



**DÉBORA FERNANDES CALHEIROS
CELSO JOÃO ALVES FERREIRA**



**ALTERAÇÕES LIMNOLÓGICAS NO RIO PARAGUAI (“DEQUADA”) E
O FENÔMENO NATURAL DE MORTANDADE DE PEIXES NO
PANTANAL MATO-GROSSENSE - MS**

ISSN 0102-2466X
Agosto- 1997

**ALTERAÇÕES LIMNOLÓGICAS NO RIO PARAGUAI (“DEQUADA”)
E O FENÔMENO NATURAL DE MORTANDADE DE PEIXES NO
PANTANAL MATO-GROSSENSE - MS**

Débora Fernandes Calheiros
Celso João Alves Ferreira



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

EMBRAPA. Boletim de Pesquisa, 7

Exemplares desta publicação podem ser solicitadas ao CPAP

Rua 21 de Setembro, 1880

Caixa Postal 109

Telex: (67) 7044

Telefone: (067) 231-1430

Fax: (067) 231-1011

79320-900 Corumbá, MS

Tiragem: 200 exemplares

Comitê de Publicações:

João Batista Catto - Presidente

Roberto Aguilar Machado Santos Silva - Secretário Executivo

Luiz Marques Vieira

Agostinho Carlos Catella

Helena Batista Aderaldo

Judith Maria Ferreira Loureiro

Regina Célia Rachel dos Santos - Secretária

Elza Emiko Ito Barôa - Arte, Composição e Diagramação

CALHEIROS, D.F.; FERREIRA, C.J.A. Alterações limnológicas no rio Paraguai (“dequada”) e o fenômeno natural de mortandade de peixes no Pantanal Mato-Grossense - MS. Corumbá. MS: EMBRAPA-CPAP, 1996. 51p. (EMBRAPA-CPAP. Boletim de Pesquisa, 7).

1. Dequada - Rio Paraguai - Pantanal - Mato Grosso do Sul. 2. Peixe - Mortandade - Rio Paraguai - Brasil. 3. Limnologia. I. FERREIRA, C.J.A. II. EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (Corumbá, MS). III. Título. IV. Série.

CDD: 551.48098171

Copyright EMBRAPA-1996

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO	04
ABSTRACT	06
INTRODUÇÃO	07
MATERIAL E MÉTODOS	24
RESULTADOS PARCIAIS E DISCUSSÃO	26
RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

**ALTERAÇÕES LIMNOLÓGICAS NO RIO PARAGUAI (“DEQUADA”)
E O FENÔMENO NATURAL DE MORTANDADE DE PEIXES NO
PANTANAL MATO-GROSSENSE - MS**

Débora Fernandes Calheiros¹

Celso João Alves Ferreira²

RESUMO - No Pantanal, ocorre um fenômeno natural de deterioração da qualidade da água, denominado regionalmente como “Dequada”, relacionado à decomposição da grande massa de matéria orgânica submersa no início do processo de inundação. Sua magnitude é dependente das características do pulso de inundação, ou seja, características da fase de seca anterior e do período de inundação subsequente (volume e velocidade). De acordo com essa magnitude, pode provocar mortandade massiva de peixes (podendo alcançar a ordem de milhares de toneladas), decorrente da depleção de oxigênio e do aumento da concentração de gás carbônico, resultantes dos processos de oxidação da matéria orgânica, tanto nos campos inundados, quanto na coluna d’água dos rios. Os peixes moribundos apresentam comportamento típico de estresse respiratório. Outros fatores, como gás sulfídrico, amônia, alumínio, sódio e potássio (sólidos dissolvidos), alterações de pH e compostos provenientes da atividade fitoplanctônica foram descartados, pois não foram encontrados em níveis considerados tóxicos para peixes. Pesticidas e metais pesados não foram analisados, mas seus níveis dificilmente poderiam ser responsáveis por

¹Limnologia, MSc. - EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal - CPAP, Caixa Postal 109 CEP 79320900 - Corumbá - MS.

²Limnologia, MSc. EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa e Monitoramento Ambiental, Caixa Postal .69, CEP 13820000, Jaguariúna-SP. Em memória.

mortandades tão grandes em uma área tão extensa, onde a atividade antrópica ainda é reduzida. Em 1995, o fenômeno foi muito expressivo, devido à rapidez e ao grande volume da onda de cheia, chegando a provocar a total anoxia e/ou manter sob hipóxia o rio Paraguai por mais de dois meses e apresentar valores de gás carbônico dissociado de até 79 mg/L, nunca antes obtidos.

**LIMNOLOGICAL CHANGES IN THE PARAGUAY RIVER
("DEQUADA") AND THE PHENOMENON OF NATURAL FISH KILLS
IN THE PANTANAL WETLAND OF BRAZIL**

ABSTRACT - In the Pantanal wetland of Brazil, a natural deterioration of water quality sometimes occurs and is locally referred to as "dequada". This phenomenon is related to the decomposition of submerged organic matter during the initial flooding of previously dry areas with a high biomass of terrestrial vegetation. The magnitude of the dequada depends on characteristics of the flood pulse, such as: characteristics of the previous dry phase and the following flood period (area inundated, volume and velocity). The oxidation of organic matter in flooded fields and in the water column of rivers depletes dissolved oxygen levels and increases the concentration of dissolved carbon dioxide gas; as a result, a dequada of large enough magnitude can provoke massive fish kills (up to hundreds of tons). The dying fish exhibit behavior typical of respiratory stress. Other potential contributing factors such as hydrogen sulfide gas, ammonia, aluminium, sodium and potassium (dissolved solids), changes in pH, and compounds related to phytoplankton production were not observed at levels considered toxic to fish. Pesticides and heavy metals were not analyzed, but are unlikely to play a significant role in such large-scale fish kills over such extensive areas in regions where anthropogenic activity is still low. A very strong dequada occurred in 1995 due to rapid, high magnitude flooding that caused complete anoxia and/or maintained dissolved oxygen levels below hypoxia in the Paraguay river for more than two months and raised dissolved carbon dioxide concentrations to the highest levels ever observed (79 mg/L).

INTRODUÇÃO

Estudos limnológicos (estudos das características físicas, químicas e biológicas dos sistemas de água doce) visam obter uma compreensão abrangente do funcionamento e da forma de organização de cada ambiente aquático sob estudo, descrevendo sua dinâmica e as inter-relações com a biota, para, em última instância, embasar ações de manejo, tanto dos recursos hídricos, quanto dos pesqueiros.

Estudos ictiológicos completos sobre biologia, dinâmica de populações e de comunidades requerem informações sobre as características dos ambientes aquáticos relacionados, para que se possam entender as interações ecológicas e comportamentais das populações de peixes.

No Pantanal, alterações limnológicas naturais provocam a ocorrência de mortandades de peixes, principalmente no rio Paraguai e em sua área de inundação, cuja frequência e magnitude estão intimamente relacionadas com o comportamento do ciclo hidrológico. Estas alterações, conhecidas popularmente como “dequada” ou “diçada”, são resultado de um fenômeno limnológico altamente complexo, sem paralelo no mundo quanto à magnitude e extensão e ainda pouco estudado em todas as suas implicações ecológicas. Sua compreensão é importante para um maior entendimento dos processos hidrobiogeoquímicos característicos da região, como também para fornecer subsídios, por exemplo, para uma diferenciação entre as mortandades natural e antropogênica e, por conseguinte, para avaliar possíveis impactos ambientais.

Tal fenômeno pode agir como um “fator regulador” da estrutura e dinâmica das comunidades aquáticas e deve ser estudado, principalmente no que diz respeito às populações de peixes e de organismos que compõem sua dieta (fitoplâncton, zooplâncton, perifíton, organismos bentônicos, etc.). Quando

ocorre em grande escala, chega a causar mortandade da ordem de milhares de toneladas de peixes, o que deve acarretar um impacto expressivo, tanto na fase larval / jovem (ictioplâncton), quanto na adulta.

Os trabalhos anteriores que relataram o fenômeno são em sua maioria relatórios e resumos: Ferraz de Lima et al. (s.d.), Da Silva (1984), Resende; Mourão (1987), Resende et al. (1990), Calheiros et al. (1991) e Pellegrin et al. (1995). O presente trabalho é a primeira contribuição criteriosa para sua elucidação e uma parte dele já resultou em publicação (Calheiros; Hamilton, no prelo).

Entretanto, abordaremos aqui apenas considerações básicas quanto ao aspecto limnológico, que é tema de estudo pelo CPAP-EMBRAPA desde 1987, mas realizado com enfoque de projeto de pesquisa, com uma gradual estruturação de coletas e de atualização de metodologias de análises, a partir de 1990 e após as consultorias do Prof. Juan J. Neiff (CECOAL - Argentina), do Prof. Dr. Wolfgang J. Junk (Max-Planck Institute für Limnologie - Alemanha) e do Prof. Dr. Stephen K. Hamilton (Michigan State University - EUA).

Assim, estudos limnológicos na Bacia Hidrográfica do Alto Paraguai (BAP) e, por conseguinte, do fenômeno da dequada têm como objetivo maior promover sua conservação e coibir ações impactantes.

I. A BACIA DO ALTO PARAGUAI

O Pantanal representa a maior planície contínua de inundação do planeta (Fig. 1), com uma superfície de cerca de 140 mil km², inserida na BAP, com baixas declividades de leste para oeste (30 a 50 cm/km) e menores ainda de norte para o sul (3 a 15 cm/km) (Brasil, 1979).

A bacia do Alto Paraguai é formada por outras bacias menores que drenam para o rio Paraguai, seu principal canal de drenagem. Cada bacia é proveniente de diferentes regiões geológicas e com regimes pluviométricos/hidrológicos distintos, que lhe conferem características físico-químico-biológico-ecológicas, ou seja limnológicas, também distintas. Pouco se conhece sobre estas características em toda a extensa área alagável/inundável da planície pantaneira.

