Pedra. Este trabalho avaliou plurianualmente a influência da vazão afluente do rio de Contas sobre variáveis limnológicas do reservatório de Pedra e sua relação com a cota do reservatório. Foram realizadas coletas trimestrais em onze estações de coletas, entre 2005 e 2007, durante os períodos seco e chuvoso, e as diferenças significativas foram analisadas através do teste de Kruskal-Wallis para as variáveis (pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, temperatura, zona eufótica, nitrato, nitrito, turbidez, fosfato inorgânico, fosfato total, fósforo total, cota, chuva e afluência) As variáveis apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ), com exceção do nitrito, turbidez e fosfato inorgânico. Uma análise de componentes principais (ACP) foi realizada para cada mês, envolvendo os três anos. As concentrações dos nutrientes apresentaram valores elevados quando o reservatório apresentava as menores cotas. A ACP mostrou não existir um padrão sazonal semelhante para as variáveis, geralmente apresentando agrupamentos distintos para cada ano, com variáveis determinantes distintas, sendo nutrientes em 2005, zona eufótica, pH e condutividade em 2006, e cota, afluência e chuva em 2007.

**Palavras-chave:** Semi-árido, cota, físico-química, análise de componentes principais

## **Abstract**

Variations in water physical and chemical characteristics are more frequent in reservoirs located in semi-arid regions where rainfall is seasonal, as the Pedra reservoir. This study evaluated the influence of multi-annual inflow of the Contas River on limnological variables of Pedra reservoir and its relation with reservoir's water level. Quarterly samples were taken in eleven stations between 2005 and 2007, during the wet and dry seasons and significant differences were analyzed using the Kruskal-Wallis test for variables (pH, conductivity, dissolved oxygen, temperature, euphotic zone, nitrate, nitrite, turbidity, inorganic phosphate, total phosphate, total phosphorus, water level, rainfall and inflow). All variables showed significant differences ( $p < 0.05$ ), with the exception of nitrite, turbidity, and inorganic phosphate. A principal component analysis (PCA) was performed for each month, including data for the three years. Nutrients' concentrations showed higher values, when water level presented lower values. The PCA showed that variables presented no similar seasonal pattern, but formed distinct monthly clusters for each year, with different determining variables, such as nutrients in 2005, euphotic zone, pH and conductivity in 2006, and water level, rainfall and inflow in 2007.

**Keywords:** Semi-arid, water level, physical-chemical, Principal components analysis

## **Lista de tabelas**

Tabela 1 – Valores do nível de significância (p) das diferenças entre os períodos seco e chuvoso para as variáveis analisadas no reservatório de Pedra, entre 2005 e 2007, e respectivos valores do teste de Kruskal-Wallis (KW).

18

## Lista de figuras

- Figura 1 - Mapa do reservatório de Pedra, no médio rio de Contas, com localização das estações de coleta (A) e sua posição na região Nordeste do Brasil (B). 16
- Figura 2 – Variação mensal da cota (linhas) e vazão afluente (barra) do reservatório de Pedra ao longo dos três anos de coleta. As setas indicam os meses em que foram realizadas as coletas. 18
- Figura 3 – Variação dos valores da temperatura da água de superfície das estações de coleta do reservatório de Pedra, nos trimestres dos anos de 2005, 2006 e 2007. 19
- Figura 4 – Variação dos valores de pH (A), oxigênio dissolvido (B), condutividade elétrica (C) e zona eufótica (D) ao longo das estações do reservatório de Pedra, nos trimestres dos anos 2005, 2006 e 2007. 22
- Figura 5 – Variação dos valores de turbidez (A), fósforo total (B), fosfato total (C) e fosfato inorgânico (D) ao longo das estações de coleta do reservatório de Pedra, nos trimestres dos anos 2005, 2006 e 2007. 23
- Figura 6 – Variação dos valores de nitrato (A) e nitrito (B) ao longo das estações de coleta do reservatório de Pedra, nos trimestres dos anos de 2005, 2006 e 2007. 24
- Figura 7 - Análise de componentes principais das variáveis analisadas no reservatório de Pedra, relativas ao mês de fevereiro (A) e distribuição espacial e temporal das estações (B), ao longo dos anos de 2005, 2006 e 2007. 25
- Figura 8 - Análise dos componentes principais das variáveis analisadas no reservatório de Pedra, relativas aos meses de maio (A), agosto (B) e novembro (C); e distribuição espacial e temporal das estações para os meses de maio (D), agosto (E) e novembro (F), ao longo dos anos de 2005, 2006 e 2007. 26

## Sumário

<b>Dedicatória</b> .....	i
<b>Agradecimentos</b> .....	ii
<b>Resumo</b> .....	iii
<b>Abstract</b> .....	iv
<b>Lista de tabelas</b> .....	v
<b>Lista de figuras</b> .....	vi
<b>1 - Introdução</b> .....	8
<b>2 - Revisão de literatura</b> .....	10
<b>2.1 - Recursos Hídricos:</b> .....	10
<b>2.2 - Reservatórios:</b> .....	11
<b>2.3 - Aspectos Limnológicos e Hidrológicos:</b> .....	12
<b>ARTIGO PARA SUBMISSÃO À REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS</b> <b>“Influência da vazão afluyente do rio de Contas sobre a qualidade da água do reservatório</b> <b>Pedra, Estado da Bahia, Brasil”</b> .....	14
<b>Resumo</b> .....	15
<b>Abstract</b> .....	16
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	17
<b>RESULTADOS</b> .....	19
<b>Análise espacial e temporal</b> .....	19
<b>Análise de componentes principais (ACP)</b> .....	22
<b>DISCUSSÃO</b> .....	27
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	33
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	33
<b>Considerações finais</b> .....	37
<b>Referências bibliográficas</b> .....	38
<b>Anexo (Normas da Revista Brasileira de Ciências Agrárias)</b> .....	44

## 1 - Introdução

O crescimento populacional, a urbanização e a intensificação das atividades industriais e agrícolas ocasionaram impactos negativos na qualidade da água. Tanto a escassez como a degradação da qualidade vêm se agravando com o passar dos anos (TUNDISI, 2003), levando a necessidade crescente de maior eficiência em suas formas de uso (REBOUÇAS, 2004).

Desde o século XIX, são construídas barragens para irrigação de grandes áreas e geração de energia. Dentre os problemas causados pelo barramento de rios, estão as inundações de áreas agrícolas, florestas e áreas de preservação ambiental, modificações no regime hidrológico, entre outros (ALMEIDA e RÉGIS, 2003). As características físicas, químicas e biológicas em reservatórios são influenciadas pela variação sazonal do nível da água, além de estarem associados com a ação antrópica (WETZEL, 1990). Tais variações são mais frequentes em reservatórios localizados em regiões onde o período de chuvas é bastante sazonal e ocorre um regime irregular de precipitação (GERALDES e BOAVIDA, 2005), levando a modificações periódicas de seu nível.

Os impactos ambientais refletem na qualidade da água, visto que a presença do reservatório provoca a redução da capacidade de depuração do curso d'água, o aumento da retenção de sedimentos e nutrientes, e a alteração das características físicas, químicas e biológicas do sistema. Desta forma, ocorre um incremento no processo de eutrofização o qual, dependendo do nível atingido, poderá comprometer os usos múltiplos aos quais o reservatório é destinado (PRADO e MORAES NOVO, 2007).

Em reservatórios hidrelétricos, a vazão afluyente do rio principal é responsável pela maior parte da entrada de água no sistema. Entretanto, o fluxo total de água para o reservatório depende da forma e extensão de sua bacia de captação e do padrão de precipitação na bacia hidrográfica (FORD, 1990). Normalmente, a carga externa de nutrientes, matéria orgânica e todo material alóctone aumenta com eventos de precipitação intensa. Além disso, a entrada de material em um corpo de água no início dos eventos de

precipitação é maior do que a entrada gerada no final do evento (BARBOSA e HVITVED-JACOBSEN, 1999). No entanto, a intensidade dessa carga externa depende de fatores como uso do solo, cobertura vegetal, etc (RYBAK, 2000).

Portanto, o conhecimento da influência do ciclo hidrológico e da variação de vazão de rios que abastecem reservatórios, sobre suas variáveis limnológicas, contribui para o gerenciamento da qualidade física, química e biológica da água, no próprio reservatório e trechos de rio a jusante. Permite, também, reconhecer alterações ocorridas, seus fatores causadores e seus efeitos sobre as comunidades naturais, bem como, subsidiar o manejo e gestão ambiental ao nível local, regional e da bacia hidrográfica (ANDREOLI e CARNEIRO, 2005).

O reservatório de Pedra foi formado pelo represamento do trecho médio do rio de Contas, com a implantação da Usina Hidro Elétrica de Pedra (UHE Pedra) em 1976. O mesmo representa um importante manancial hídrico da região sudoeste do estado da Bahia, sujeita a um clima sazonalmente diferenciado com marcante déficit hídrico, característico de região semi-árida (IICA, 2002). Construído com o objetivo principal de geração de energia, o reservatório teve outros usos incorporados ao longo dos anos, sendo atualmente intensamente explorado como fonte de água para a irrigação de olericultura ao longo de sua margem, além de constituir um pólo regional de exploração pesqueira.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da variação da vazão afluyente do reservatório de Pedra ao longo de um período plurianual, sobre algumas variáveis limnológicas.

## **2 - Revisão de literatura**

### **2.1 - Recursos Hídricos:**

No âmbito do desenvolvimento sustentável, o manejo sustentável dos recursos hídricos compreende as ações que visam garantir os padrões de qualidade e quantidade da água dentro da sua unidade de conservação, a bacia hidrográfica. (MUNÕZ, 2000)

Nos últimos 50 anos, a extração anual de água doce de lagos, rios e aquíferos triplicou, porém, os crescimentos populacional e econômico continuam a incrementar a necessidade, tanto por água, quanto por serviços a ela relacionados (TUNDISI, 2003). Tal fato confere aos recursos hídricos uma relevância não apenas ecológica, como também política, econômica e social.

O Brasil é o país com maior reserva de água potável, representando cerca de 12% da água potável do planeta, concentrando uma fração enorme do seu manancial em um único rio, o Amazonas, com vazão anual de 6.000 km<sup>3</sup> (BARBOSA e MARQUES, 2002). A rede hidrográfica brasileira é constituída por rios navegados em corrente livre e por hidrovias geradas pela canalização de trechos de rios, além de extensos lagos isolados, criados pela construção de barragens para fins exclusivos de geração hidrelétrica. (AMBIENTEBRASIL, 2009)

A disponibilidade de água é um bem comum, social e estratégico, apresentando-se frágil diante dos diversos usos requeridos. Esta situação é uma consequência direta dos efeitos adversos do crescimento e adensamento populacional, do aumento da produção e da diversificação de bens e serviços (ASSUNÇÃO e BURSZTYN, 2001).

A necessidade de acúmulo de água para diversos fins determinou o barramento de rios, criando lagos artificiais ou reservatórios, sendo que seus usos preponderantes ou múltiplos têm influência fundamental em sua morfometria, morfologia e limnologia (TUNDISI, 2003). Isto equivale dizer, que aspectos como profundidade média, tempo de residência e a qualidade da água influenciam os usos ao qual o ambiente se destina (XAVIER, 2005).

No meio rural, o desenvolvimento das atividades agropecuárias podem vir a causar a degradação dos recursos hídricos, quer seja pelo desmatamento, pelo uso inadequado da água na irrigação, quer pelo carreamento, por meio da erosão, de agrotóxicos e de fertilizantes até os corpos d'água. Tais formas de poluição pontuais e difusas acarretam a degradação de ecossistemas, além de prejuízos à qualidade das águas e ao abastecimento público (BITTENCOURT e GOBBI, 2006).

O problema de alocação da água entre os diversos usos e usuários de uma bacia hidrográfica pode ser minimizado quando prevalecem os seguintes atributos: o recurso é abundante, sua qualidade é compatível com os usos requeridos, a oferta do bem é garantida no espaço e no tempo e o recurso é utilizado de forma sustentável. Além disso, deve haver um equilíbrio relativo entre os atributos para que o problema de alocação não se torne complexo (ROBERTO e PORTO, 1999).

## **2.2 - Reservatórios:**

Os reservatórios são sistemas aquáticos modificados, extremamente complexos e dinâmicos, que apresentam as funções principais de manutenção da vazão dos cursos de água e atendimento às variações da demanda dos usuários (PRADO, 2002). São construídos pelo barramento artificial de um vale natural ou pela formação artificial de lagos, associados a uma bacia de drenagem natural e com vazões defluentes sujeitas a controle (CRUZ e FABRIZY, 1995).

A formação de um reservatório implica no surgimento de um novo sistema, com características intermediárias entre ecossistemas lóticos e lênticos (MARGALEF, 1981). Os habitats aquáticos se modificam em resposta à ação antrópica e a maior parte dos processos ecológicos é alterada devido às modificações no fluxo de água, nutrientes, sedimento e biota (BRANDIMARTE, 1997 apud HENRY, 1999).

Desde o século XIX, são construídas barragens para irrigação de grandes áreas e geração de energia. Dentre os problemas causados pelo barramento de rios, estão as inundações de áreas agrícolas, florestas e áreas de preservação ambiental, deslocamento de populações, inclusive indígenas, modificações no regime hidrológico, prejuízo à fauna e flora aquática e terrestre, doenças endêmicas, entre outros (ALMEIDA e RÉGIS, 2003).

A construção dessas obras propicia ao homem a estratégica energia elétrica, renovável e não-poluente, ao mesmo tempo em que regulariza rios e possibilita a implantação de corredores hidroviários, por outro lado, altera o equilíbrio ambiental e o uso e ocupação do solo no interior da área de inundação e nos entorno do lago (ALBUQUERQUE FILHO, 2002).

No tocante aos reservatórios, a situação é ainda mais delicada, pois ocorrem impactos negativos consideráveis no sistema aquático desde a fase de sua construção. Esses impactos se refletem na qualidade da água, visto que a presença do reservatório provoca a redução da capacidade de depuração do curso d'água, o aumento da retenção de sedimentos e nutrientes e a alteração das características físicas, químicas e biológicas do sistema. Desta forma, ocorre um incremento no processo de eutrofização o qual, dependendo do nível atingido, poderá comprometer os usos múltiplos a que esse é destinado (PRADO e MORAES NOVO, 2007).

### **2.3 - Aspectos Limnológicos e Hidrológicos:**

A heterogeneidade espacial e temporal das características limnológicas apresentada em reservatórios, influencia fundamentalmente a estrutura ecológica e o funcionamento destes ecossistemas. As progressivas trocas físicas, químicas e biológicas ao longo do eixo principal do reservatório (transição rio-lago) freqüentemente incluem fortes gradientes espaciais (NOGUEIRA et al., 1999). Nos ecossistemas aquáticos localizados em regiões tropicais e subtropicais, as variações temporais são comumente induzidas pelo padrão sazonal de precipitação e ação dos ventos (TUNDISI, 1980; GROOT, 1981; NILSSEN, 1984; TALLING;

LEMOALLE, 1998). Além disso, eventos sazonais podem tornar a estrutura espacial mais complexa, vertical e horizontalmente.

O monitoramento limnológico constitui uma ferramenta para o conhecimento da situação da água e da concentração de alguns elementos em águas superficiais, como o N e P, e tem sido usado como estratégia para a caracterização de bacia hidrográficas. O monitoramento qualitativo e quantitativo dos recursos hídricos é um poderoso instrumento, que possibilita a avaliação da oferta hídrica - base para decisões de aproveitamento múltiplo e integrado da água - bem como a minimização de impactos ao ambiente (COIMBRA, 1991).

A eutrofização de corpos de água é caracterizada por um aumento desequilibrado da produção primária e este desequilíbrio é muitas vezes causado pelo aporte externo de fósforo (COELHO, 2000).

De acordo com Tundisi (2008), as características mais importantes de um reservatório relacionam-se com a sua morfometria, tempo de retenção, padrões térmicos de estratificação e circulação, flutuações no nível de água, tipo e tamanho da área.

O tempo de residência da água está diretamente relacionado com a estabilização do reservatório, onde reservatórios com intermediário tempo de residência de água tende a apresentar uma boa heterogeneidade espacial (LIND, 1983).

Em lagos natural, a entrada de água é geralmente restrita por inundações do solo e por pequenos riachos, ao contrário disto, em reservatórios maiores, a vazão afluyente provocada pelo rio é responsável pela maior parte da entrada de água no sistema, alcançando a extremidade superior dos reservatórios. O fluxo da água depende da forma do reservatório, tamanho da bacia hidrográfica, condições antecedentes e da distribuição das chuvas (FORD, 1990). Interações entre vazão afluyente, bacia hidrográfica do reservatório e as características da coluna d'água, leva à estabilização do gradiente longitudinal das características, físicas, químicas e biológicas. A estabilização de tal gradiente está relacionada com a hidrologia local e regional, morfologia da bacia e operação (KENNEDY, 1999).

**ARTIGO PARA SUBMISSÃO À REVISTA  
BRASILEIRA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

Influência da vazão afluyente do rio de Contas sobre a qualidade da água do reservatório Pedra, Estado da Bahia, Brasil

Influence of Contas river inflow on water quality of Pedra reservoir, Bahia state, Brazil

**Lucas Brainer de Carvalho**<sup>1</sup>

**William Severi**<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, Recife-PE, CEP: 52171-900. E-mail: lucasbrainer@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Laboratório de Limnologia, Departamento de Pesca e Aqüicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois irmãos, Recife-PE, CEP: 52171-900. E-mail: wseveri@depaq.ufrpe.br

Título resumido: Afluência e limnologia do reservatório Pedra

Runnig title: Inflow and limnology of Pedra reservoir

## **Resumo**

Variações nas características físicas e químicas da água são mais frequentes em reservatórios localizados em regiões semi-áridas, onde o período de chuvas é sazonal, como no reservatório de Pedra. Este trabalho avaliou plurianualmente a influência da vazão afluyente do rio de Contas sobre variáveis limnológicas do reservatório de Pedra e sua relação com a cota do reservatório. Foram realizadas coletas trimestrais em onze estações de coletas, entre 2005 e 2007, durante os períodos seco e chuvoso, e as diferenças significativas foram analisadas através do teste de Kruskal-Wallis para as variáveis (pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, temperatura, zona eufótica, nitrato, nitrito, turbidez, fosfato inorgânico, fosfato total, fósforo total, cota, chuva e afluência) As variáveis apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ), com exceção do nitrito, turbidez e fosfato inorgânico. Uma análise de componentes principais (ACP) foi realizada para cada mês, envolvendo os três anos. As concentrações dos nutrientes apresentaram valores elevados quando o reservatório apresentava as menores cotas. A ACP mostrou não existir um padrão sazonal semelhante para as variáveis, geralmente apresentando agrupamentos distintos para cada ano, com variáveis determinantes distintas, sendo nutrientes em 2005, zona eufótica, pH e condutividade em 2006, e cota, afluência e chuva em 2007.

**Palavras-chave:** Semi-árido, cota, físico-química, análise de componentes principais

## Abstract

Variations in water physical and chemical characteristics are more frequent in reservoirs located in semi-arid regions where rainfall is seasonal, as the Pedra reservoir. This study evaluated the influence of multi-annual inflow of the Contas River on limnological variables of Pedra reservoir and its relation with reservoir's water level. Quarterly samples were taken in eleven stations between 2005 and 2007, during the wet and dry seasons and significant differences were analyzed using the Kruskal-Wallis test for variables (pH, conductivity, dissolved oxygen, temperature, euphotic zone, nitrate, nitrite, turbidity, inorganic phosphate, total phosphate, total phosphorus, water level, rainfall and inflow). All variables showed significant differences ( $p < 0.05$ ), with the exception of nitrite, turbidity, and inorganic phosphate. A principal component analysis (PCA) was performed for each month, including data for the three years. Nutrients' concentrations showed higher values, when water level presented lower values. The PCA showed that variables presented no similar seasonal pattern, but formed distinct monthly clusters for each year, with different determining variables, such as nutrients in 2005, euphotic zone, pH and conductivity in 2006, and water level, rainfall and inflow in 2007.

**Key words:** Semi-arid, water level, physical-chemical, Principal components analysis

## INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, a urbanização e a intensificação das atividades industriais e agrícolas ocasionam impactos negativos na qualidade da água. Tanto a escassez como a degradação da qualidade vêm se agravando com o passar dos anos (Tundisi, 2003), levando à necessidade crescente de maior eficiência em suas formas de uso (Rebouças, 2004).

Desde o século XIX, são construídas barragens para irrigação de grandes áreas e geração de energia. Dentre os problemas causados pelo barramento de rios, estão as inundações de áreas agrícolas, florestas e áreas de preservação ambiental, modificações no regime hidrológico, entre outros (Almeida & Régis, 2003). As características físicas, químicas e biológicas em reservatórios são influenciadas pela variação sazonal do nível da água, além de estarem associados à ação antrópica (Wetzel, 1992). Tais variações são mais frequentes em reservatórios localizados em regiões onde o período de chuvas é sazonal e ocorre um regime irregular de precipitação (Geraldés & Boavida, 2005), levando a variações periódicas do nível do reservatório.

Naqueles com finalidade hidrelétrica, a vazão afluyente do rio principal é responsável pela maior parte da entrada de água no sistema. Entretanto, o fluxo total de água para o reservatório depende da forma e extensão de sua bacia de captação e do padrão de precipitação na bacia hidrográfica (Ford, 1990). Normalmente, a carga externa de nutrientes, matéria orgânica e todo material alóctone aumenta durante

eventos de precipitação intensa. Além disso, a entrada de material em um corpo de água no início dos eventos de precipitação é maior que a entrada gerada no final dos mesmos (Barbosa & Hvitved-jacobsen, 1999). No entanto, a intensidade dessa carga externa depende de fatores como uso do solo, cobertura vegetal, etc. (Rybak, 2000).

Portanto, o conhecimento da influência do ciclo hidrológico e da variação de vazão de rios que abastecem reservatórios, sobre suas variáveis limnológicas, contribui para o gerenciamento da qualidade física, química e biológica da água, no próprio reservatório e trechos de rio a jusante. Permite, também, reconhecer alterações ocorridas, seus fatores causadores e seus efeitos sobre as comunidades naturais, bem como, subsidiar o manejo e gestão ambiental ao nível local, regional e da bacia hidrográfica (Andreoli & Carneiro, 2005).

O reservatório de Pedra foi formado pelo represamento do trecho médio do rio de Contas, com a implantação da Usina Hidro Elétrica de Pedra (UHE Pedra) em 1976. O mesmo representa um importante manancial hídrico da região sudoeste do estado da Bahia, sujeita a um clima sazonalmente diferenciado com marcante déficit hídrico, característico de região semi-árida (Iica, 2002). Construído com o objetivo principal de geração de energia, o reservatório teve outros usos incorporados ao longo dos anos, sendo atualmente intensamente explorado como fonte de água para a irrigação de olericultura ao longo de sua margem, além de constituir um pólo regional de exploração pesqueira

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da vazão afluyente do reservatório de Pedra sobre algumas variáveis limnológicas, e sua relação com a cota do reservatório, ao longo de um período plurianual.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende toda extensão do reservatório de Pedra (Figura 1.), entre as localidades de Porto Alegre, distrito do município de Maracás/BA, e a barragem, no município de Jequié/BA (Latitude 13° 53' S e Longitude 040° 3' W).

As coletas foram realizadas trimestralmente, em onze estações distribuídas ao longo do reservatório (PED 01 a PED 11), nos meses de fevereiro, maio, agosto e novembro, nos anos de 2005, 2006 e 2007. As variáveis temperatura (°C), pH, condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) e oxigênio dissolvido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) da água foram determinadas *in situ* em cada estação, com uso de um analisador multiparâmetro. A radiação solar subaquática foi determinada por leitura direta através de um quantômetro,

a qual foi empregada para a determinação da profundidade da zona eufótica (Zeu), expressa como aquela correspondente a 1% da radiação sub-superficial ( $I_0$ ).

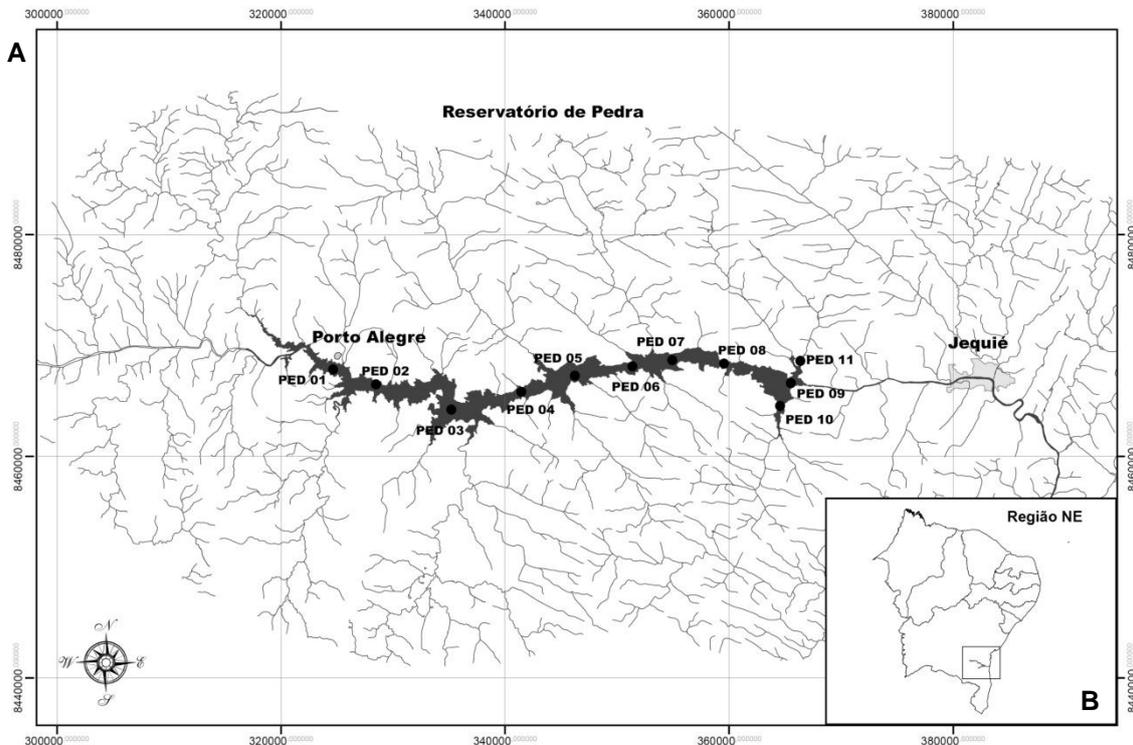


Figura 1. Mapa do reservatório de Pedra, no médio rio de Contas, com localização das estações de coleta (A) e sua posição na região Nordeste do Brasil (B)

Amostras de água de superfície foram coletadas em todas as estações e analisadas para as seguintes variáveis: nitrato e nitrito, determinadas segundo Mackereth et al. (1978); fósforo total, fosfato total e fosfato inorgânico dissolvido analisadas segundo Strickland & Parsons (1965) e turbidez com uso de um turbidímetro de bancada. Dados diários de precipitação pluviométrica, vazão afluyente e cota do reservatório de Pedra, para o período de novembro/2004 a dezembro/2007, foram fornecidos pela Divisão de Operação de Recursos Hídricos (DORH) da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF).