Os principais tributários do rio Paraguai são, em sua margem direita, os rios Jauru, Cabaçal e Sepotuba e, na margem esquerda, os rios Cuiabá (com seus afluentes São Lourenço e Piquiri), Taquari, Negro, Miranda (com seu afluente Aquidauana) e Apa (Fig. 1).

Além dos afluentes, há no rio Paraguai, em sua margem direita e conectadas a ele, uma série de lagoas (“baías”) extensas e cercadas por áreas mais altas (“morrarias”) denominadas como: Uberaba, Gaíva, Mandioré, Vermelha, Castelo e Cáceres (em território boliviano). A região da Nhecolândia apresenta como característica geomorfológica milhares de lagoas predominantemente circulares, que, de acordo com as características limnológicas diferenciadas que possuem, são denominadas regionalmente como “baías”, “salitradas” e “salinas”.

A drenagem da planície pantaneira é complexa. Segundo Carvalho (1986), é constituída por: pequenos cursos d’água (córregos); linhas de drenagem de moderada declividade, mas sem canal bem desenvolvido (vazantes); vazantes com seção definida (corixos ou corixões), lagos e lagoas (baías), e lagoas, ou antigos meandros marginais.

No período de águas baixas, na área de inundação dos rios, os lagos, lagoas e meandros abandonados tornam-se independentes, mas algumas vezes canais abandonados, recobertos por vegetação herbácea, auxiliados pela

permeabilidade do solo, mantêm esta conexão. Nas grandes “baías”, a direção do fluxo de água depende da fase hidrológica: dirige-se para o rio na fase de vazante/seca e se inverte na fase de enchente, podendo voltar novamente a correr para o rio, já em plena cheia, após a coalescência com todo o sistema.

A litologia é constituída por sedimentos aluviais da formação Pantanal, ocorrendo em fases argilosa e arenosa, de forma alternada e descontínua (Amaral Filho, 1986).

O clima é quente e úmido, no verão, e frio e seco, no inverno, com temperatura média anual de 25°C, sendo que, nos meses de setembro a dezembro, as temperaturas máximas absolutas ultrapassam 40°C. Entre maio e julho, a temperatura apresenta um declínio expressivo, causado pela entrada de massas de ar frio. A média das temperaturas mínimas fica abaixo de 20°C, e as mínimas absolutas, próximas de 0°C (Guerrini, 1978; Brasil, 1979).

Na BAP, a concentração de chuvas no verão (Brasil, 1992), associada à uniformidade topográfica e aos fracos desníveis do relevo, além da predominância de litologias sedimentares recentes, faz com que a onda de cheia, formada no trimestre janeiro-fevereiro-março na região de Cáceres, se desloque lentamente pelo rio Paraguai, rumo ao sul, demorando até seis meses para sair do território brasileiro (Adámoli, 1986; Carvalho, 1986). A onda de cheia atinge Corumbá em abril-maio-junho, após o cessar das chuvas, devido à lenta drenagem do Pantanal. Mais ao sul, o rio Paraguai apresenta um primeiro pico de enchente em fevereiro-março, originado das descargas dos rios do sul da bacia (Miranda, Aquidauana, Negro e Taquari). Em maio-junho acontece a maior inundação, devido à chegada das águas originadas do norte da bacia.

Além do comportamento sazonal, o fenômeno das enchentes apresenta uma periodicidade plurianual, com alternância de períodos de seca e de cheia (Carvalho, 1986; Cadavid Garcia, 1984; Galdino; Clarke, 1995) (Fig. 2).

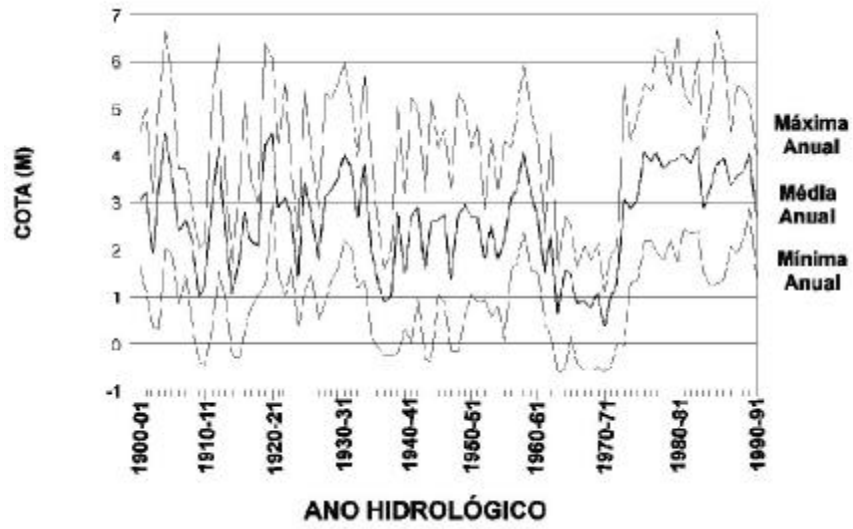


Fig. 2. Ciclo hidrológico do rio Paraguai em Ladário de 1990 a 1994.

Fonte> Galdino; Clarke, 1996.

Essas características geológicas, geomorfológicas e climáticas, associadas a variações sazonais das condições hidrológicas, formam planícies distintas quanto à duração e altura das inundações.

II. PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO

O ciclo anual de cheia e seca é o fenômeno ecológico mais importante da planície de inundação de um rio, pois controla sua estrutura e funcionamento, desempenhando papel preponderante na ciclagem de nutrientes e disponibilidade de água, proporcionando um ambiente altamente produtivo para macrófitas aquáticas, algas, bactérias, protozoários, invertebrados e peixes (Alho et al., 1988; Bayley, 1989; Bonetto et al., 1969). A área de abrangência da inundação e o tempo de permanência das águas nos campos ditam a disponibilidade de habitats e alimentação para peixes, crustáceos, aves, répteis, muitos mamíferos, plantas aquáticas e semi-aquáticas, condicionando sua abundância e seu comportamento reprodutivo (Bonetto et al., 1981; Catella, 1992; Cordiviola de Yuan, 1992; Junk et al., 1989; Campos, 1991; Mauro, 1993).

O pulso de inundação é, portanto, um dos fatores que rege a biodiversidade do Pantanal, uma vez que ora favorece as espécies animais e vegetais relacionadas à fase de seca, ora favorece as espécies relacionadas à fase de cheia. Além disso, uma fase favorece a outra, à medida que, por exemplo, as espécies vegetais crescidas na fase seca e mortas pela inundação fornecerão nutrientes e sais à água, através de sua decomposição, os quais contribuirão para o desenvolvimento das espécies vegetais da fase aquática e vice-versa. Segue-se a esta entrada expressiva de matéria e energia, uma grande produtividade de

macrófitas, que promovem uma autodepuração do sistema através da filtração e incorporação de nutrientes.

Junk et al. (1989) definem planícies inundáveis como sendo áreas periodicamente inundadas por sobrefluxo lateral de rios e lagos, pela precipitação direta ou pela água subterrânea, resultando num ambiente físico-químico que leva a biota a responder com adaptações morfológicas, anatômicas, fisiológicas, fenológicas e/ou etológicas e a produzir estruturas de comunidades características para estes sistemas. Seriam zonas de transição entre o ambiente aquático (lótico e lêntico, ou seja, rios e lagoas marginais) e o terrestre. Tais ambientes de transição, denominados *ecótonos*, apresentam alta biodiversidade e estão entre os mais produtivos do mundo (Petts, 1990).

O Pantanal pode ser considerado como um grande ecótono. Extensas áreas permanecem submersas por inundação (rios) ou alagamento (chuvas + elevação do nível do lençol freático), por até 8 meses de um ano hidrológico. Segundo Brasil (1979) e Paiva (1984), a área submersa pode atingir cerca de 70% da área total, considerando-se as áreas inundadas/alagadas classificadas como de Média e Longa durações (4 a 6 meses e 6 a 8 meses, respectivamente).

A planície de inundação modula o regime de descargas, estabiliza a hidroquímica do rio e reduz substancialmente o escoamento superficial (“runoff”), pelo aumento das perdas por evaporação (Brasil, 1979; Hamilton et al., no prelo).

Ainda segundo Junk et al. (op.cit.), a manutenção de um estado inicial de sucessão nestas planícies, em consequência da renovação constante através do pulso de inundação, favorece a alta produtividade. Teoricamente, a produção depende da natureza do pulso de inundação. Em bacias com rápidas taxas de drenagem, um aumento rápido é seguido por quedas rápidas, o que não é vantajoso, em termos adaptativos, à biota aquática associada. Estas

características são função da geomorfologia (inclinação, topografia, tipos de solo) da bacia (Bayley, 1991).

Como exemplo, no Pantanal, foram listadas cerca de 262 espécies de peixes por Britski et al. (no prelo). Na região do Paraná Médio e Inferior, são citadas 161 espécies (Cordivola de Yuan 1981, 1992). Segundo Neiff (1990), a maior riqueza ictica, na alta bacia do rio Paraguai, estaria relacionada à posição geográfica do “Gran Pantanal”, refletida no perfil unimodal de sua hidrógrafa e caracterizando um ambiente com elevado grau de estabilidade. Apresenta, portanto, um maior desenvolvimento de áreas alagáveis e inundáveis (19-24 % da área total), com períodos elevados de permanência das águas nos campos, lagoas e meandros abandonados marginais, influenciando o trecho do baixo rio Paraná (13-20 % de área inundável).

Quando as mudanças da dinâmica de matéria e energia são graduais, como no caso da bacia do Paraguai, o meio torna-se previsível para os organismos, e espera-se, então, uma maior complexidade de organização (Neiff, op.cit.)