A normalidade e homocedasticidade dos dados foram analisadas, tendo sido empregada análise não-paramétrica para avaliar as correlações entre meses, estações e anos de estudo. Foram realizadas regressões lineares entre as variáveis e os períodos seco e chuvoso dos anos estudados (2005, 2006 e 2007), bem como análise das diferenças entre eles através do teste de Kruskal-Wallis, empregando o aplicativo

Statistica 8.0 (Statsoft, 2008). Uma análise de componentes principais (ACP) para cada mês, considerando os três anos de coleta, foi aplicada aos dados (padronizados e centralizados) para avaliar a correlação entre as variáveis analisadas, empregando o aplicativo Canoco for Windows 4.5.

## RESULTADOS

### Análise espacial e temporal

No reservatório de Pedra, a pluviosidade apresentou característica bastante sazonal com um regime de chuvas nos meses de novembro a abril, e seco em maio a outubro. Sendo assim, considerando os meses de coletas, estes foram agrupados nos períodos seco (maio e agosto) e chuvoso (fevereiro e novembro). A pluviosidade na região do reservatório foi classificada como a principal variável responsável pela vazão afluente do reservatório ( $p = 0,0001$ ,  $r = 0,741$ ). Os valores médios mensais de pluviosidade variaram entre 9 e 245,7 mm (2005), 1,7 e 165,3 mm (2006), e 2,5 e 216,4 mm (2007). Já a vazão afluente variou entre 1 e 111  $m^3.s^{-1}$  (2005), 3,39 e 132  $m^3.s^{-1}$  (2006) e 2,95 e 182  $m^3.s^{-1}$  (2007) (Figura 2.). A cota do reservatório apresentou uma dinâmica oposta à precipitação e vazão afluente, tendo os maiores valores sido registrados no período seco, variando entre 221,62 a 223,16 m (2005), 221,1 a 226,94 m (2006) e 221,97 a 223,78 m (2007) (Figura 2.). Os valores de precipitação, vazão afluente e cota apresentaram diferença significativa entre os anos para os períodos seco e chuvoso ( $p = 0,0001$ ,  $p = 0,0008$  e  $p = 0,0384$ , respectivamente) (Tabela 1.).

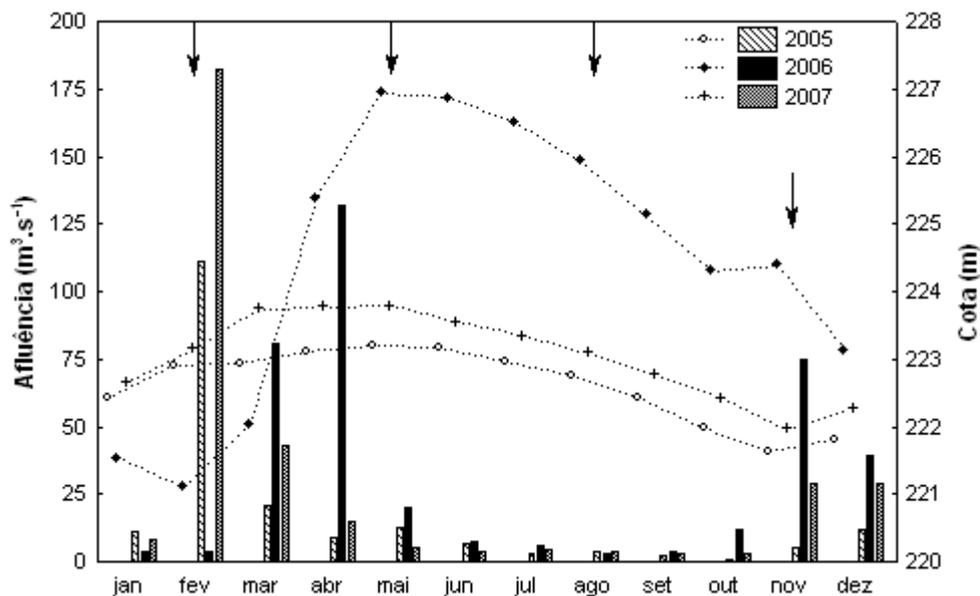


Figura 2. Variação mensal da cota (linhas) e vazão afluente (barra) do reservatório de Pedra ao longo dos três anos de coleta. As setas indicam os meses em que foram realizadas as coletas

Tabela 1. Valores do nível de significância (p) das diferenças entre os períodos seco e chuvoso para as variáveis analisadas no reservatório de Pedra, entre 2005 e 2007, e respectivos valores do teste de Kruskal-Wallis (KW).

Variáveis	KW	Seco/chuvoso		Variáveis	KW	Seco/chuvoso	
		05x06x07				05x06x07	
Chuva	16,57	p = 0,0001		Zona eufótica	26,12	p = 0,0001	
Afluência	11,2	p = 0,0008		Turbidez	2,63	p = 0,1046	
Cota	4,28	p = 0,0384		Fósforo total	17,23	p = 0,0001	
Temperatura	56,7	p = 0,0001		Fosfato total	10,85	p = 0,0010	
pH	20,72	p = 0,0001		Fosfato inorgânico	3,167	p = 0,0751	
Oxigênio dissolvido	9,83	p = 0,0017		Nitrato	29,38	p = 0,0001	
Condutividade elétrica	6,19	p = 0,0128		Nitrito	0,07	p = 0,7899	

Durante o período analisado, a temperatura da água de superfície variou entre 23,57 e 31,30°C (Figura 3.), com pequena variação entre as estações de coleta e os trimestres dos três anos, diferindo significativamente ( $p = 0,0001$ ) entre os períodos seco e chuvoso dos três anos (Tabela 1.). Observou-se uma marcante sazonalidade ao longo dos anos, com valores mais elevados em fevereiro e mais baixos em agosto, coincidindo com os períodos de verão (chuvoso) e inverno (seco) na região.

O pH da água do reservatório de Pedra apresentou valores alcalinos durante todo o período de estudo, variando entre 7,18 e 9,66, tendo seus maiores valores sido registrados em 2007, principalmente nos meses de agosto e novembro (Figura 4A.). A análise dos valores de pH entre os períodos seco e chuvoso dos três anos evidenciou uma diferença estatística ( $p=0,0001$ ) (Tabela 1.).

O oxigênio dissolvido apresentou concentrações entre 4,74 e 11,41 mg.L<sup>-1</sup> O<sub>2</sub> (Figura 4B.). Seus menores valores foram registrados durante o ano de 2006, em maio e agosto (período seco), quando o reservatório encontrava-se com as cotas mais elevadas de todo o período estudado. Estatisticamente, as concentrações de oxigênio dissolvido apresentaram diferenças significativas entre os períodos seco e chuvoso ( $p=0,0017$ ) (Tabela 1.). A condutividade elétrica variou entre 160 e 276  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  (Figura 4C.), porém, esteve na faixa entre 220 e 276  $\mu\text{S.cm}^{-1}$ , também diferindo significativamente entre os períodos ( $p=0,0128$ ) (Tabela 1.). Em todos os meses de coleta, os valores mais baixos foram registrados nas estações PED 1 e PED 2, localizadas no trecho lótico do reservatório (Figura 1.).

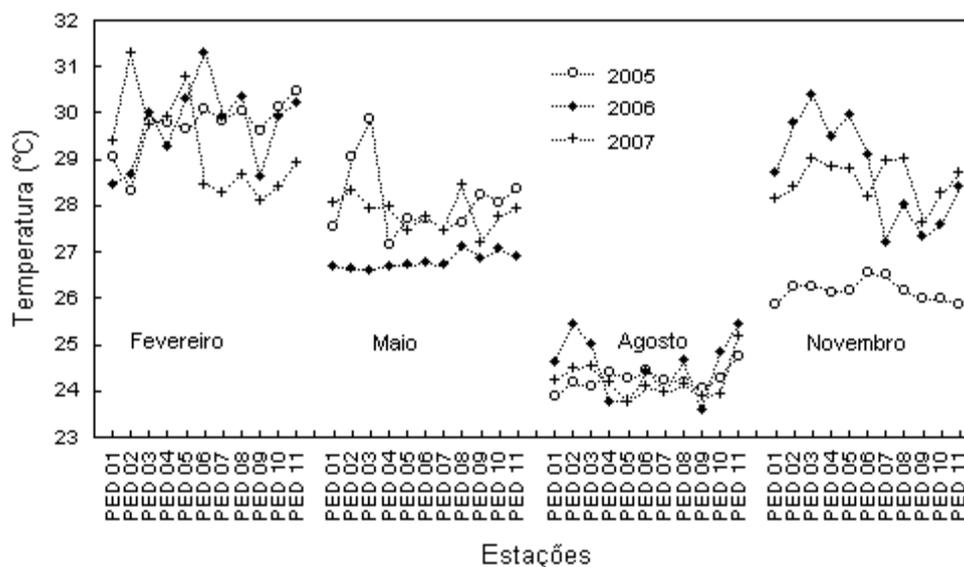


Figura 3. Variação dos valores da temperatura da água de superfície das estações de coleta do reservatório de Pedra, nos trimestres dos anos de 2005, 2006 e 2007.

Os valores da zona eufótica (Zeu) apresentaram uma ampla variação espaço-temporal, entre 0,10 a 14,10 m (Figura 4D.), diferindo entre os períodos seco e chuvoso ( $p=0,0001$ ) (Tabela 1.). Seus valores mais baixos foram registrados em fevereiro/05 e novembro/07, com cerca de 0,5 m, meses nos quais a precipitação foi mais intensa (Figura 2.), com aumento da quantidade de material carreado para o reservatório, dificultando a penetração da radiação. Já os valores mais elevados, foram registrados em fevereiro/06, com 14,0 m, quando o reservatório apresentou a sua menor cota, e o volume de chuvas não foi elevado. Os valores de Zeu apresentaram um aumento ao longo do reservatório em direção à barragem, principalmente nos meses de temperatura mais elevada e maior precipitação (fevereiro).

A turbidez apresentou valores inversamente correlacionados à zona eufótica. Os valores variaram entre 0,90 e 53,20 UNT (Figura 5A.), porém se mantiveram em níveis baixos ao longo dos três anos de estudo, predominantemente entre 1,00 e 15,00 UNT, não diferindo entre os períodos seco e chuvoso ( $p=0,1046$ ) (Tabela 1.).

As concentrações dos nutrientes fosfatados no reservatório de Pedra apresentaram um comportamento característico de reservatórios não-eutrofizados com baixas concentrações, a exceção do fósforo total, que em fevereiro e novembro/05 e maio/06 registrou valores superiores a  $100 \mu\text{g.L}^{-1}$  P. A concentração de fósforo total variou entre 3,879 a  $536,00 \mu\text{g.L}^{-1}$  P (Figura 5B.), apresentando uma correlação com a vazão afluente do reservatório.

O fosfato total apresentou uma variação sazonal bem característica, uma vez que seus valores mais elevados foram registrados durante o período de cheia ou enchimento do reservatório, com as concentrações mais elevadas nas estações do trecho lótico (PED 01 e 02), variando entre 1,75 e 80,00  $\mu\text{g.L}^{-1}$  P (Figura 5C.).

Já o fosfato inorgânico, não apresentou um padrão característico ao longo dos três anos, nem uma correlação com a vazão afluente do reservatório. Porém, é possível observar uma diminuição em sua concentração no sentido rio – barragem, principalmente no mês de maio (cheia). As concentrações de fosfato inorgânico variaram entre 0,00 e 10,00  $\mu\text{g.L}^{-1}$  P (Figura 5D.), com exceção da estação PED 07, em fevereiro/05 (33,01  $\mu\text{g.L}^{-1}$  P). Entretanto, este foi um valor esporádico. Os nutrientes fosfatados apresentaram diferença significativa entre os períodos seco e chuvoso ( $p \leq 0,010$ ), com exceção do fosfato inorgânico ( $p = 0,0751$ ) (Tabela 1.).

Os compostos nitrogenados apresentaram um comportamento heterogêneo ao longo dos três anos, registrando baixos valores de nitrato e nitrito. As concentrações de nitrato variaram de 0,00 a 250,00  $\mu\text{g.L}^{-1}$  N (Figura 6A.), com exceção da estação PED 01 em novembro/07, onde foi registrada uma concentração de 400,00  $\mu\text{g.L}^{-1}$  N. Este composto não apresentou uma correlação com a vazão afluente do reservatório, uma vez que os valores de nitrato se mantiveram entre 50,00 e 200,00  $\mu\text{g.L}^{-1}$  N, tendo uma distribuição heterogênea e diferido significativamente entre os períodos seco e chuvoso ( $p < 0,0001$ ) (Tabela 1.).

O nitrito apresentou baixas concentrações, entre 0,00 e 5,00  $\mu\text{g.L}^{-1}$  N (Figura 6B.), com variação homogênea ao longo de cada ano, não diferindo entre os períodos seco e chuvoso ( $p = 0,7899$ ) (Tabela 1.). Valores comparativamente mais elevados foram registrados em fevereiro/05, com valores entre 5,00 e 27,00  $\mu\text{g.L}^{-1}$  N.

### **Análise de componentes principais (ACP)**

A ACP gerada com os dados dos meses de fevereiro dos três anos, correspondente ao período chuvoso (Figura 7A.), evidenciou uma influência do gradiente temporal das estações em cada ano, podendo ser observados três agrupamentos distintos para cada um deles (Figura 7B.), tendo uma variância total de 70,70 % explicada pelos dois eixos, sendo 48,50 % para o primeiro eixo e 22,20 % para o segundo.

Afluência e cota (Figura 2.) além de precipitação (chuva) foram os principais componentes que influenciaram na distribuição longitudinal do ano de 2007, enquanto

os elevados valores de pH, condutividade elétrica e zona eufótica (Figuras 4A, B e C.) foram responsáveis pelo agrupamento do ano de 2006, e os nutrientes fosfatados (Figuras 5B, C e D.) e nitrogenados (Figuras 6A e B.) foram os responsáveis pelo agrupamento formado pelo ano de 2005.

A análise de componentes principais aplicada aos dados dos meses de maio para os três anos de coleta (período seco) (Figura 8A.) demonstrou uma influência no gradiente longitudinal das estações para cada ano, levando à formação de três grupos distintos para cada um deles (Figura 8D.). Porém, no ano de 2005, as três estações iniciais do reservatório apresentaram valores mais elevados de nitrato e nitrito (Figuras 6A e B.), o que pode ter influenciado no comportamento espacial dessas estações, diferenciado das demais estações do mesmo ano, levando a uma sobreposição parcial com os dados de 2007. A variância total explicada pelos dois eixos é de 74,10 %, sendo 56,10 % referente ao primeiro eixo e 18,00 % ao segundo.

As variáveis precipitação (chuva), condutividade elétrica e zona eufótica (Zeu) (Figuras 4A e B.) foram as responsáveis pelo agrupamento de 2005 (Figura 8A e D.). O ano de 2006 apresentou uma distribuição espacial bem heterogênea em relação aos demais anos, tendo sido influenciada pela cota e afluência, além dos nutrientes fosfatados e turbidez (Figuras 2, 5A, B, C e D.), enquanto o ano de 2007 registrou uma correlação oposta a 2006 influenciada pelos elevados valores de oxigênio dissolvido (Figura 4B.).

A ACP realizada com os dados dos meses de agosto (período seco) (Figura 8B.) mostrou uma diferenciação marcante na distribuição longitudinal das estações para cada ano, com a formação de agrupamentos bem distintos entre si para cada ano (Figura 8E.). A variância total explicada pelos dois eixos foi de 78,00 %, sendo 55,80 % para o primeiro e 22,20 % para o segundo.

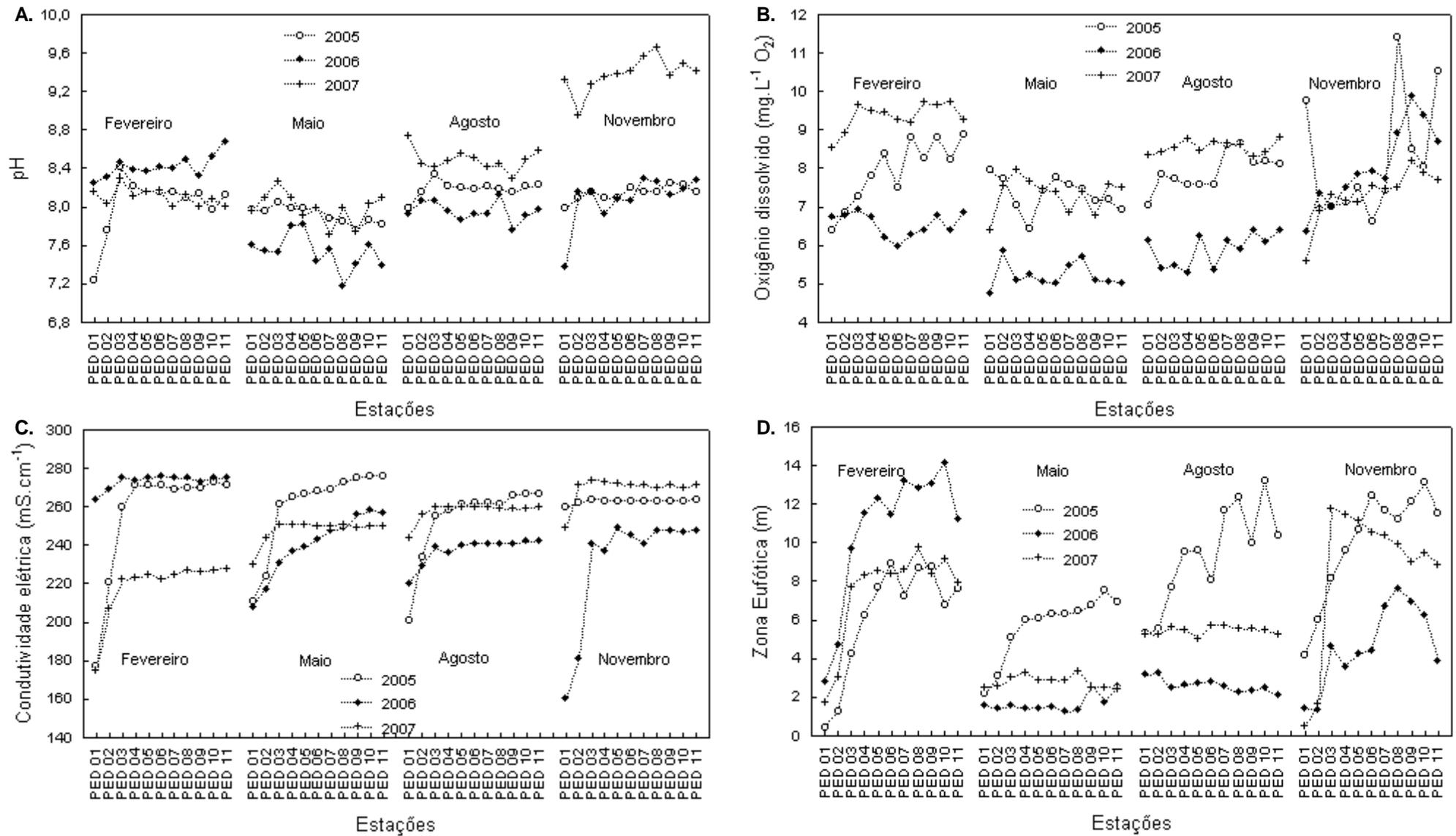


Figura 4. Variação dos valores de pH (A), oxigênio dissolvido (B), condutividade elétrica (C) e zona eufótica (D) ao longo das estações do reservatório de Pedra, nos trimestres dos anos 2005, 2006 e 2007.

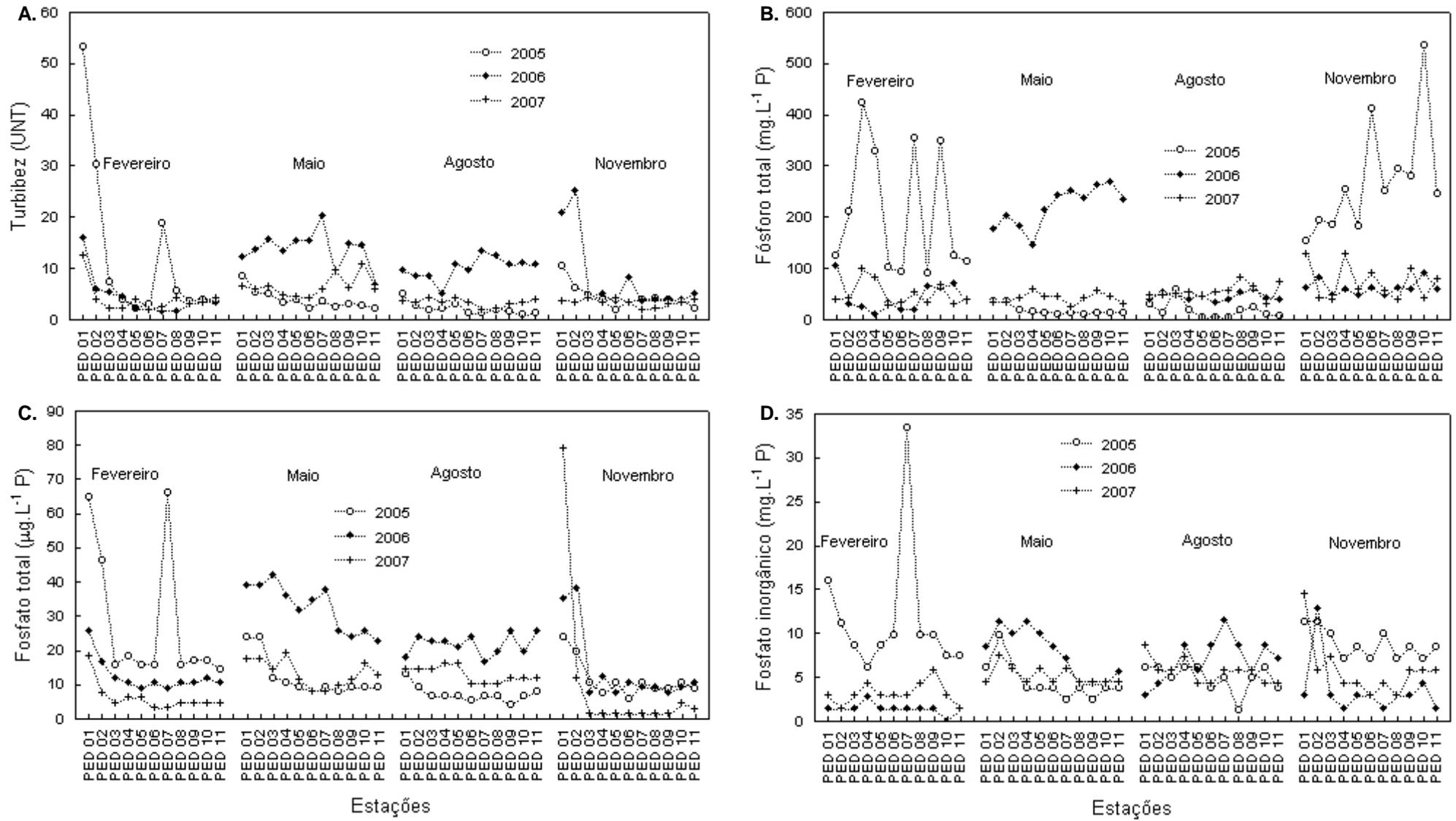


Figura 5. Variação dos valores de turbidez (A), fósforo total (B), fosfato total (C) e fosfato inorgânico (D) ao longo das estações de coleta do reservatório de Pedra, nos trimestres dos anos 2005, 2006 e 2007.

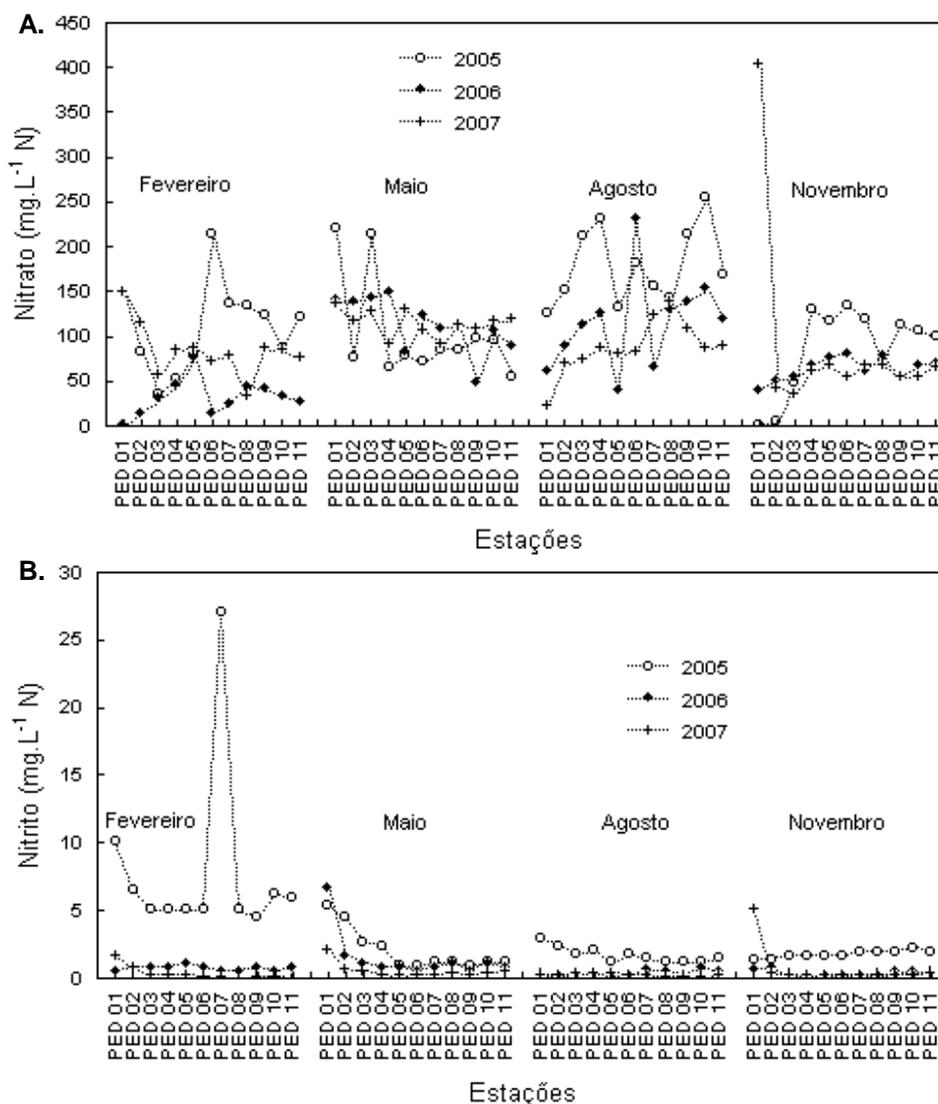


Figura 6. Variação dos valores de nitrato (A) e nitrito (B) ao longo das estações de coleta do reservatório de Pedra, nos trimestres dos anos de 2005, 2006 e 2007.