Entretanto, um nível limnimétrico alto e constante pode, em muitos casos, reduzir a produção de peixes, devido ao desenvolvimento de condições estagnantes (Junk et al., 1989). Estas condições podem ocorrer naturalmente em regiões alagadas ou meandros abandonados isolados das grandes cheias. A produção aquática pode ser limitada pelo auto-sombreamento das macrófitas, baixos níveis de oxigênio dissolvido, baixa reciclagem de nutrientes e matéria orgânica presente no detrito.

A variabilidade temporal dos pulsos de inundação, em termos de anos ou décadas, é útil para suprir novamente as áreas marginais, com pouca drenagem, e deslocar as águas estagnadas, devido à baixa circulação (Bayley, 1991). No Pantanal, como vimos, ocorrem ciclos plurianuais com grupos de anos

considerados secos e grupos considerados de cheia, encontrando-se nesta fase desde 1971.

Um outro aspecto a ser considerado, segundo Neiff (1990), seria o fato de que respostas a estímulos equivalentes, por exemplo, uma cheia semelhante à anterior, não podem ser idênticas. Tais respostas dependem essencialmente do estado prévio do sistema: a organização biótica prévia à fase de inundação (composição das espécies, estratificação, abundância, etc.) e a condição físico-química precedente (grau de umidade no solo, disponibilidade de nutrientes, nível limnimétrico, etc.) seria, então, uma dinâmica seqüencial acumulativa, ou seja, o estado atual do sistema depende do estado energético antecedente, com exemplos relacionados à produção pesqueira, à dinâmica da vegetação e à modelagem geomorfológica do rio.

Segundo Welcomme (1985), os melhores habitats para alimentação raramente coincidem com os melhores habitats para reprodução, sendo, então, necessários movimentos migratórios sazonais entre estas áreas. Alcançadas as áreas de reprodução, os peixes desovam, para realizar depois o retorno, mais lento e divagante, durante o qual se alimentam intensamente, recuperando as energias gastas no processo anterior. A desova ocorre em sua maior intensidade em coincidência com o pico de enchente (Bonetto et al., 1981).

Os ovos, larvas e pequenos peixes derivam águas abaixo, a favor da elevação dos níveis hidrométricos, e alcançam a planície inundada em seus ambientes lênticos ou semi-lênticos, onde encontram condições favoráveis para seu desenvolvimento, principalmente em relação à alimentação e proteção. Permanecem nestes corpos d'água durante alguns anos, dependendo da espécie, até alcançarem um grau de desenvolvimento apropriado para retornarem aos ambientes lóticos, em outra fase de enchente, e serem então incorporados aos cardumes migrantes (Bonetto et al., 1981).

Na bacia do Alto Paraguai, a formação de cardumes para a reprodução começa no período de seca/princípio da enchente (dezembro-fevereiro) (Resende, 1996). A maior intensidade de desova, porém, coincide com o pico da enchente apenas nas cabeceiras de seus rios formadores. Devido às características geomorfológicas e hidrodinâmicas, a onda de cheia só atinge a região de Corumbá dois ou três meses depois (abril-junho) e a região de Porto Murtinho apenas em junho-agosto (Carvalho, 1986). Entretanto, esta defasagem promoveria maior possibilidade de dispersão de ovos e alevinos rio abaixo.

O longo período de inundação e a possibilidade de que ocorra em grandes áreas aumentam as chances de alimentação e refúgio. Nessas áreas inundáveis, os peixes acumulam reservas de gordura até junho-agosto, conforme a magnitude das cheias, quando começam a retornar para a calha dos rios com o refluxo das águas, dando início a um novo ciclo reprodutivo (Resende, 1996).

Assim, a oscilação do nível da água é, possivelmente, o principal fator que pode influenciar a estrutura das comunidades dos sistemas aquáticos. Outros fatores seriam: características físico-químicas (oxigênio dissolvido, temperatura, matéria orgânica) e biológicas (disponibilidade de alimento, competição por alimento e espaço, cobertura por vegetação) (Cordiviola de Yuan, 1981, 1992).

Segundo Neiff (1990), rios com planícies aluviais, como os rios Paraguai e Paraná, produzem grande quantidade de matéria orgânica, mais do que os consumidores podem assimilar. Esse excesso, o detrito orgânico, sustentaria mais do que 60% da biomassa de peixes (famílias Curimatidae e Loricariidae) dos trechos Médio e Inferior do Paraná (Cordiviola de Yuan, 1992).

As estratégias de vida dos peixes são o resultado da seleção natural e visam produzir o maior número de descendentes que vão sobreviver até a

maturidade, sob as condições impostas pelo biótopo (Lowe-Mc Connell, 1987, apud Catella, 1992).

No Pantanal, durante a fase de descida das águas (vazante), as populações são confinadas em lagoas, alagados, rios e canais de drenagem, onde vários fenótipos podem ser selecionados em função das diferentes exigências desses biótopos. Com as cheias e a coalescência do sistema, os vários biótopos entram em comunicação, sendo possível o intercruzamento das populações que estavam isoladas e a recombinação dos genes responsáveis pelos fenótipos sobreviventes. Então, para muitas espécies, o sucesso pode estar vinculado à sua habilidade de encontrar e de explorar os habitats adequados à sua sobrevivência na seca, mantendo-se até a cheia seguinte (Catella, 1992).

De acordo com Neiff (1990), os rios de planície são habitados por espécies que apresentam uma grande capacidade de resposta às mudanças na dinâmica hidrossedimentológica do sistema.

A “dequada” atuaria como mais um fator de seleção para os organismos aquáticos.

III. O FENÔMENO DA DEQUADA

As variações do nível da água e do período de inundação (pulsos de inundação) provocam uma série de transformações nas características limnológicas dos corpos d'água, causadas por interações entre os ambientes terrestre e aquático. Promovem, por exemplo, o aumento ou diminuição da transparência da água, do potencial hidrogeniônico, da condutividade elétrica, da concentração de gases dissolvidos (oxigênio, gás carbônico e metano), de nutrientes (nitrogênio, carbono e fósforo) e de material em suspensão, dentre

outros. Influenciam, segundo Tundisi; Matsumura-Tundisi (1985) e Da Silva (1990), a ciclagem de nutrientes (ciclos biogeoquímicos) e a transferência de energia entre os elos da cadeia trófica, que são os fatores que medeiam as interações entre os ambientes terrestre e aquático em áreas alagáveis.

Todas estas inter-relações promovem a ocorrência do fenômeno natural de deterioração da qualidade da água (“dequada”), capaz de provocar a morte de peixes de acordo com sua magnitude (Ferraz de Lima et al., s.d.; Resende et al., 1990; Calheiros; Hamilton, no prelo).

Ocorre em toda a área de inundação (campos inundados, lagos, lagoas e meandros marginais) e nos grandes rios, principalmente no Paraguai e Cuiabá, no início da enchente, e pode atingir proporções suficientemente grandes para afetar grande parte do rio Paraguai a jusante. É, portanto, um fenômeno diferenciado da mortandade observada em lagoas e canais temporários, quando estão secando. A ocorrência de mortandade de peixes em outro período, que não o da seca, determina uma segunda fase de oferta abundante de alimento para aves e répteis.

Uma das áreas de grande interesse para a compreensão desse fenômeno, pois é reconhecida como o local principal de sua gênese, é a região onde se localiza o Parque Nacional do Pantanal Matogrossense (região do Cará-Cará, estado de Mato Grosso), na junção dos rios Cuiabá e Paraguai (Fig.1). Apresenta-se como uma extensa superfície de acumulação, onde o regime de inundação se deve principalmente a estes rios, incluindo seus braços, à elevação da água subterrânea e às chuvas locais, o que propicia o alagamento da região e a formação de um grande reservatório de águas (Brasil, 1982).

Brasil (1979) classifica esta área como de Máxima Inundação, sendo seu regime de inundação Alto (1 a 2m), em termos de altura de lâmina d’água, e Longo (de 4 a 8 meses), quanto à sua duração.

Por se tratar da primeira grande zona de depressão após as cabeceiras dos rios formadores da BAP ao norte, apresenta-se como uma região extremamente peculiar, sendo um grande sistema de transição. Durante o período de estiagem, essa extensa área apresenta água permanente, com pouca profundidade e crescimento de vegetação terrestre e/ou anfíbia e também aquática, enraizada no fundo ou flutuando na superfície. Estes tipos de vegetação formam “ilhas flutuantes”, popularmente chamadas de “baceiros” ou “batumes”.

A permanência de água sob estes baceiros, mesmo em forma de uma pequena lâmina, e sob altas temperaturas, propicia a formação de um ambiente de águas estagnadas, onde processos de decomposição da grande massa de matéria orgânica submersa são extremamente favorecidos, gerando ambientes anóxicos e com elevados teores de gás carbônico (CO_2), que podem atingir níveis letais para praticamente todas as espécies de peixes (Calheiros; Hamilton, no prelo). O gás metano (CH_4) também alcança concentrações elevadas (Hamilton, 1994).

Com as primeiras chuvas e a elevação do nível da água, há um aumento de áreas sob inundação, ou seja, um aumento de áreas onde processos de decomposição, tanto da vegetação terrestre que cresceu no período de estiagem, como da vegetação aquática da fase de cheia anterior, podem ocorrer.

Enquanto o nível das águas vai-se elevando, começa a haver um aumento do escoamento superficial de toda a área, carreando águas já comprometidas para os canais de drenagem e, por fim, para os leitos dos rios Cuiabá e Paraguai. As primeiras informações de formação de massas de água de “dequada” e da conseqüente morte de peixes ocorrem nessa região, nos meses de janeiro e fevereiro, e vão-se deslocando rio abaixo, à medida que a onda de inundação avança.

Esses processos decorrentes da interação das águas com a extensa zona de transição aquático-terrestre vão-se repetindo a jusante, em toda a área de inundação, ou seja, nos campos, nos lagos e nos meandros abandonados, alcançando o grande coletor do sistema que é o rio Paraguai.