Os valores mais elevados de nutrientes nitrogenados (Figura 6A e B.), juntamente com a Zeu (Figura 4D.), foram os principais responsáveis pelo agrupamento no ano de 2005. No ano de 2006, as altas cotas do reservatório (Figura 2.), em conjunto com turbidez e fosfatos total e inorgânico (Figuras 5A, B, C e D.) foram determinantes para esse agrupamento, enquanto em 2007, pH e oxigênio dissolvido (Figuras 4A e B.) foram as variáveis responsáveis pelo agrupamento.

Para o mês de novembro (período chuvoso), a Análise de componentes principal demonstrou mais uma vez uma influência na distribuição temporal e espacial das estações para cada ano, permitindo observar três agrupamentos distintos para cada ano (Figuras 8C e F.). Os dois eixos explicaram 66,20 %, da variância total, sendo 39,50 % referentes ao primeiro eixo e 26,70 % ao segundo.

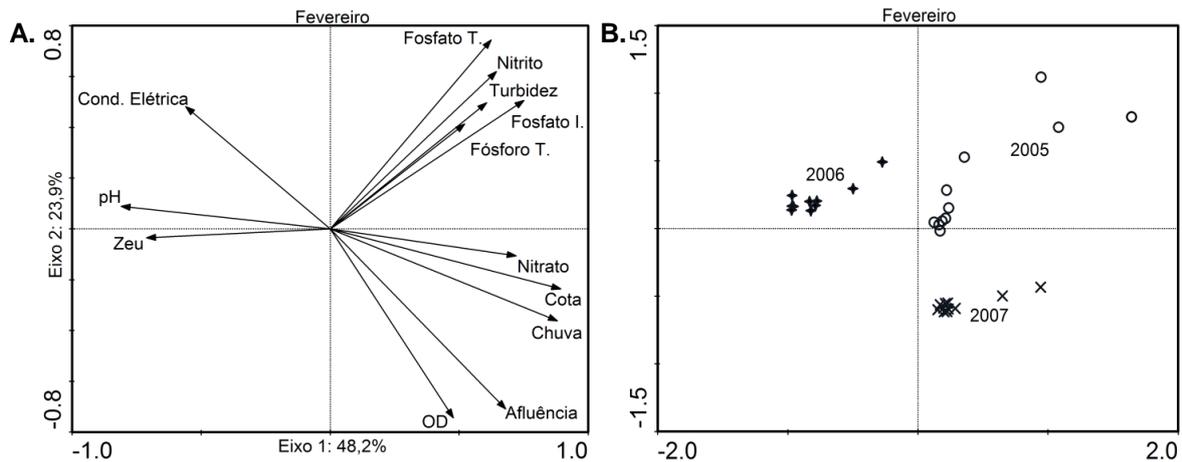


Figura 7. Análise de componentes principais das variáveis analisadas no reservatório de Pedra, relativas ao mês de fevereiro (A) e distribuição espacial e temporal das estações (B), ao longo dos anos de 2005, 2006 e 2007.

Os valores mais elevados dos nutrientes fosfatados (Figuras 5B, C e D.) e nitrogenados (Figuras 6A e B.) no ano de 2005, foram responsáveis por este agrupamento. Em 2006, o agrupamento foi formado pela forte influência da vazão afluente, juntamente com a cota (Figura 2.) e chuva no reservatório. Já em 2007, as variáveis que tiveram importância na distribuição longitudinal foram pH, condutividade elétrica e Zeu (Figuras 4A, C e D.).

## DISCUSSÃO

As características físicas, químicas e biológicas em reservatórios são influenciadas pela variação sazonal do nível da água (cota), que em reservatórios utilizados para a geração de energia hidrelétrica, é regulada de modo preponderante pela vazão afluente e operação da usina, além de estar associada a outros tipos de interferência antrópica (Wetzel, 1992). Sendo mais frequentes em reservatórios localizados em regiões onde o período de chuvas é bastante sazonal e ocorre um regime irregular de precipitação (Geraldes & Boavida, 2005), o que provoca um deplecionamento sazonal.

Para o reservatório de Pedra, foi possível caracterizar uma diferença sazonal marcante, com a definição de períodos seco (maio e agosto) e chuvoso (fevereiro e novembro) ao longo dos três anos de estudo, tendo sido evidenciado que a chuva na região é a principal variável que controla a vazão afluente ao reservatório de Pedra. A variação da precipitação ao longo do ano, associada à manutenção de uma vazão regular do rio de Contas pela operação da UHE, são responsáveis pelo deplecionamento da água e pela variação de cota do reservatório.

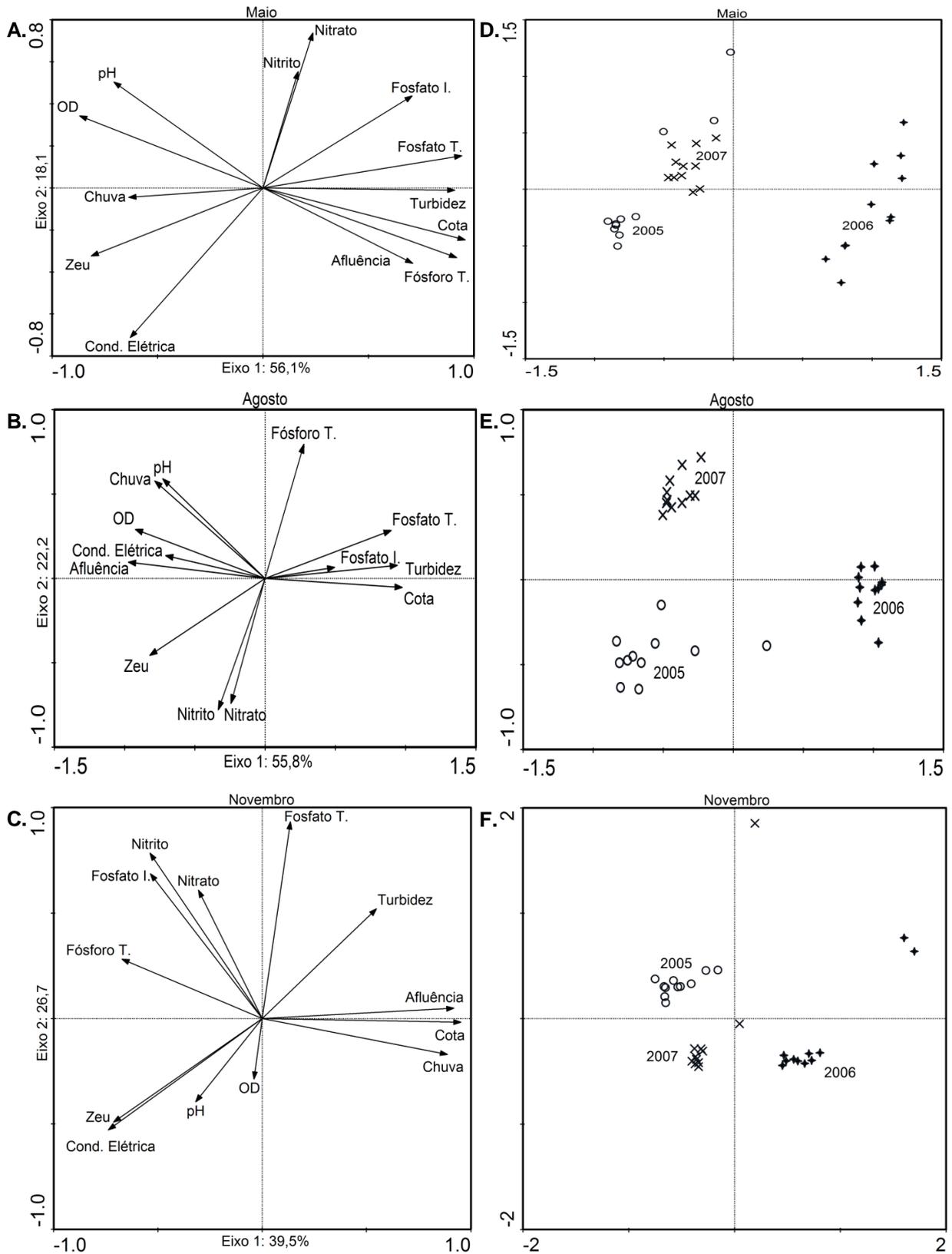


Figura 8 - Análise dos componentes principais das variáveis analisadas no reservatório de Pedra, relativas aos meses de maio (A), agosto (B) e novembro (C); e distribuição espacial e temporal das estações para os meses de maio (D), agosto (E) e novembro (F), ao longo dos anos de 2005, 2006 e 2007.

Nos períodos em que foram registradas as maiores vazões afluentes ao reservatório de Pedra foi possível observar alguns impactos sobre as variáveis limnológicas, a exemplo do que também já foi observado por outros autores, tais como: i) aumento na concentração de fósforo total e fosfato inorgânico, e diminuição da zona eufótica (Arfi, 2003; Geraldés & Boavida, 2004; Tundisi, 2008), ii) aumento na concentração de nitrato (Geraldés & Boavida, 2005) e iii) diminuição do oxigênio dissolvido e da condutividade elétrica (Arfi, 2003). Tais alterações podem ser explicadas pelo aumento de material em suspensão, oriundo de atividades agrícolas, etc., carreado para o reservatório.

A área de estudo está inserida na região semi-árida, tendo a elevada temperatura do ar e as pequenas flutuações climáticas, com intensa radiação solar durante todo o período de estudo, sido os principais fatores que influenciaram na elevada temperatura da água. As diferenças detectadas entre os períodos seco e chuvoso podem ser atribuídas à marcante sazonalidade ao longo dos anos, com valores mais elevados em fevereiro (verão) e mais baixos em agosto (inverno), coincidentes com as estações chuvosa e de estiagem na região.

A variação temporal da temperatura de superfície em reservatórios brasileiros apresenta uma relação direta com a latitude (Henry, 1995). Assim, por exemplo, o reservatório de Tucuruí (4° S) apresentou uma temperatura média da água de superfície de 29,00°C (Alves, 2005), o de Carpina (08° 1') apresentou um valor médio de 28,6 °C (Moura et al., 2010), com valor inferior em maior latitude, como o de Miranda (25° 33') com 21,00° C (Flauzino, 2008). Numa latitude intermediária (13° 53'), o reservatório de Pedra apresentou uma temperatura média da água de superfície de 27,31°C.

O pH da água de superfície do reservatório de Pedra apresentou valores alcalinos durante todo o período de estudo, sendo a diferença entre os períodos seco e chuvoso ocasionada pelos valores mais elevados durante o período de chuvas, principalmente em novembro/2007, correlacionados com a vazão afluyente. Ecossistemas aquáticos localizados em regiões áridas e semi-áridas, onde predomina um balanço hídrico negativo, usualmente apresentam valores alcalinos de pH (Esteves, 1998). Como por exemplo, os reservatórios de Carpina/PE que apresentou um pH em torno de 8,33 (Moura et al. 2010) e o de Taperoá II com pH 7,70 (Barbosa et al. 2010).

O oxigênio dissolvido apresentou uma maior solubilidade nos períodos de maior vazão afluyente, como pode ser evidenciado em fevereiro/2005, diferindo entres os períodos sazonais. Os valores de cota nos meses de maio e agosto de 2006 foram

bastantes elevados, indicando que o reservatório sofreu uma grande entrada de material alóctone, aumentando assim a concentração de material em suspensão. A concentração de oxigênio dissolvido na água pode sofrer drástica redução quando aumenta consideravelmente a concentração de material em suspensão (Tundisi, 2008), o que pode ter interferido na concentração de oxigênio durante períodos de maior afluência ao reservatório de Pedra, sobretudo quando o mesmo apresentava cota reduzida.

A relação entre temperatura da água, evaporação e precipitação, que estão diretamente relacionados com a cota do reservatório, são fundamentais na precipitação de íons e na solubilidade em lagos de regiões árida e semi-áridas (Tundisi, 2008). A amplitude de variação da condutividade elétrica e as diferenças detectadas entre os períodos seco e chuvoso, se correlacionaram com a variação de cota, sendo mais baixos em cotas mais elevadas, uma vez que os íons estavam mais diluídos. Condições semelhantes foram registrados em reservatórios de regiões áridas e semi-áridas, por Arfi (2003) em Mali na África e por Santos et al. (2004) nos reservatórios de Tremendal e Anajé, localizados no rio Gavião, tributário do próprio rio de Contas.

A zona eufótica apresentou uma relação inversa com a cota e a vazão afluyente do reservatório de Pedra, conforme demonstrado por Prado & Severi (2010), em período anterior ao do presente estudo no mesmo reservatório. A variação e diferenciação sazonal da zona eufótica está associada diretamente a eventos climatológicos (Tundisi, 2008). A turbidez da água apresentou uma correlação com a vazão afluyente e a cota do reservatório, corroborando com Prado & Severi, (2010). Apesar de não ter havido diferença entre os períodos seco e chuvoso, os valores mais elevados registrados em maio e agosto/2006, coincidiram com a elevação do nível hidrológico e um maior carreamento de partículas em suspensão.