O grau de deterioração da qualidade da água para a sobrevivência dos peixes depende das características do regime hidrológico de cada ano: se o volume de cheia for grande e a velocidade de inundação alta, tais processos ocorrem antecipadamente (início da enchente) de forma mais acentuada e podem durar meses. A magnitude da seca do ano anterior também interfere no processo, pois está relacionada com a quantidade de biomassa de plantas terrestres que sofrerá decomposição na cheia subsequente.

Deste modo, a influência da água que passa pelo campo, na fase inicial de inundação, seria um dos fatores preponderantes para o desencadeamento do processo. O carreamento de uma massa de água estagnada e insalubre, originada da decomposição da matéria orgânica submersa (pela flora bacteriana e por processos químicos), para um ambiente de maior confinamento para os peixes, como é o caso dos lagos marginais, leva-os à morte por alterações nas concentrações dos gases respiratórios e por falta de locais para refúgio (Calheiros; Hamilton, no prelo).

A ocorrência de um ambiente altamente insalubre e estressante pode predispor os organismos a patologias de origem bacteriana, bem como por outros agentes, que também propiciam a morte de peixes (Herman, 1990). Embora os patógenos ou parasitas possam ser a causa final da mortandade em uma situação particular, algum outro fator é freqüentemente mais importante; a causa primária seria o estressante ambiental (Herman, 1990; Herman; Meyer 1990).

O uso de bioindicadores para estudos em ambientes comprometidos é de grande valia para corroborar hipóteses e compreender as inter-relações meio x

biota. Para estudar estas inter-relações, Pellegrin et al. (1995) utilizaram a espécie *Prochilodus lineatus* para análises bacteriológicas, porém obtiveram amostras apenas de espécimes adultos considerados normais ou sadios (não sob estresse).

Segundo esses autores, foram identificadas várias espécies de bactérias patogênicas na água, que podem estar envolvidas em mortandades naturais no rio Paraguai, apesar de fazerem parte da flora normal da maioria dos ambientes aquáticos de água doce. As bactérias mais freqüentes foram as do grupo de coliformes e *Pseudomonas sp.*. As principais espécies foram: *Citrobacter freundii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter sp.*, *Acinetobacter calcoaceticus*, *Alcaligenes faecalis*, *Aeromonas hydrophila*, *Salmonella sp.*, *Escherichia coli*, *Proteus sp.*, *Providencia sp.* e *Klebsiella sp.*

Nos peixes, em amostras de rim e fígado, foram isoladas as espécies *P. aeruginosa*, *C. freundii*, *Enterobacter agglomerans* e *E. cloacae*. Contudo, os peixes mortos ou moribundos não apresentam evidências, a nível macroscópico, em relação a este tipo de patologia, como também foi observado por Herman (op. cit.).

- **Mortandades Antropogênicas**

Num contexto ecológico, qualifica-se um fenômeno como natural, quando há certeza de que suas causas não são de origem antrópica (INALI, 1995).

Mortandades antropogênicas ocorreram raramente na BAP. O único caso de grandes proporções ocorreu na bacia do rio Miranda, em 1985, sendo diagnosticado como provocado pelo herbicida 2,4-D, fato até hoje pouco

esclarecido, dada a alta possibilidade de degradação deste composto no ambiente.

Em relação ao fenômeno da dequada, a influência de compostos tóxicos de caráter antropogênico, como os pesticidas (Ferraz de Lima et al., s.d.) e metais pesados, não seria viável.

A planície pantaneira não apresenta agricultura significativa que possa contribuir para a poluição por pesticidas e provocar uma mortandade de tal magnitude. A contribuição do planalto adjacente (ainda não avaliada), onde a agricultura é bem desenvolvida, deve ser importante. Mas a capacidade de autodepuração dos cursos d'água, favorecida pelas altas temperaturas, pela presença de grande biomassa de macrófitas e pelas grandes distâncias entre as fontes poluidoras e a área onde se dá o fenômeno, promoveria a diminuição do grau de contaminação ambiental na planície, descartando este fator como a causa principal.

As características de ocorrência desse fenômeno demonstram esta afirmação, uma vez que a mortandade ocorre, como vimos, com periodicidade sazonal, concomitante a variações gradativas na qualidade da água que culminam com diferenças críticas nas concentrações dos gases respiratórios, de acordo com as respostas fisiológicas de cada espécie e atingindo apenas indivíduos adultos o que elimina a atuação de substâncias com toxicidade aguda, como os pesticidas organofosforados (Hunn; Schnick, 1990; INALI, 1995).

Compostos com toxicidade crônica, como pesticidas organoclorados e metais pesados, necessitam atingir níveis de contaminação ambiental relativamente altos (US-EPA, 1972), somente encontrados em regiões com atividades de agricultura e/ou indústria em grande escala, capazes de provocar mortandades dessa natureza.

A ação toxicológica a níveis subletais pode, sim, deixar os organismos mais suscetíveis a patologias e a alterações ambientais estressantes (Murty, 1988), mas não seria a causa primordial da mortandade. As características comportamentais dos peixes durante a dequada são diferentes das observadas em casos de intoxicação por compostos tóxicos, citadas por Hunn; Schnick (1990).

Não há dados sobre os níveis de contaminação da biota em termos de pesticidas, na BAP. Quanto aos metais, existem estudos sobre mercúrio proveniente da região de garimpo de ouro no município de Poconé (MT - Brasil), situado no limite nordeste do Pantanal. Segundo Vieira (1991), desde o início da década de 80, há a utilização indiscriminada de mercúrio, acarretando níveis elevados no tecido muscular e fígado de várias espécies de peixes, acima da concentração máxima (0,5 mg/kg - peso úmido) permitida para consumo humano pela Organização Mundial da Saúde e para preservação das comunidades aquáticas pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA. Segundo o mesmo autor, esses resultados alertam para uma possível contaminação de todo o sistema a jusante, incluindo os rios Paraná e da Prata.

MATERIAL E MÉTODOS

A maioria das campanhas de coleta foram realizadas no rio Paraguai, acima da cidade de Corumbá (1989-1993). Para se efetivarem as mudanças no enfoque dado ao projeto, já que se passou a trabalhar, não só na calha principal do rio, como também em sua área de inundação, a partir de 1993 (fase de seca), amostras de água foram coletadas em uma baía marginal ao rio Paraguai, baía do Castelo, localizada ao norte de Corumbá, cujas coordenadas são 18° 34' 38'' S e 57° 34' W (Fig. 3).

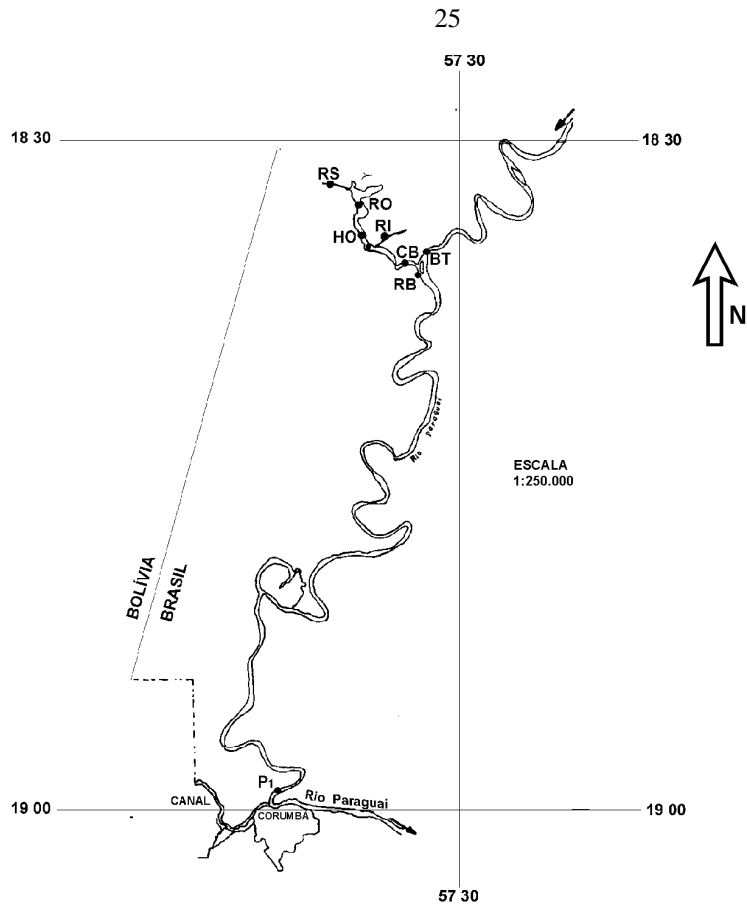


Fig.3. Localização dos pontos de coleta. (P1) próximo a cidade de Corumbá e na base da Baía do Castelo.

Foram amostrados oito pontos: 6 ao longo da baía (RS, RO, HO, RI, CB sup., CB fd.) e 2 no próprio rio (BT, RB). Continuou-se, ainda, a amostrar o rio Paraguai, próximo a Corumbá (P₁), para se avaliar o fenômeno com maior frequência (Fig. 3). A mudança metodológica realizada após 1993 foi necessária para que se pudesse atingir um melhor nível de detecção nas análises.

A frequência de amostragens foi semanal e quinzenal, na época de ocorrência do fenômeno (fevereiro a junho), e mensal ou sazonal, nos meses seguintes. Os parâmetros monitorados, não necessariamente em todas as campanhas, foram: temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica, oxigênio dissolvido (OD), alcalinidade, gás carbônico dissociado (CO₂ L), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), amônia, nitrato, nitrito, ortofosfato, fósforo e nitrogênio totais, sulfato, cloreto, metais (Ca, K, Na, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn), clorofila, material em suspensão, matéria orgânica e transparência por disco de Secchi (Tab. I).

RESULTADOS PARCIAIS E DISCUSSÃO

Esta pesquisa está entrando em seu oitavo ano de execução, evoluindo a partir de uma reestruturação contínua e implantação de novas ações visando responder às questões que foram surgindo com as análises dos dados e com base em sugestões de consultores.

Nos dois primeiros anos (1988/89), procurou-se montar uma infraestrutura de campo, laboratorial e metodológica e, ao mesmo tempo, realizar uma avaliação preliminar dos fatores inerentes ao fenômeno de mortandade. Nos anos de 1990/91/92, apesar da inexistência de mortandade no rio Paraguai, no ponto de

Tabela I. Métodos de análise e suas respectivas referências bibliográficas, para os parâmetros amostrados antes (a) e após (b) 1994.

Parâmetro	Metodologia	Referências
Oxigênio Dissolvido	Método de Winkler ou Oxímetro	Golterman et al., 1978
Alcalinidade	Método colorimétrico ^a Potenciométrico ^b	Mackereth et al., 1978 ^a Gran, 1952 ^b
CO ₂ Livre	Cálculo indireto	Mackereth et al., 1978
pH	pHmetro	-----
Condutividade	Condutivímetro	-----
Nitrogênio total	Colorimétrico	Golterman et al., 1978 ^a . Valderrama, 1981 & Wetzel; Likens, 1991 ^b .
Fósforo total	Colorimétrico	Golterman et al., 1978 ^a . Valderrama, 1981 & Wetzel; Likens 1991 ^b .
Ortofosfato	Colorimétrico	Murphy; Riley, 1962 ^a Wetzel; Likens, 1991 ^b
Sulfato	Turbidimétrico	APHA, 1985
Nitrito	Colorimétrico	Mackereth et al., 1978 ^a Wetzel; Likens, 1991 ^b
Nitrato	Colorimétrico	Mackereth et al., 1978 ^a Wetzel; Likens, 1991 ^b
Amônia	Colorimétrico	Koroleff, 1976 ^a Wetzel; Likens, 1991 ^b
Cálcio, Magnésio, Ferro, Manganês, Zinco, Cobre	Absorção Atômica	APHA, 1985
Sódio e Potássio	Fotômetro de chama	APHA, 1985
Alumínio	Colorimétrico	APHA, 1985

TABELA I. Continuação...

Parâmetro	Metodologia	Referências
Sílica	Colorimétrico	Golterman et al., 1978
Cloreto	Argentométrico	APHA, 1985
Clorofila a	Colorimétrico	Marker et al., 1980
H ₂ S	Colorimétrico	Golterman et al., 1978
Sólidos totais	Gravimétrico	APHA, 1985
Sólidos dissolvidos	Gravimétrico	APHA, 1985
Matéria orgânica	Gravimétrico	APHA, 1985
DBO	Método de Winkler	APHA, 1985 & Golterman et al., 1978

amostragem escolhido (P1), foi possível confirmar hipóteses, aumentar a série de dados e implantar ações referentes à obtenção de dados sobre variáveis até então não avaliadas, como análises bacteriológicas e hematológicas. Em 1993, optou-se por um período de pausa nas coletas para um total redirecionamento metodológico e estratégico, em termos de localização de pontos de coleta.

Na Tabela II, observa-se a diferença entre os valores de alguns parâmetros básicos de um ano sem mortandade (1990) e de outro (1994) em que ocorreu mortandade, embora considerada de baixa magnitude.

A chamada “água de dequada” caracteriza-se por apresentar elevação dos valores de condutividade, alcalinidade e gás carbônico, diminuição dos valores de oxigênio, da transparência por disco de Secchi e pequena diminuição dos valores

Tabela II: Valores Médios (x), Mínimos (Min.) e Máximos (Máx.) dos parâmetros limnológicos do rio Paraguai (superfície) nas fases de enchente-cheia (A), período de ocorrência do fenômeno, e vazante-seca (B), nos anos de 1990 (sem mortandade) e de 1994 (com mortandade).

1990		T.H ₂ O	COND.	pH	Secchi	OD	ALC.	CLOR.	CO ₂ L
		°C	µs/cm		m	mg/L	meq/L	µg/L	mg/L
	x	28,3	50,7	6,58	0,79	4,18	0,56	3,60	14,9
A	Mín.	21,5	46	6,42	0,30	3,43	0,50	0,00	6,9
	Máx.	32,0	57	6,87	1,65	5,26	0,64	8,00	19,0
	n	6	6	6	6	6	6	6	7
	x	25,3	47,5	6,58	0,75	5,05	0,54	2,67	13,6
B	Mín.	19,5	45	6,43	0,23	4,14	0,40	0,00	6,6
	Máx.	31,5	51	6,80	1,91	6,27	0,94	4,45	21,3
	n	6	6	6	6	6	6	4	5

1994		T.H ₂ O	COND.	pH	Secchi	OD	ALC.	CLOR.	CO ₂ L
		°C	µs/cm		m	mg/L	meq/L	µg/L	mg/L
	x	28,0	53,8	6,39	0,62	2,79	0,37	2,45	15,6
A	Mín.	23,0	47,0	6,20	0,39	0,50	0,31	1,12	9,5
	Máx.	31,5	60,0	6,62	0,88	4,6	0,41	4,08	21,2
	n	20	15	16	16	20	13	10	13
	x	25,0	50,0	6,67	0,49	6,0	0,37	1,72	7,56
	Mín.	-	-	-	-	-	-	-	-
B	Máx.	-	-	-	-	-	-	-	-
	n	1	1	1	1	1	1	1	1

T.H₂O - Temperatura da água
 COND. - Condutividade
 Secchi - Transparência da água
 OD - Oxigênio Dissolvido

ALC. - Alcalinidade
 CLOR. - Clorofila Total
 CO₂L - Dióxido de Carbono Livre
 n - N.º de amostras

de pH. Apresenta, ainda, uma coloração escura semelhante ao chá preto, devido a compostos orgânicos dissolvidos provenientes dos processos de decomposição. Tais efeitos são conseqüência, tanto do processo de enchente, que promove a lixiviação e o carreamento de substâncias resultantes do metabolismo das áreas inundadas a montante, quanto dos processos de decomposição química e microbiana locais. Os valores baixos de clorofila estão sendo analisados mais profundamente, mas devem estar relacionados à diminuição da quantidade e qualidade de luz incidente nessa fase.

As características hidrológicas e geomorfológicas do Pantanal, responsáveis pela amortização dos picos de cheia, à medida que a massa de água caminha para jusante, assim como pelo movimento lento dessas águas, promove a maior interação água-planície de inundação e, por conseguinte, a ocorrência desse fenômeno em uma área tão extensa.

As temperaturas elevadas características da época de início da inundação (verão) podem afetar a solubilidade do oxigênio na água (Alabaster; Lloyd, 1982), diminuindo ainda mais a disponibilidade deste gás.

A formulação de critérios de aceitação quanto aos níveis mínimos de oxigênio para a vida aquática, em especial para os peixes, é difícil, devido à grande variação das concentrações de oxigênio nos ambientes. Segundo Alabaster; Lloyd (op.cit.), um mínimo de 3 mg/L é requerido para a maioria dos processos vitais em peixes. Para o Pantanal, isso é irreal em certos períodos, pois peixes sobrevivem com valores inferiores a 1 mg/L. Segundo o US-EPA (1972), 4,16 mg /L de OD, calculado sob as condições de pressão e temperatura geralmente obtidas na região, é um valor considerado como de “baixo nível de proteção para peixes”.

No ano de 1994, detectou-se, pela primeira vez, o fenômeno em sua gênese na área de inundação (baía do Castelo). Ou seja, coletaram-se amostras

antes, durante e depois da mudança na qualidade da água, que, por influência do regime hidrológico atípico desse ano, só ocorreu em junho e foi considerada pelos moradores da região como de baixa magnitude, pois poucos peixes morreram em relação a anos anteriores.

A lentidão do processo, entretanto, permitiu evidenciar muito bem três fases hidrológicas, quanto à direção do fluxo, na baía:

- I. Entrada de água diretamente do rio para a baía.
- II. Entrada de água do rio para a baía, mas passando previamente pelo campo, e retornando ao rio.
- III. Saída de água (vazante propriamente dita).

Estas três fases corroboram as hipóteses formuladas nos estudos anteriores, segundo as quais a influência da água que passa pelo campo, na fase inicial de inundação, seria o fator preponderante no desencadeamento do processo. Como vimos, o carreamento de uma massa de água rica em compostos originados da decomposição de matéria orgânica submersa, entrando em um ambiente de maior confinamento para os peixes como uma baía, provoca mortandade por falta de locais para refúgio. Além disso, quanto maior for a área inundada (volume de água) e a rapidez da inundação, mais expressivo será o fenômeno (Calheiros; Hamilton, no prelo).

Em uma análise dos dados, contrapondo apenas Baía X Rio na Fase II (em 1994), a fase em que ocorreu a mortandade na baía, a condutividade ($66 \mu\text{s/cm}$) e o CO_2 L (30 mg/L) apresentaram valores muito mais elevados do que no rio, e o OD, valores inferiores ($0,15 \text{ mg/L}$) (Tab. III).

Tabela III. Médias (x) de alguns parâmetros limnológicos, com o número de amostras entre parênteses, e seus valores Máximos (Máx.) e Mínimos (Min.), nas três fases de direção de fluxo (veja texto), que evidenciam as alterações na qualidade da água no ano de 1994, na baía do Castelo e no rio Paraguai, município de Corumbá - MS. A fase III apresenta apenas uma coleta. Bs = baía superfície; Bf = baía fundo e R = rio (Calheiros; Hamilton, no prelo).