Em águas continentais, o fósforo usualmente representa o principal fator limitante da produtividade, sendo também o principal nutriente responsável pela eutrofização em ecossistemas (Calado-neto et al., 2010). Com baixa concentração dos nutrientes fosfatados durante todo o período estudado, o reservatório de Pedra não apresentou características de eutrofização, a despeito dos valores mais elevados durante o período de maior vazão afluyente e menores cotas tenham contribuído para a diferença significativa entre os períodos seco e chuvoso. Teores mais elevados de nutrientes fosfatados têm sido registrados em regiões onde existe diferença acentuada entre os períodos seco e chuvoso, havendo tendência de aumento da concentração dos nutrientes fosfatados durante os meses de verão, também atribuído ao aumento no regime

pluviométrico. (Chalar & Tundisi, 1999; Soria et al., 2000; Arfi, 2003; Geraldés & Boavida, 2004, 2005; Leite & Espíndola, 2004).

Os compostos nitrogenados (nitrato e nitrito) apresentaram baixa concentração durante o período de estudo e não tiveram uma correlação com a vazão afluyente do reservatório de Pedra. Com um padrão heterogêneo ao longo dos três anos, o nitrato apresentou diferença estatística para os períodos seco e chuvoso com concentrações mais elevadas durante o período seco, com resultados similares àqueles observados no reservatório de Jurumirim (Nogueira et al., 1999). De um modo geral, lagos ou represas de regiões tropicais apresentam baixas concentrações de nitratos, resultante de drenagem de floresta com solo pobre em nitrogênio, (Nogueira et al., 1999), diferentemente dos reservatórios que recebem algum tipo ação antrópica, como no caso do reservatório de Barra Bonita/SP e Miranda/MG, onde foram encontradas altas concentrações de nitrato (entre 2 e 4 mg.L<sup>-1</sup>N), em razão da descarga de esgoto doméstico e da drenagem de solo agrícola fertilizado (Tundisi, 2008; Flauzino, 2008).

Já o nitrito, não apresentou diferença estatística entre os períodos e também registrou baixas concentrações durante todo o período estudado, com exceção do mês de fevereiro/2005, influenciado pela vazão afluyente deste mês. Valores mais elevados em períodos de maior vazão afluyente também foram registrados por Nogueira et al. (1999), no reservatório de Jurumirim/SP.

A avaliação das ACPs demonstrou que existe uma variação temporal ao longo dos três anos e dos meses. Pôde-se observar três grupos distintos separando os anos em cada mês analisado, influenciados pelas diferentes variáveis analisadas. As características físicas, químicas e biológicas em reservatórios são influenciadas pela variação sazonal do nível da água, além de estarem associados a intervenções antrópica (Wetzel, 1992), como exemplo do controle de nível pela operação da UHE. Tais variações são mais amplas em reservatórios localizados em regiões nas quais o período de chuvas é sazonalmente diferenciado e ocorre um regime irregular de precipitação (Geraldés & Boavida, 2005).

Os resultados para o mês de fevereiro (período chuvoso) mostraram que o grupo formado pelo ano de 2005 sofreu influencia das elevadas concentrações dos nutrientes dissolvidos (nitrogenados e fosfatados) e da turbidez, decorrentes do carreamento de material alóctone para o reservatório nesse mês, quando foi registrada uma elevada vazão afluyente. Em reservatórios hidrelétricos, a vazão afluyente do rio principal é responsável pela maior parte da entrada de água no sistema (Ford, 1990). O

agrupamento do ano de 2006 teve como componentes principais a condutividade elétrica e a zona eufótica, variáveis que apresentaram uma correlação inversa com a cota e a vazão afluyente, uma vez que nesse ano foi registrada a menor cota de todo o período estudado.

Para o mês de maio (período seco), o resultado da ACP mostrou uma distribuição mais heterogênea das variáveis limnológicas, embora tenha sido possível diferenciar os três grupos anuais. Como nos meses de maio dos três anos a precipitação pluviométrica foi baixa, não existiu correlação com a vazão afluyente, cujos valores nesse mês foram intermediários em relação aos demais meses. As variáveis limnológicas responsáveis pelo agrupamento do ano de 2005 foram zona eufótica e condutividade elétrica, que apresentaram valores mais elevados pelos mesmos motivos indicados para fevereiro. Em função do ano de 2006 ter apresentado os valores de cota mais elevados de todo o período de estudo, a análise evidenciou uma diferenciação espacial mais heterogênea das estações neste ano, que aquela apresentada neste mês nos demais anos.

O mês de agosto apresentou uma distribuição espaço-temporal similar à de maio, porém com uma distribuição mais homogênea das variáveis limnológicas, tendo no agrupamento de 2005, uma influência da cota que esteve baixa, o que proporcionou elevadas concentrações nos compostos nitrogenados e da zona eufótica.

Em novembro, a ACP mostrou uma forte influência dos baixos valores de cota registrados no ano de 2005, o que repercutiu nas altas concentrações dos nutrientes (fosfatados e nitrogenados). Já o ano de 2006 teve seu agrupamento influenciado pela vazão afluyente, cota e chuvas. Para 2007, a zona eufótica e a condutividade foram as variáveis responsáveis pelo agrupamento. O aumento na concentração de fósforo total, fosfato inorgânico, e diminuição da zona eufótica, relacionado ao início das chuvas, em conjunto com a vazão afluyente e as baixas cotas, também foram observados nos reservatórios analisados por Arfi, (2003), Geraldes & Boavida (2004) e Tundisi (2008).

De um modo geral, os meses do período chuvoso (fevereiro e novembro), apresentaram uma dinâmica homogênea em relação às variáveis limnológicas, apresentando altas concentrações de nutrientes, uma vez que é no início desse período que o reservatório se encontra com as menores cotas, quando começam as chuvas e aumenta a vazão afluyente.

Já os meses do período seco (maio e agosto) apresentaram uma heterogeneidade comparativamente maior na distribuição das variáveis limnológicas, principalmente em

maio, uma vez que nesse período o reservatório apresenta as maiores cotas, sofrendo influência do material alóctone carregado para o reservatório durante todo o período de chuvas. Normalmente, a carga externa de nutrientes, matéria orgânica e todo material alóctone aumenta com eventos de precipitação intensa. Além disso, a entrada de material em um corpo de água no início dos eventos de precipitação é maior do que a entrada gerada no final do evento (Barbosa & Hvitved-jacobsen, 1999).

O reservatório de Pedra apresentou um padrão heterogêneo de variação temporal, pois, em se tratando de região semi-árida, com forte variação sazonal de chuvas, espera-se que variações de cota, associada à vazão afluyente do reservatório sejam os principais responsáveis pela variação temporal. O estado em que o reservatório se encontra (seco, cheio ou enchendo) no momento da entrada da água é determinante na distribuição espaço-temporal das variáveis limnológicas, principalmente nas estações localizadas no trecho lótico e de transição do reservatório. Por exemplo: No momento em que o reservatório encontra-se seco (menores níveis de cota), há uma maior concentração dos nutrientes dissolvidos, e quando o mesmo começa a se estabilizar (maiores níveis de cota), aumentando assim, o poder de diluição, diminui-se a concentração dos nutrientes.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à CHESF/FADURPE, pelo suporte logístico e apoio financeiro na realização do projeto “Monitoramento limnológico e avaliação da qualidade da água do reservatório da Usina Pedra”, cujos dados foram utilizados no presente trabalho. À Divisão de Operação de Recursos Hídricos/CHESF, pelo fornecimento dos dados climatológicos e hidrológicos. À FADURPE e CAPES, pela bolsa concedida ao primeiro autor.

### **LITERATURA CITADA**

- Almeida, R; Régis, M. Cartilha Águas Sem Barragens – Campanha interestadual contra a implantação de barragens na bacia Araguaia-Tocantins. São Luís. 2003. 22p
- Alves, C.S.L. Avaliação sazonal e temporal de variáveis físico-químicas no Reservatório de Tucuruí-PA. Belém: Universidade Federal do Pará, 2005. Dissertação de Mestrado.
- Andreoli, C. V; Carneiro, C. Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados. Curitiba. 2005.

Arfi, R. The effects of climate and hydrology on the trophic status of Sélingué Reservoir, Mali, West Africa. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, v. 8, p. 247-257, 2003.

Barbosa, A.E; Hvitved-jacobsen, T. Highway runoff and potential for removal of heavy metals in an infiltration pond in Portugal. *Science of the Total Environment*, v. 235, p. 151-159, 1999.

Barbosa, J.E.L.; Brasil, J.; Montenegro, A.K.A.; Franca, J.C.; Oliveira, F.M.F. Variação interanual do fitoplâncton e variáveis limnológicas em um açude raso, típico do semi-árido brasileiro (Açude Taperoá II, Paraíba). In: Moura, A.N.; Araújo, E.L.; Bittencourt-oliveira, M.C.; Pimentel, R.M.M.; Albuquerque, U.P. (org.). *Reservatórios do Nordeste do Brasil: biodiversidade, ecologia e manejo*. Bauru, SP: Canal6, 2010. v. 1, p. 81-114

Calado-neto, A.V.; Severi, W.; Costa, B.D.F. Dimensionamento da Capacidade Ambiental do Reservatório de Pedra (BA) para Implantação de Piscicultura em Tanques-Rede. In: Moura, A.N.; Araújo, E.L.; Bittencourt-oliveira, M.C.; Pimentel, R.M.M.; Albuquerque, U.P. (org.). *Reservatórios do Nordeste do Brasil: biodiversidade, ecologia e manejo*. Bauru, SP: Canal6, 2010. v. 1, p. 239-266.

Chalar, G; Tundisi, J.G. Main processes in the water column determined by wind and rainfall at Lobo (Broa) Reservoir. Implication for phosphorus cycling. In: Tundisi, J.G.; Straškraba, M. (org.). *Theoretical Reservoir Ecology and its applications*. São Carlos: 1999. p. 53-65.

Esteves, F. A. *Fundamentos de limnologia*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

Flauzino, F. S. Avaliação temporal e espacial da qualidade da água no lago da usina hidrelétrica de Miranda, região do Triângulo – Minas Gerais. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2008 Dissertação de mestrado.

Ford, D.E. Reservoir transport processes. In: Thornton, K.W.; Kimmel, B.L.; Payne, F.E. (org.). *Reservoir Limnology: Ecological Perspectives*. New York: Wiley-Interscience Publication, 1990. p. 15-41.

Geraldes, A.M; Boavida, M.J. Limnological variations of a reservoir during two successive yeras: On wet, another dry. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, v. 9, p.143-152, 2004.

Geraldes, A.M.; Boavida, M.J. Seasonal water level fluctuations: Implications for reservoir limnology and management. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, v. 10, p. 59-69, 2005.

Henry, R. The thermal structure of some lakes and reservoirs in Brazil. In: Tundisi, J.G.; Bicudo, C.E.M.; Matsumura-tundisi, T. (org.). *Limnology in Brazil*. Rio de Janeiro: ABC/SBL, 1995. p. 351-363,

IICA. Projeto Áridas. Disponível em: <<http://www.iica.org.br/2001/projaridas/>> Acesso em 10 ago, 2002.

Leite, M.A.; Espíndola, E.L.G. Aporte e taxa de sedimentação de material em suspensão e nutrientes (nitrogênio orgânico total e fósforo total) no reservatório de Salto Grande. In: Espíndola, E.L.G.; Leite, M.A.; Dornfeld, C.B. (org.). *Reservatório de Salto Grande (Americana, SP): caracterização, impactos e propostas de manejo*. São Carlos: RiMa, 2004. p. 71-90.

Mackereth, F.J.H.; Heron, J.; Talling, J.F. *Water analysis: some revised methods for limnologists*. London: Scient. Public, 1978.

Moura, A.N.; Araújo, M.K.C.; Oliveira, H.S.B.; Lira, G.A.S.T.; Nascimento, E.C. Cianobactérias Planctônicas em Reservatório Eutrófico do Estado de Pernambuco In: Moura, A.N.; Araújo, E.L.; Bittencourt-oliveira, M.C.; Pimentel, R.M.M.; Albuquerque, U.P. (org.). *Reservatórios do Nordeste do Brasil: biodiversidade, ecologia e manejo*. Bauru, SP: Canal6, 2010. v. 1, p. 115-144.

Nogueira, M.G.; Henry, R.; Maricatto, F.E. Spatial and temporal heterogeneity in the Jurumirim Reservoir, São Paulo, Brazil. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*. v. 4, p. 107-120, 1999.

Prado, M.D.C; Severi, W. Variação Temporal do Nível Hidrológico do Rio de Contas e sua Influência Sobre Variáveis Limnológicas do Reservatório da UHE Pedra – BA. In: Moura, A.N.; Araújo, E.L.; Bittencourt-oliveira, M.C.; Pimentel, R.M.M.; Albuquerque, U.P. (org.). *Reservatórios do Nordeste do Brasil: biodiversidade, ecologia e manejo*. Bauru, SP: Canal6, 2010. v. 1, p. 217-238.

Rebouças, A. *Uso inteligente da água*. São Paulo: Escrituras Editora, 2004.

Rybak J. Long-term and seasonal dynamics of nutrient export rates from lake watersheds of diversified land cover pattern. *Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie*, v.27, p. 3132-3136, 2000.

Santos, J.S.; Oliveira, E.; Bruns, R.E.; Gennari, R.F. Evaluation of the salt accumulation process during inundation in water resource of Contas river basin (Bahia – Brazil) applying principal component analysis. *Water Research*, v. 38, p. 1579-1585, 2004.

Soria, J.M.; Vicente, E.; Miracle, M.R. The influence of flash floods on the limnology of the Albufera of Valencia Lagoon (Spain). *Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie*, v. 27, p. 2232-2235, 2000.

Statsoft. STATISTICA (data analysis software system), version 8. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com). Statsoft. Tulsa, 2008.

Strickland, J.D.H; Parsons, T.R. A manual of sea water analysis, Ottawa: Fish. Res. Borad Canada, 1965.

Tundisi, J. G. Águas no Século XXI: Enfrentando a Escassez, 2ª Ed. São Carlos: Rima, 2003.

Tundisi, J.G. *Limnologia*, 1ª ed. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

Wetzel, R. G. Clean water: A fading resource. *Hydrobiologia*, v. 243-244, n. 1, p.143-152, 1992.

## **Considerações finais**

O reservatório de Pedra apresentou um padrão heterogêneo de variação temporal, pois, em se tratando de região semi-árida, com forte variação sazonal de chuvas, as variações de cota, associada à vazão afluyente do reservatório foram os principais responsáveis pela variação temporal.

O estado de como se encontra o reservatório (seco, cheio ou enchendo) no momento da entrada da água é fator determinante na distribuição espaço-temporal das variáveis limnológicas, principalmente nas estações iniciais do reservatório.

De um modo geral, os meses do período chuvoso (fevereiro e novembro), apresentaram uma dinâmica homogênea em relação às variáveis limnológicas, apresentando altas concentrações de nutrientes, uma vez que é no início desse período que o reservatório se encontra com as menores cotas, quando começam as chuvas e aumenta a vazão afluyente.

Já os meses do período seco (maio e agosto) apresentaram uma heterogeneidade comparativamente maior na distribuição das variáveis limnológicas, principalmente em maio, uma vez que nesse período o reservatório apresentou as maiores cotas, sofrendo influência do material alóctone carregado para o reservatório durante todo o período de chuvas.

Para um maior entendimento do comportamento da qualidade da água do reservatório de Pedra, faz necessária a continuação do monitoramento limnológico associado à variação do nível (cota) e vazão afluyente do rio de Contas, reunindo maior quantidade de dados para serem analisados.

## Referências bibliográficas

ALBUQUERQUE FILHO, J. L. Previsão e análise da elevação do lençol freático no processo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) de reservatórios hidrelétricos. Tese (Dourado). 2002, p. 223, - Instituto de Geociências de Ciências Exatas, UEP, Rio Claro.

ALMEIDA, R; RÉGIS, M. **Cartilha Águas Sem Barragens** – Campanha interestadual contra a implantação de barragens na bacia Araguaia-Tocantins. São Luís. 2003, p. 22.

ALVES, Cláudia Simone da Luz. Avaliação sazonal e temporal de variáveis físico-químicas no Reservatório de Tucuruí-PA. Dissertação (Mestrado). 2005 - Universidade Federal do Pará, Belém..

AMBIENTEBRASIL, Disponível em:  
<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/doce/index.html&conteudo=./agua/doce/recursoshidricos.html>, acessado em 10/07/2009

ANDREOLI, C. V; CARNEIRO, C. **Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados**. Curitiba: Sanepar. Finep, 2005.

ARFI, R. The effects of climate and hydrology on the trophic status of Sélingué Reservoir, Mali, West Africa. **Lakes & Reservoir: Research and Management**, v. 8, p. 247-257, 2003.

ASSUNÇÃO, F. N. A.; BURSZTYN, M. A. A.. Conflitos pelo uso dos recursos hídricos. In THEODORO, S. H. (Ed.). Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais. Rio de Janeiro: Garamond/CDS, 2001.

BARBOSA, A.E; HVITVED-JACOBSEN, T. Highway runoff and potential for removal of heavy metals in an infiltration pond in Portugal. **Science of the Total Environment**, v. 235, p. 151-159, 1999.

BARBOSA, J.E.L.; BRASIL, J.; MONTENEGRO, A.K.A.; FRANCA, J.C.; OLIVEIRA, F.M.F. Variação interanual do fitoplâncton e variáveis limnológicas em um açude raso, típico do semi-árido brasileiro (Açude Taperoá II, Paraíba). In: MOURA, A.N.; ARAÚJO, E.L.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C.; PIMENTEL, R.M.M.; ALBUQUERQUE, U.P..

Reservatórios do Nordeste do Brasil: biodiversidade, ecologia e manejo 1ª ed. Bauru, SP: Canal6, 2010. p. 81-114

BARBOSA, F., MARQUES, M.M. 2002. A água como patrimônio da humanidade. In. Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água. Cuiabá: n. 14, 2002.

BRANDIMARTE, A. L. Impactos limnológicos da Construção do reservatório de aproveitamento múltiplo do Rio Mogi-Guaçu (SP, Brasil). 1997. 97p. **Tese (Doutorado)**, Universidade de São Paulo.

BITTENCOURT, S.; GOBBI, E. F. Carga máxima de fósforo admissível ao reservatório Piraquara II, uma aplicação do processo TMDL. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 595-603, 2006.

CALADO-NETO, A.V.; SEVERI,W.; COSTA, B.D.F. Dimensionamento da Capacidade Ambiental do Reservatório de Pedra (BA) para Implantação de Piscicultura em Tanques-Rede. In: MOURA,A.N.; ARAÚJO, E.L.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C.; PIMENTEL, R.M.M.; ALBUQUERQUE, U.P.(Ed.). Reservatórios do Nordeste do Brasil: biodiversidade, ecologia e manejo 1ª ed. Bauru, SP: Canal6, 2010. p. 239-266.

CHALAR, G; TUNDISI, J.G. Main processes in the water column determined by wind and rainfall at Lobo (Broa) Reservoir. Implication for phosphorus cycling. In: TUNDISI, J.G.; STRAŠKRABA, M. (ed.). Theoretical Reservoir Ecology and its applications. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences, São Carlos. 1999. p. 53-65.

COELHO, R.M.P. **Fundamentos em ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

COIMBRA, R.M. Monitoramento da qualidade de água. In. PORTO, R.L. et al. (ed.). Hidrologia ambiental. São Paulo, 1991. p. 391-411.

CRUZ, H. C.; FABRIZY, N. L. P. Impactos Ambientais de Reservatórios e Perspectivas de Uso Múltiplo. **Revista Brasileira de Energia**, v. 4, n. 1, 1995.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FLAUZINO, F. S. Avaliação temporal e espacial da qualidade da água no lago da usina hidrelétrica de Miranda, região do Triângulo – Minas Gerais. 2008. **Dissertação (Mestrado)** Universidade Federal de Uberlândia.

FORD, D.E. Reservoir transport processes. In: THORNTON, K.W.; KIMMEL, B.L.; PAYNE, F.E. (Ed.). *Reservoir Limnology: Ecological Perspectives*. New York: Wiley-Interscience Publication, 1990. p. 15-41.

GERALDES, A.M; BOAVIDA, M.J. Limnological variations of a reservoir during two successive yeras: On wet, another dry. **Lakes & Reservoir: Research and Management**, v. 9, p.143-152, 2004.

GERALDES, A.M.; BOAVIDA, M.J. Seasonal water level fluctuations: Implications for reservoir limnology and management. **Lakes & Reservoir: Research and Management**, v. 10, p.59-69, 2005.

GROOT W. T. Phosphate and wind in a shallow lake. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 91, p.475-89, 1981.

HENRY, R. The thermal structure of some lakes and reservoirs in Brazil. In: TUNDISI, J.G.; BICUDO, C.E.M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (ed.). *Limnology in Brazil*. Rio de Janeiro: ABC/SBL, 1995. p. 351-363,

HENRY, R. Estrutura Espacial e Temporal do Ambiente físico e químico e análises de alguns processos ecológicos na represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP) e na sua bacia hidrográfica. 1999, 242p. **Tese (Doutorado)**, Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA AGRICULTURA. **Projeto Áridas**. Disponível em: <<http://www.iica.org.br/2001/projaridas/>> Acesso em 10 ago, 2002.

KENNEDY, R.H. Reservoir design and operations: limnological implications and management opportunities. In: TUNDISI, J.G.; STRAŠKRABA, M. (ed.). *Theoretical Reservoir Ecology and its applications*. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences, São Carlos. 1999. p. 1-28.

LEITE, M.A.; ESPÍNDOLA, E.L.G. Aporte e taxa de sedimentação de material em suspensão e nutrientes (nitrogênio orgânico total e fósforo total) no reservatório de Salto Grande. In: ESPÍNDOLA, E.L.G.; LEITE, M.A.; DORNFELD, C.B. (ed.). Reservatório de Salto Grande (Americana, SP): caracterização, impactos e propostas de manejo. São Carlos: RiMa, 2004. p. 71-90.

LIND, O.T.; TERREL, T.; KIMMEL, B.L.. Problems in reservoir trophic-state classification and implications for reservoir management. In: STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G.; DUNCAN, A. (ed.). Comparative reservoir limnology and water quality management. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p.57-67.

MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. **Water analysis: some revised methods for limnologists**. London: Scient. Public, 1978.

MARGALEF, R., Características de las aguas de represa como indicadoras del estado de los ecosistemas terrestres de las respectivas cuencas. In: Reunião sobre Ecologia e Proteção de Águas Continentais. São Carlos: OEA, UNESCO/MAB, USP. 1981. p.93-110.

MOURA, A.N.; ARAÚJO, M.K.C.; OLIVEIRA, H.S.B.; LIRA, G.A.S.T.; NASCIMENTO, E.C. Cianobactérias Planctônicas em Reservatório Eutrófico do Estado de Pernambuco. In: MOURA, A.N.; ARAÚJO, E.L.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C.; PIMENTEL, R.M.M.; ALBUQUERQUE, U.P. (Ed.). Reservatórios do Nordeste do Brasil: biodiversidade, ecologia e manejo 1ª ed. Bauru, SP: Canal6. 2010. p. 115-144.

MUNÔZ, H.R., Recursos hídricos gestão Brasil. In: MUNÔZ, H.R. (Ed.) Interfaces da gestão de recursos hídricos: desafios da Lei de Águas de 1997 2ª ed. Brasília, DF: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000.

NILSSEN J. P. Tropical lakes: functional ecology and future development: the need for a process-orientated approach. **Hydrobiologia**. v. 113, p. 231-42, 1984.

NOGUEIRA, M.G.; HENRY, R.; MARICATTO, F.E. Spatial and temporal heterogeneity in the Jurumirim Reservoir, São Paulo, Brazil. **Lakes & Reservoirs: Research and Management**. v. 4, p. 107-120, 1999.

PRADO, R.B.; MORAES NOVO, E.M.L.. Análise espaço temporal da relação do estado trófico do Reservatório de Barra Bonita (SP) com o potencial poluidor da bacia hidrográfica. **Sociedade & Natureza**. v. 19, n. 2, p. 5-18, 2007.

PRADO, R. B. Manejo integrado de reservatórios destinados a uso múltiplo como perspectiva de recuperação da qualidade da água. **Recursos hidroenergéticos: usos, impactos e planejamento integrado**. RiMa, São Carlos. 2002.

PRADO, M.D.C; SEVERI, W. Variação Temporal do Nível Hidrológico do Rio de Contas e sua Influência Sobre Variáveis Limnológicas do Reservatório da UHE Pedra – BA. In: MOURA, A.N.; ARAÚJO, E.L.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C.; PIMENTEL, R.M.M.; ALBUQUERQUE, U.P. (Ed.). Reservatórios do Nordeste do Brasil: biodiversidade, ecologia e manejo 1ª ed. Bauru, SP: Canal6, 2010. p. 217-238.

REBOUÇAS, A. **Uso inteligente da água**. São Paulo, Escrituras Editora, 2004.

ROBERTO, A. N.; PORTO, R. L.A.L. Alocação da água entre múltiplos usos em uma bacia hidrográfica, In: *Água em quantidade e qualidade: o desafio do próximo milênio*. ABRH, Belo Horizonte, 1999.

RYBAK J. Long-term and seasonal dynamics of nutrient export rates from lake watersheds of diversified land cover pattern. **Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie**, n.27, p. 3132-3136, 2000.

SANTOS, J.S.; OLIVEIRA, E.; BRUNS, R.E.; GENNARI, R.F. Evaluation of the salt accumulation process during inundation in water resource of Contas river basin (Bahia – Brazil) applying principal component analysis. **Water Research**, v. 38, p. 1579-1585, 2004.

SORIA, J.M.; VICENTE, E.; MIRACLE, M.R. The influence of flash floods on the limnology of the Albufera of Valencia Lagoon (Spain). **Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie**, v. 27, p. 2232-2235, 2000.

STRICKLAND, J.D.H; PARSONS, T.R. **A manual of sea water analysis**, Ottawa: Fish. Res. Borad Canada, 1965.

TALLING J. F.; LEMOALLE J. **Ecological Dynamics of Tropical Inland Waters**. Cambridge Cambridge, University Press, 1998.

TUNDISI J. G. Ecology of a shallow tropical reservoir in Brazil. In: FURTADO, J.I. (ed.). Tropical Ecology & Development (Part. 2). Kuala Lumpur. 1980. p. 893–906.

TUNDISI, J. G.; STRAŠKRABA, M. **Theoretical Reservoir Ecology and its Applications**. São Carlos. p. 592, 1999.

TUNDISI, J. G. **Águas no Século XXI: Enfrentando a Escassez**, 2ª Ed. São Carlos: Rima, 2003.

TUNDISI, J.G. **Limnologia**, 1ª ed. São Paulo : Oficina de textos, 2008.

WETZEL, R. G. Clean water: A fading resource, in press. In: ILMAVIRTA, V.; JONES, R. I. (ed.). The dynamics and use of lacustrine ecosystems. Develop. Hydrobiol, Junk., 1990.