Parâmetros	I			II			III	
	x	Min.	Máx.	x	Min.	Máx.		
pH	Bs	6,49(11)	6,22	6,93	6,25(6)	6,17	6,30	6,55(1)
	Bf	6,39(9)	6,16	6,59	6,26(5)	6,18	6,35	6,43(1)
	R	6,41(8)	6,26	6,62	6,37(6)	6,25	6,45	6,67(1)
Condutividade. (μ S/cm)	Bs	54,8(11)	47	59	64,4(5)	62	66	63 (1)
	Bf	58,8(9)	49	74	64,8(5)	62	67	87 (1)
	R	54,7(9)	47	60	52,8(5)	51	57	50 (1)
Alcalinidade. (μ eq/L)	Bs	388,0(6)	313, 0	425,7	446,7(6)	278,1	493,7	469,7(1)
	Bf	407,8(6)	293, 4	543,1	480,9(5)	465,4	513,7	690,9(1)
	R	368,3(6)	314, 6	409,9	374,3(6)	339,6	404,4	367,0(1)
OD (mg/L)	Bs	3,20(13)	0,35	6,2	0,55(7)	0,15	1,15	3,75(1)
	Bf	2,33(9)	0,10	4,3	0,34(5)	0,10	0,60	0,30(1)
	R	250(11)	0,5	4,2	2,81(7)	1,4	3,7	6,0 (1)
Secchi (m)	Bs	0,59(12)	0,47	0,79	0,65(5)	0,58	0,74	0,83(1)
	Bf	-	-	-	-	-	-	-
	R	0,54(10)	0,39	0,71	0,81(5)	0,72	0,88	0,49(1)
Temp. H ₂ O (°C)	Bs	30,3(13)	28,5	33	25,0(7)	23,5	28	23 (1)
	Bf	28,6(9)	28,0	30	24,6(5)	22,0	27	21 (1)
	R	29,7(11)	28,5	31,5	25,6(8)	23	28	25 (1)
Clorofila-a (μ g/L)	Bs	3,87(5)	2,23	5,58	4,37(5)	2,16	10,60	2,23(1)
	Bf	2,83(5)	1,86	4,46	2,77(5)	1,67	3,91	1,12(1)
	R	2,82(5)	1,86	4,08	2,08(5)	1,12	2,96	1,72(1)
CO ₂ L (mg/L)	Bs	15,0(6)	7,34	19,86	24,27(7)	14,34	30,21	13,07(1)
	Bf	16,55(5)	10,0 2	31,83	25,72(5)	19,91	30,87	26,01(1)
	R	16,36(6)	9,50	20,61	15,63(6)	11,41	21,15	7,56(1)

O nível limnimétrico de alerta para a ocorrência do fenômeno na baía do Castelo está por volta dos 3,50 a 4,00 m da régua instalada no município de Ladário - MS, próximo a Corumbá.

No ano hidrológico 94/95, iniciado em outubro/94, as condições hidrológicas e as conseqüentes alterações na qualidade de água foram extremamente favoráveis à ocorrência da “dequada”. Tais condições foram caracterizadas por um período de seca prolongado seguido por fortes chuvas locais e nas cabeceiras do rio Paraguai e de seus tributários, que promoveram uma onda de cheia de alta magnitude (6,56 m na régua de Ladário), uma das três maiores cheias do século. A fase de seca foi muito semelhante ao ano hidrológico anterior (93/94), caracterizando-se por níveis limnimétricos muito baixos (em torno de 1,30 m), porém as fases de enchente/cheia foram mais exacerbadas em 95; o pico de cheia atingiu apenas 3,94 m em 1994 no mesmo local (Fig. 4).

A possibilidade de se amostrarem esses dois últimos anos foi de grande importância para a qualidade da pesquisa, uma vez que se teve a oportunidade de observar comportamentos hidrológicos extremamente distintos e apresentando mortandade em ambos os casos.

Em 1994 (Tab. II, Fig. 4), o fenômeno só ocorreu por volta de maio-junho, devido à lenta subida das águas, sendo considerado de baixa magnitude, durando algumas semanas, e ocorrendo apenas em áreas pontuais, como nos lagos marginais. Os níveis de CO_2 L atingiram 30,0 mg/L e os de oxigênio abaixo de 0,15 mg/L (Calheiros; Hamilton, no prelo).

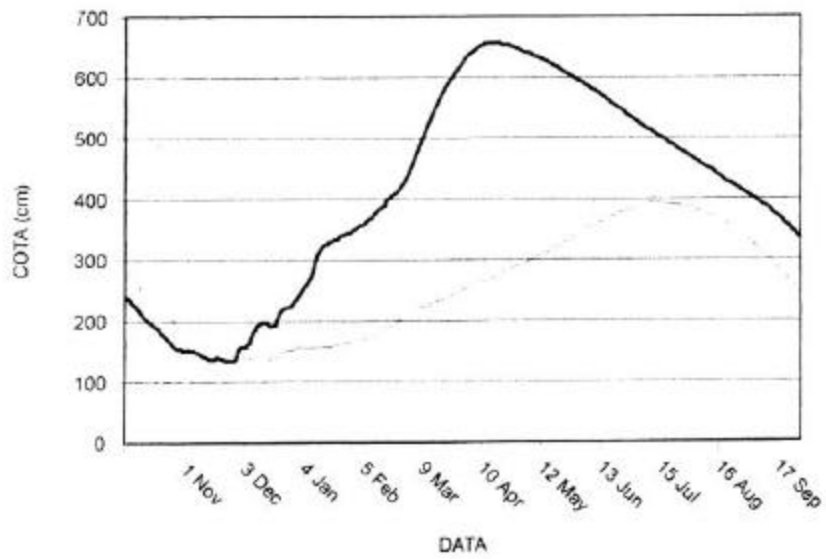


Fig. 4. Níveis hidrométricos do rio Paraguai, em Ladário, nos anos de 1993/1994 (—) e 1994/1995 (---).

Já, em 1995, o fenômeno foi muito expressivo, devido à rapidez e ao grande volume da onda de cheia (Fig. 4). A deterioração da qualidade da água, tanto na baía do Castelo, quanto no rio Paraguai, caracterizou-se por apresentar, por mais de dois meses (a partir de final de fevereiro), valores muito baixos ou nulos de OD (entre zero e 1,5 mg/L) e altos valores de CO₂ L (entre 20 e 80 mg/L), na fase mais crítica, causando grande mortalidade de peixes. No final de março, embora refletindo ainda o fenômeno, trechos do rio e mesmo da baía já apresentavam valores mais elevados de OD e aumento de pH, o que evidenciou uma melhora na qualidade da água do sistema, porém os valores de CO₂ L permaneceram extremamente elevados.

Segundo Herman; Meyer (1990), todas essas evidências ambientais são características de mortalidade de peixes associada à depleção de oxigênio.

Uma exposição brusca a concentrações moderadamente altas de CO₂ L faz com que níveis baixos, mas toleráveis, de OD passem a ser fatais, repentinamente (Alabaster; Lloyd, 1982). Valores elevados de CO₂ L caracterizam níveis insalubres para a fauna ictiológica, uma vez que interferem diretamente na capacidade da hemoglobina em carrear O₂, principalmente em peixes (Smart, 1981; Lagler et al., 1972). Estes respondem mais, em termos fisiológicos, às mudanças nas concentrações do gás oxigênio do que às de CO₂ L (Holeton, 1980).

Concentrações acima de 20 mg/L raramente ocorrem, segundo US-EPA (1972); quando se considera o Pantanal, esta afirmação não é válida.

A complexidade e imprevisibilidade de ocorrência desse fenômeno, tanto espacial quanto temporalmente, exige que os estudos sejam contínuos para que, através de uma série temporal significativa, análises criteriosas possam ser realizadas.

Os resultados obtidos até agora, evidenciaram alguns fatores considerados mais importantes, ou determinantes, na caracterização do fenômeno:

- A planície de inundação é o local de gênese do fenômeno.
- Há forte influência do regime hidrológico: as mudanças críticas nas características da água ocorrem, geralmente, no princípio das enchentes e/ou quando uma certa cota limnimétrica é atingida.
- Redução no teor de OD a valores inferiores ou próximos a 1,0 mg/L; atribuída à decomposição da vegetação submersa durante o processo de inundação.
- Aumento dos teores de matéria orgânica, refletido nos altos valores de DBO (em torno de 50,0 mg/L).
- Aumento expressivo da concentração de gás carbônico livre (acima de 20,0 mg/L), que interfere na capacidade do eritrócito e de organismos, como o peixe, em assimilarem o oxigênio.
- A ação conjugada de baixos teores de OD com altos teores de CO₂ Livre, agindo sinergicamente, é o fator responsável pela mortandade de peixes por anoxia, refletida no comportamento de estresse respiratório apresentado pelos peixes quando em condições subletais.

Não há registros sobre mortandades relacionadas ao sinergismo entre as concentrações altas de CO₂ L e baixas de OD em ambientes naturais (Calheiros; Hamilton, no prelo).

De acordo com Herman; Meyer (1990), a seletividade de espécies é evidente em mortandades devido a depleção de oxigênio; espécies com alto requerimento deste gás morrem primeiro.

Os espécimens mais afetados, na maioria das vezes, são adultos das espécies: *Pseudoplatystoma corruscans* (Pintado), *P. fasciatum* (Cachara),

Piaractus mesopotamicus (Pacu), *Pigocentrus nattereri*, *Serrasalmus spilopleura*, *S. marginatus* (Piranhas), *Plagioscion ternetzi*, *Pachyurus bonariensis* (Curvinas), *Potamotrygon motoro*, *P. brachyura*, *P. falkneri* (Arraias), *Catathyridium jenynsii* (Soia), *Rhamphiodon vulpinus* (Peixe-Cachorro), representantes dos Loricariidae (Cascudos) e poucos *Prochilodus lineatus* (Curimbatá), *Gymnotus carapo* (Tuvira) e *Hoplias malabaricus* (Traíra).

Peixes mais jovens geralmente são mais vulneráveis às condições estressantes do ambiente. No entanto, foram observados mortos apenas exemplares adultos, o que poderia ser atribuído ao fato de que estes não conseguem realizar com eficiência a captação de OD na interface ar-água (comportamento característico na ocorrência do fenômeno - “boquear”). Segundo Herman; Meyer (op. cit), o fato de peixes adultos morrerem antes dos mais jovens é uma característica de mortandades provocadas por depleção de oxigênio.