XAVIER, C. F. Avaliação da Influência do uso e Ocupação do Solo e de Características Geomorfológicas sobre a Qualidade das Águas de dois Reservatórios da Região Metropolitana de Curitiba – Paraná. 2005. 167p. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

## ANEXO

# Revista Brasileira de Ciências Agrárias

## Brazilian Journal of Agricultural Sciences

ISSN 1981-1160. Recife, v.1, n.único, out.-dez., 2006

www.agraria.ufrpe.br

### Diretrizes para Autores

#### Objetivo e Polícia Editorial

A **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** (RBCA) é editada pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) com o objetivo de divulgar artigos científicos, para o desenvolvimento científico das diferentes áreas das Ciências Agrárias. As áreas contempladas são: Agronomia, Engenharia Agrícola, Engenharia Florestal, Engenharia de Pesca e Aqüicultura, Medicina Veterinária e Zootecnia. Os artigos submetidos à avaliação devem ser originais e inéditos, sendo vetada a submissão simultânea em outros periódicos. A reprodução de artigos é permitida sempre que seja citada explicitamente a fonte.

#### Forma e preparação de manuscritos

O trabalho submetido à publicação deverá ser cadastrado no portal da revista (<http://www.agraria.ufrpe.br>). O cadastro deverá ser preenchido apenas pelo autor correspondente que se responsabilizará pelo artigo em nome dos demais autores.

Só serão aceitos trabalhos depois de revistos e aprovados pela Comissão Editorial, e que não foram publicados ou submetidos em publicação em outro veículo. Excetuam-se, nesta limitação, os apresentados em congressos, em forma de resumo.

Os trabalhos subdivididos em partes 1, 2..., devem ser enviados juntos, pois serão submetidos aos mesmos revisores. Solicita-se observar as seguintes instruções para o preparo dos artigos.

#### Composição seqüencial do artigo

- a. Título: no máximo com 15 palavras, em que apenas a primeira letra da primeira palavra deve ser maiúscula.
- b. Nome(s) do(s) autor(es): por extenso apenas o primeiro nome e o sobrenome e separados por vírgula, e somente a primeira letra do nome e dos sobrenomes deve ser maiúscula. Colocar referência de nota no final do sobrenome de cada autor para fornecer, logo abaixo, endereço institucional, incluindo telefone, fax e e-mail. Os autores pertencentes a uma mesma instituição devem ser referenciados por uma única nota. A condição de bolsista poderá ser incluída. Não deve ser colocado ponto ao final de cada nota;
- c. Os artigos deverão ser compostos por, **no máximo, 6 (seis) autores**;
- d. Resumo: no máximo com 15 linhas;
- e. Palavras-chave: no mínimo três e no máximo cinco, não constantes no Título;

- f.** Título em inglês no máximo com 15 palavras, ressaltando-se que só a primeira letra da primeira palavra deve ser maiúscula;
- g.** Abstract: no máximo com 15 linhas, devendo ser tradução fiel do Resumo;
- h.** Key words: no mínimo três e no máximo cinco;
- i.** Introdução: destacar a relevância do artigo, inclusive através de revisão de literatura;
- j.** Material e Métodos;
- k.** Resultados e Discussão;
- l.** Conclusões devem ser escritas de forma sucinta, isto é, sem comentários nem explicações adicionais, baseando-se nos objetivos da pesquisa;
- m.** Agradecimentos (facultativo);
- n.** Literatura Citada.

**Observação:** Quando o artigo for escrito em inglês, o título, resumo e palavras-chave deverão também constar, respectivamente, em português ou espanhol, mas com a seqüência alterada, vindo primeiro no idioma principal.

### **Edição do texto**

- a. Idioma:** Português, Inglês e Espanhol
- b. Processador:** Word for Windows;
- c. Texto:** fonte Times New Roman, tamanho 12. Não deverá existir no texto palavras em negrito;
- d. Espaçamento:** duplo entre o título, nome(s) do(s) autor(es), resumo e abstract; simples entre item e subitem; e no texto, espaço 1,5;
- e. Parágrafo:** 0,5 cm;
- f. Página:** Papel A4, orientação retrato, margens superior e inferior de 2,5 cm, e esquerda e direita de 3,0 cm, no máximo de 20 páginas não numeradas;
- g.** Todos os itens em letras maiúsculas, em negrito e centralizados, exceto Resumo, Abstract, Palavras-chave e Key words, que deverão ser alinhados à esquerda e apenas as primeiras letras maiúsculas. Os subitens deverão ser alinhados à esquerda, em negrito e somente a primeira letra maiúscula;
- h.** As grandezas devem ser expressas no SI (Sistema Internacional) e a terminologia científica deve seguir as convenções internacionais de cada área em questão;
- i. Tabelas e Figuras (gráficos, mapas, imagens, fotografias, desenhos)**
  - Títulos de tabelas e figuras, para artigos escritos em português ou espanhol, deverão ser escrito em fonte Times New Roman, estilo normal e tamanho 9. A tradução em inglês deverá ser inserida logo abaixo com fonte Times New Roman, estilo itálico e tamanho 8. Para artigos escritos em Inglês, as traduções podem ser realizadas em português ou espanhol;

- As tabelas e figuras devem apresentar larguras de 9 ou 18 cm, com texto em fonte Times New Roman, tamanho 9, e ser inseridas logo abaixo do parágrafo onde foram citadas pela primeira vez. Exemplo de citações no texto: Figura 1; Tabela 1. Tabelas e figuras que possuem praticamente o mesmo título deverão ser agrupadas em uma tabela ou figura criando-se, no entanto, um indicador de diferenciação. A letra indicadora de cada sub-figura numa figura agrupada deve ser maiúscula e com um ponto (exemplo: A.), e posicionada ao lado esquerdo superior da figura e fora dela. As figuras agrupadas devem ser citadas no texto da seguinte forma: Figura 1A; Figura 1B; Figura 1C.

- As tabelas não devem ter tracejado vertical e o mínimo de tracejado horizontal. Exemplo do título, o qual deve ficar acima: Tabela 1. Estações do INMET selecionadas (sem ponto no final). Em tabelas que apresentam a comparação de médias, mediante análise estatística, deverá existir um espaço entre o valor numérico (média) e a letra. As unidades deverão estar entre parêntesis.

- As figuras não devem ter bordadura e suas curvas (no caso de gráficos) deverão ter espessura de 0,5 pt, e ser diferenciadas através de marcadores de legenda diversos e nunca através de cores distintas. Exemplo do título, o qual deve ficar abaixo: Figura 1. Perda acumulada de solo em função do tempo de aplicação da chuva simulada (sem ponto no final). Para não se tornar redundante, as figuras não devem ter dados constantes em tabelas. Fotografias ou outros tipos de figuras deverão ser escaneadas com 300 dpi e inseridas no texto. O(s) autor(es) deverá(ão) primar pela qualidade de resolução das figuras, tendo em vista uma boa reprodução gráfica. As unidades nos eixos das figuras devem estar entre parêntesis, mas, sem separação do título por vírgula.

### Exemplos de citações no texto

- a. Quando a citação possuir apenas um autor: ... Freire (2007) ou ... (Freire,2007).
- b. Quando possuir dois autores: ... Freire & Nascimento (2007), ou ... (Freire & Nascimento, 2007).
- c. Quando possuir mais de dois autores: Freire et al. (2007), ou (Freire et al., 2007).

### Literatura citada

A citação dos artigos relacionados com o tema do trabalho publicados anteriormente na **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, não é obrigatória, porém é recomendável. O corpo editorial da revista poderá sugerir a inclusão de alguma referência significativa se julgar oportuno.

O artigo deve ter, preferencialmente, no máximo **25 citações bibliográficas**, sendo a maioria em **periódicos recentes (últimos cinco anos)**.

As referências citadas no texto deverão ser dispostas em ordem alfabética pelo sobrenome do primeiro autor e conter os nomes de todos os autores, separados por ponto e vírgula. As citações devem ser, preferencialmente, de publicações em periódicos, as quais deverão ser apresentadas conforme os exemplos a seguir:

**a. Livros**

Mello, A.C.L. de; Véras, A.S.C.; Lira, M. de A.; Santos, M.V.F. dos; Dubeux Júnior, J.C.B; Freitas, E.V. de; Cunha, M.V. da . Pastagens de capim-elefante: produção intensiva de leite e carne. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco, 2008. 49p.

**b. Capítulo de livros**

Serafim, C.F.S.; Hazin, F.H.V. O ecossistema costeiro. In: Serafim; C.F.S.; Chaves, P.T. de (Org.). O mar no espaço geográfico brasileiro. Brasília- DF: Ministério da Educação, 2006. v. 8, p. 101-116.

**c. Revistas**

Rocha, A.T.; Oliveira, A.C.; Rodrigues, A.N.; Lira Júnior, M.A.; Freire, F.J. Emprego do

gesso do Araripe na melhoria do ambiente radicular da cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.3, n.4, p.307-312, 2008.

**d. Citações no prelo** (aceitas para publicação) devem ser evitadas.

Brandão, C,F.L.S.; Marangon, L.C.; Ferreira, R.L.C.; Silva, A.C.B.L. e. Estrutura fitossociológica e classificação sucessional do componente arbóreo em um fragmento de floresta atlântica em Igarassu–Pernambuco. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 2009. No prelo.

**e. Dissertações e teses**

Bandeira, D.A. Características sanitárias e de produção da caprinocultura nas microrregiões do Cariri do estado da Paraíba. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2005. 116p. Tese Doutorado.

**f. Trabalhos apresentados em congressos (Anais, Resumos, Proceedings, Disquetes, CD-ROMS)**

Dubeux Júnior, J.C.B.; Lira, M. de A.; Santos, M.V.F. dos; Cunha, M.V. da . Fluxo de nutrientes em ecossistemas de pastagens: impactos no ambiente e na produtividade. In: Simpósio sobre o Manejo da Pastagem, 23, 2006, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2006. v.único, p.439-506.

No caso de disquetes ou CD-ROM, o título da publicação continuará sendo Anais, Resumos ou Proceedings, mas o número de páginas será substituído pelas palavras Disquetes ou CD-ROM.

**g. WWW (World Wide Web) e FTP (File Transfer Protocol)**

Burka, L.P. A hipertext history of multi-user dimensions; MUD history. <http://www.ccs.neu.edu/home/lpb/mud-history-html>. 10 Nov. 1997.

**h. Citações de comunicação pessoal** deverão ser referenciadas como notas de rodapé, quando forem imprescindíveis à elaboração dos artigos.

**Outras informações sobre a normatização de artigos**

- 1) Os títulos das bibliografias listadas devem ter apenas a primeira letra da primeira palavra maiúscula, com exceção de nomes próprios. O título de eventos deverá ter apenas a primeira letra de cada palavra maiúscula;
- 2) O nome de cada autor deve ser por extenso apenas o primeiro nome e o último sobrenome, sendo apenas a primeira letra maiúscula;
- 3) Não colocar ponto no final de palavras-chave, key words e títulos de tabelas e figuras. Todas as letras das palavras-chave devem ser minúsculas, incluindo a primeira letra da primeira palavra-chave;
- 4) No Abstract, a casa decimal dos números deve ser indicada por ponto em vez de vírgula;
- 5) A Introdução deve ter, preferencialmente, no máximo 2 páginas. Não devem existir na Introdução equações, tabelas, figuras, e texto teórico sobre um determinado assunto;
- 6) Evitar parágrafos muito longos;
- 7) Não deverá existir itálico no texto, em equações, tabelas e figuras, exceto nos nomes científicos de animais e culturas agrícolas, assim como, nos títulos das tabelas e figuras escritos em inglês;
- 8) Não deverá existir negrito no texto, em equações, figuras e tabelas, exceto no título do artigo e nos seus itens e subitens;
- 9) Em figuras agrupadas, se o título dos eixos x e y forem iguais, deixar só um título centralizado;
- 10) Todas as letras de uma sigla devem ser maiúsculas; já o nome por extenso de uma instituição deve ter maiúscula apenas a primeira letra de cada nome;
- 11) Nos exemplos seguintes o **formato correto** é o que se encontra no lado direito da igualdade: 10 horas = **10 h**; 32 minutos = **32 min**; 5 l (litros) = **5 L**; 45 ml = **45 mL**; l/s = **L.s<sup>-1</sup>**; 27°C = **27 °C**; 0,14 m<sup>3</sup>/min/m = **0,14 m<sup>3</sup>.min<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>**; 100 g de peso/ave = **100 g de peso por ave**; 2 toneladas = **2 t**; mm/dia = **mm.d<sup>-1</sup>**; 2x3 = **2 x 3** (deve ser separado); 45,2 - 61,5 = **45,2-61,5** (deve ser junto). A % é unidade que deve estar junta ao número (**45%**). Quando no texto existirem valores numéricos seguidos, colocar a unidade somente no último valor (Exs.: **20 e 40 m**; **56,0, 82,5 e 90,2%**). Quando for pertinente, deixar os valores numéricos com no máximo duas casas decimais;
- 12) No texto, quando se diz que um autor citou outro, deve-se usar apud em vez de citado por. Exemplo: Walker (2001) apud Azevedo (2005) em vez de Walker (2001) citado por Azevedo (2005). Recomendamos evitar essa forma de citação.
- 13) Na definição dos parâmetros e variáveis de uma equação, deverá existir um traço separando o símbolo de sua definição. A numeração de uma equação deve estar entre parêntesis e alinhada esquerda. Uma equação deve ser citada no texto conforme os seguintes exemplos: Eq. 1; Eq. 4.;

### **Procedimentos para encaminhamento dos artigos**

O autor correspondente deve se cadastrar como autor e inserir o artigo no endereço <http://www.agraria.ufrpe.br> ou <http://www.proqualiti.org.br/sistema/index.php?journal=agraria>

O autor pode se comunicar com a Revista por meio do e-mail [agrarias@prppg.ufrpe.br](mailto:agrarias@prppg.ufrpe.br).