Algumas espécies, como o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), sofrem modificações morfológicas no lábio inferior (“beicho”) para facilitar a captação do OD superficial no período de ocorrência do fenômeno.

Mortandades de peixes resultantes de mudanças naturais na qualidade de água ocorrem em planícies inundáveis (Welcomme, 1985; Herman; Meyer op. cit.) e têm sido atribuídas a vários fatores físico-químicos, incluindo depleção de OD, acúmulo de gás sulfídrico (H₂S) e por toxicidade do alumínio (Brinkmann; Santos, 1973, Kushlan, 1974, Brown et al., 1983).

O que diferencia a “dequada” dessas outras alterações limnológicas é, principalmente, o fato dela ocorrer no início da inundação da planície previamente seca e não apresentar níveis tóxicos (US-EPA 1972, 1987), para peixes, de vários compostos como alumínio, sódio, sólidos dissolvidos, amônia e

H₂S e daqueles provenientes de atividade fitoplanctônica, uma vez que não se obtiveram valores extremos de clorofila-a (Resende et al., 1990; Calheiros; Hamilton, no prelo).

Deve-se, então, descartar a idéia, corrente em grande parte da população, principalmente urbana, de que a causa principal da mortandade seria o carreamento das cinzas provenientes das queimadas (freqüentes na região no período de estiagem) para os corpos d'água pelas primeiras chuvas. O nome "água de diquada" refere-se originalmente à água de cinzas usada na fabricação caseira de sabão em barra, que tem a mesma coloração avermelhada presente durante o fenômeno.

As primeiras chuvas na região sob estudo ocorrem ainda em outubro, ou seja, em período bem anterior ao de ocorrência do fenômeno (fevereiro a junho). Cinzas podem causar mortandade de peixes se provocarem uma elevação expressiva do pH e das concentrações de íons dissolvidos, o que não tem sido observado no Pantanal (Calheiros; Hamilton, no prelo). Os valores de sódio (elevados nas cinzas) estão bem abaixo dos níveis considerados como não tóxicos para peixes, segundo a agência ambiental americana (US-EPA, 1987).

Na baía, local de ocorrência de mortandade em 1994, a média dos valores (n=11) de sódio foi de 2,17 mg/L (\pm 0,99) e, no rio, (n=11) foi de 1,79 mg/L (\pm 0,28). Para potássio os valores na baía e no rio, com o mesmo número de amostras, foram respectivamente: 2,31 mg/L (\pm 1,38) e 1,58 (\pm 0,27). Na baía, apenas uma coleta apresentou valores maiores, mas ainda abaixo do indicado pelo EPA, quando foram obtidos 5,10 mg Na/L e 6,30 mg K/L. Porém, trata-se da coleta realizada após a mortandade, refletindo, talvez, o processo de decomposição dos peixes mortos.

Ferraz de Lima et al. (s.d.) consideram também improvável que a causa sejam os resíduos de queimada; negam também a influência de compostos liberados por plantas tóxicas (cipós) durante a inundação, outro fator indicado pela popula o.

Entretanto, o conhecimento empírico sobre o fenômeno apresentado pela comunidade ribeirinha da região da baía do Castelo mostrou-se muito grande. A compreensão das rela es entre o regime hidrológico e o favorecimento de processos de decomposi o e entre altera es na qualidade da água e a conseqüente mortandade de peixes são exemplos. De acordo com entrevistas realizadas nessa comunidade, corroborando o trabalho científico, a decomposi o da matéria orgânica foi considerada a causa principal da mortandade, sendo significativamente diferente do fator cinzas. A decomposi o da biomassa vegetal submersa   regionalmente chamada de “podriqueira do batume” (Calheiros et al., no prelo).

Nesses anos de estudo, não se puderam quantificar os peixes mortos, uma vez que os ribeirinhos os capturaram em grande quantidade, aproveitando-se do estado de morbidade dos mesmos, mas estimam-se em milhares de toneladas, se considerarmos toda a área atingida.

Deve-se salientar, por fim, que o fenômeno limnológico ocorre todo ano, principalmente na área de inunda o, porém a mortandade de peixes (seu efeito mais evidente) apenas quando as condi es estressantes aqui discutidas são atingidas.

RECOMENDAÇÕES

De acordo com as indicações de pesquisa de Calheiros; Fonseca Jr. (1996), atualmente estuda-se o comportamento de populações fito e zooplanctônicas, que fazem parte da dieta alimentar de muitos peixes, frente ao fenômeno da dequada, além de continuar a monitorá-lo, ou seja monitorar o rio Paraguai, para a obtenção de uma série temporal de dados significativa no futuro. Pretendem-se, ainda, iniciar pesquisas relacionadas ao metabolismo do sistema, através da identificação das principais fontes de carbono (produção) para os peixes, em especial o papel da comunidade de perifíton, e da compreensão dos processos de decomposição microbiana responsáveis pelo fenômeno da “dequada”.

CONCLUSÕES

A dequada é um “fenômeno síntese”, que reflete as características peculiares de funcionamento (produção-metabolização-decomposição-ciclagem) natural do sistema de áreas alagáveis/inundáveis do Pantanal.

Quanto à mortalidade de peixes, uma de suas conseqüências, as alterações limnológicas principais, seriam a queda dos níveis de OD abaixo de 1,0 mg/L e a elevação do CO₂ L acima de 20mg/L, agindo sinergisticamente.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Ms. Sérgio Galdino, pelos gráficos hidrológicos, ao Ms. Agostinho Carlos Catella, pela identificação das espécies; a Paule Jeanne Vieira Mendes, Carlos Augusto M. Farias, Eliney Gaertner, Sebastião Barbosa e Júlio César S. Moraes, pelas análises laboratoriais; e a Isac Teixeira de Carvalho, José Carlos do Amaral, Luíz Fernandes Espinoza e Procópio de Almeida Miranda, pela assistência em campo.

Agradecemos, ainda, o apoio logístico fornecido pela Pousada do Castelo e pelo Barco Hotel Tuiuiú (Turismo Cidade Branca).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÂMOLI, J. A dinâmica das inundações no Pantanal. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO ECONÔMICOS DO PANTANAL. 1., 1984, Corumbá. **Anais...** Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. p.51-61. (EMBRAPA-CPAP. Documentos, 5).
- ALABASTER, J.S.; LLOYD, R. *Water quality criteria for freshwater fish*. 2 ed. London: FAO/Butterworth Scientific, 1982. 361p.
- ALHO, C.J.R.; LACHER JR., T.E.; GONÇALVES, H.C. Environmental degradation in the Pantanal Ecosystem. *Bioscience*, v.38, n.3, p. 164-171, 1988.
- AMARAL FILHO, Z. P. Solos do Pantanal Mato-Grossense. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO ECONÔMICOS DO PANTANAL. 1., 1984, Corumbá. **Anais...** Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. p.91-104. (EMBRAPA-CPAP. Documentos, 5).
- APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington: APHA/AWWA/WPCF, 1985. 1268p.
- BAYLEY, P.B. Aquatic Environments in the Amazon Basin, with an analysis of carbon sources, fish production, and yield. In: DODGE, D.P. (ed.) *Proceedings of the International Large River Symposium. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Science. 106*. p. 399-408, 1989.
- BAYLEY, P.B. The flood pulse advantage and restoration of river-floodplain systems. *Regulated Rivers: Research & Management, vol. 6*: 75-86, 1991.
- BONETTO, A.A.; CORDIVIOLA DE YUAN, E.; PIGNALBERI, C.; OLIVEROS, O. Ciclos hidrológicos del Rio Paraná y las poblaciones de peces contenidas en las cuencas temporarias de su valle de inundación. *Physis*, v.29, n.78, p.213-223, 1969.

- BONETTO, A.A.; CANON VERON, M.; ROLDAN, D. Nuevos aportes al conocimiento de las migraciones de peces en el Rio Paraná. *ECOSUR*, v.8, n.16, p.29-40, 1981.
- BRASIL. Ministério do Interior. *Estudos de Desenvolvimento Integrado da Bacia do Alto Paraguai (EDIBAP)*: Relatório da 1ª Fase. Descrição física e recursos naturais. Brasília, DF. 1979. t.2.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. *Projeto RADAMBRASIL*. Rio de Janeiro. 1982. 448 p. (Levantamento de Recursos Naturais, 27).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Meteorologia. *Normais Climatológicas* (1961-1990). Brasília, 1992. 84 p.
- BRINKMANN, W.L.F.; SANTOS, U. de M. Heavy fish-kill in unpolluted floodplain lakes of central Amazonia, Brazil. *Biological Conservation*. V.5, p.146-147, 1973.
- BRITSKI, H.A.; SILIMON, K.Z.S.; LOVES, B.S. *Manual de identificação dos peixes do Pantanal*. EMBRAPA. Brasília: EMBRAPA-SPI, no prelo.
- BROWN, T.E.; MORLEY, A.W.; SANDERSON, N.T.; TAIT, R.D. Report of a large fish kill resulting from natural acid water conditions in Australia. *Journal Fish Biology*. v.22, p.335-350, 1983.
- CADAVID GARCIA, E.A. O clima do Pantanal Mato-Grossense. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1984. 39p. (*EMBRAPA-CPAP. Circular Técnica, 14*).
- CALHEIROS, D.F.; FERREIRA, C.J.A.; PELLEGRIN, A.O.; SILVA, R.A.S. et al. Determinação das causas de mortandade de peixes no Pantanal. EMBRAPA-CPAP. Relatório Interno. Datilografado. 24p, 1991.
- CALHEIROS, D.F.; FONSECA Jr., W.C. Perspectivas de estudos ecológicos sobre o Pantanal. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1996. 41p. (EMBRAPA-CPAP. Documentos, 18).

- CALHEIROS, D.F.; HAMILTON, S.K. Limnological conditions associated with natural fish kills in the Pantanal wetland of Brazil. *Verh. Internat. Verein. Limnol*, no prelo.
- CALHEIROS, D.F.; SEIDL, A.; FERREIRA, C.J.A. Conhecimento empírico de uma comunidade ribeirinha no rio Paraguai sobre o fenômeno natural de mortandade de peixes no Pantanal. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL: MANEJO E CONSERVAÇÃO, 2., 1996, Corumbá. *Anais...*, no prelo.
- CAMPOS, Z. M. da S. *Fecundidade das fêmeas, sobrevivência dos ovos e razão sexual de filhotes recém-eclodidos de Caiman crocodilus yacare (Crocodilia, Alligatoridae) no Pantanal, Brasil*. Manaus: FUA-INPA. Manaus - AM, 1991. 61p. Dissertação Mestrado.
- CARVALHO N.O. Hidrologia da Bacia do Alto Paraguai. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO ECONÔMICOS DO PANTANAL. 1., 1984, Corumbá. *Anais...* Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986, p.43-49. (EMBRAPA-CPAP. Série Documentos, 5).
- CATELLA, A.C. *Estutura da comunidade e alimentação dos peixes da Baía da Onça, uma lagoa do Pantanal do rio Aquidauana*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1992. 215p. Dissertação Mestrado.
- CORDIVIOLA DE YUAN, E. Fish populations of lentic environments of the Parana River. *Hydrobiologia*, v.237, p.159-173, 1992.
- CORDIVIOLA DE YUAN, E.; PIGNALBERI, C. Fish populations in the Parana River. 2. Santa Fe and Corrientes Areas. *Hydrobiologia*, v.77, p.261-272, 1981.
- DA SILVA, C. J. Nota prévia sob o significado biológico dos termos usados no Pantanal Mato-Grossense I -" Batume" e "Diquada". *Revista da Universidade Federal de Mato Grosso*. n.2, p. 30-36, 1984.

- DA SILVA, C.J. *Influência da variação do nível da água sobre a estrutura e funcionamento de uma área alagável do Pantanal Matogrossense (Pantanal de Barão de Melgaço, Municípios de Santo Antônio de Leverger e Barão de Melgaço - MT)*. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. 1990. 215p. Tese Doutorado.
- FERRAZ DE LIMA, J.A.; CONCEIÇÃO, P.N.; FERRAZ DE LIMA, C.L.B. Considerações sobre um fenômeno de auto-poluição no Pantanal de Mato Grosso. *Relatório*. [s.l.]: [s.n.], s.d. 9p. Datilografado.
- GALDINO, S.; CLARKE, R.T. Levantamento e estatística descritiva dos níveis hidrométricos do rio Paraguai em Ladário, MS - Pantanal. Período 1900/1994. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1995, 72p. (EMBRAPA-CPAP, Documentos, 14).
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. *Methods for physical and chemical analysis of freshwaters*. 2.ed. Oxford: Blackwell, 1978. 213p. (IBP Handbook, 8).
- GRAN, G. Determination of the equivalence point in potentiometric titrations. Part II. *Analyst*. v.77, p.661-671, 1952.
- GUERRINI, V. *Bacia do alto rio Paraguai; estudo climatológico*. Brasília: EDIBAP/SAS, 1978. 60p.
- HAMILTON, S.K. *Aquatic biogeochemistry of the Orinoco river floodplain (Venezuela) and the Pantanal wetland (Brazil)*. Santa Barbara, CA: University of California, 1994. 236p. Tese Doutorado.
- HAMILTON, S.K.; SIPPEL, S.J.; CALHEIROS, D.F.; MELACK, J.M. Effects of the Pantanal wetland on biogeochemistry of Paraguay river. *Limnology and Oceanography*, no prelo.

- HERMAN, R.L. The role of infectious agents in fish kills. In: MEYER, F.P.; BARCLAY, L.A., eds., *Field manual for the investigation of fish kills*. [s.l.]: United States Department of Interior, 1990. p.45-56. (USDI. Resource Publication, 117).
- HERMAN, R.L.; MEYER, F.P. Fish kills due to natural causes. In: MEYER, F.P.; BARCLAY, L.A., eds., *Field manual for the investigation of fish kills*. [s.l.]: United States Department of Interior, 1990. P.41-44. (USDI. Resource Publication, 117).
- HOLETON, G.F. Oxygen as an environmental factor of fishes. In: ALI, M.A., ed., *Environmental Physiology of Fishes*. New York: Plenum Press, 1980. p.7-32.
- HUNN, J.B.; SCHNICK, R.A. Toxic substances. In: MEYER, F.P.; BARCLAY, L.A., eds., *Field manual for the investigation of fish kills*. [s.l.]: United States Department of Interior, 1990. P.19-40. (USDI. Resource Publication, 117).
- INALI. *Mortandad de Peces en Rio Salado del Norte (Informe Técnico)*. CONICET. Santo Tomé, Argentina: CONICET, 1995. 127p.
- JUNK, W.P.; BAYLEY, P.B. The flood pulse concept in river-floodplain systems. In: DODGE, D.P., ed. *Proceedings of the International Large River Symposium. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Science*. V.106, p.110-127, 1989.
- KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. **Methods of seawaters analysis**. New York: Verloy, 1976. p.117-181.
- KUSHLAN, J.A. Effects of a natural fish kill on the water quality, plankton, and fish population of a pond in the Big Cypress Swamp, Florida. *Trans. Amer. Fish. Soc.* V.2, p.235-243, 1974.
- LAGLER, K.F. *Ichthyology*. 2.ed.. New York: J. Wiley, 1977. 506 p.

- MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. **Water analysis: Some revised methods for limnologists.** [s.l.]: Freshwater Biological Association, 1978. 121p. (Scient. Publ., 36).
- MARKER, A.F.H.; NUSH, E.A.; RAI, H.; RIENMANN, B. The measurement of photosynthetic pigments in freshwaters and standartization of methods: Conclusions and recomendations. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* v.14, n.1-2, p. 91-106, 1980.
- MAURO, R. de A. *Abundância e padrão de distribuição de cervo-do-pantanal *Blastocerus dichotomus* (Illiger, 1815), no Pantanal Mato-Grossense.* Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1993. Dissertação Mestrado.
- MURPHY, J.; RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta.* v. 27. p.31-36, 1962.
- MURTY, A.S. *Toxicity of pesticides to fish.* (v.2). 3 ed., Boca Raton: CRC Press, 1988. 143p.
- NEIFF, J.J. Ideas para la interpretacion ecologica del Paraná. *Interciencia*, v.15, n.6, p.424-441, 1990.
- PAIVA, M.P. Aproveitamento de recursos faunísticos do Pantanal de Mato Grosso: pesquisas necessárias e desenvolvimento de sistemas de produção mais adequados à região. Brasília: EMBRAPA-DDT, 1984. 71p. (EMBRAPA-DPP. Documentos, 7).
- PELLEGRIN, A.O.; CALHEIROS, D.F.; COSTA, M.S. Bacterial pathogens associated with natural fish mortality in Paraguay river, Pantanal, Mato Grosso do Sul State - Brazil. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MICROBIAL ECOLOGY, 7., 1995, Santos. **Proceedings...** SANTOS, SP: s.n., 1995. P.212.
- PETTS, G.E. Regulation of large rivers: Problems and possibilities for environmentally-sound river development in South America. *Interciencia*, v.15, n.6, p.388-395, 1990.

- RESENDE, E.K. de; CATELLA, A.C.; NASCIMENTO, F.L.; PALMEIRA, S. da S.; PEREIRA, R.A.C.; LIMA, M. de S.; ALMEIDA, V.L.L. de. *Biologia do Curimbatá (Prochilodus lineatus), Pintado (Pseudoplatistoma corruscans) e Cachara (Pseudoplatistoma fasciatum) na bacia hidrográfica do rio Miranda, Pantanal do Mato Grosso do Sul, Brasil*. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1995. 75p. (EMBRAPA-CPAP. Boletim de Pesquisa, 2).
- RESENDE, E.K. de; FERREIRA, C.J.A.; CALHEIROS, D.F.; NASCIMENTO, F.L. Alterações na qualidade da água durante a mortandade de peixes no rio Paraguai, Pantanal Mato-Grossense. CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 3., 1990, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Limnologia/UFRGS, 1990. P.183.
- RESENDE, E.K. de; MOURÃO, G.M. Relatório de mortandade de peixes ocorrida no rio Paraguai - Período 27/02 a 05/03/87. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1987. 9p. **Relatório Interno**. Datilografado.
- SILVA, J.S.V.; ABDON, M.M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília. (no prelo).
- SMART, G.R. Aspects of water quality producing stress in intensive fish culture. In: PICKERING, A.D., ed., **Stress and Fish**. London: Academic Press, 1981. p.277-293.
- TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. The "Pantanal" wetlands at western Brazil. In: SAIJO, Y., TUNDISI, J.G., eds. **Limnological Studies in Central Brazil - Rio Doce Valley Lakes and Pantanal Wetland (1 st. Report)**. Nagoya: Nagoya University, 1985. p.177-188.
- US-EPA. United States - Environmental Protection Agency. **Water Quality Criteria**. Washington, 1972. 408p.

US-EPA. United States - Environmental Protection Agency. *Quality Criteria for Water 1986 (EPA 440/5-86-001)*. Washington, 1987. 468p.

VALDERRAMA, J.C. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry*, v.10, p.109-122, 1981.

VIEIRA, L.M. *Avaliação dos níveis de mercúrio na cadeia trófica como indicador de sua biomagnificação em ambientes aquáticos da região do Pantanal*. São Carlos, SP: Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 1991. 208p. Tese Doutorado.

WELCOMME, R.L. *River Fisheries*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1985. 330p. (FAO. Fisheries Technical Paper , 262).

WETZEL, R. G.; LIKENS, G.E. *Limnological Analyses*. 2 ed. New York: Springer-Verlag, 1991. 391p.