



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E
GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

Renato Cáceres Martins

ANÁLISE ESPAÇO-SAZONAL DAS CARACTERÍSTICAS
LIMNOLÓGICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
MIRANDA

CAMPO GRANDE – MS
2013



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E
GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

Renato Cáceres Martins

**ANÁLISE ESPAÇO-SAZONAL DAS CARACTERÍSTICAS
LIMNOLÓGICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
MIRANDA**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Kennedy Francis Roche

Aprovada em: 19 de Julho de 2013.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Kennedy Francis Roche
Orientador – UFMS

Prof. Dr. Giancarlo Lastoria
UFMS

Prof. Dr. Vinícius de Oliveira Ribeiro
IFMT

CAMPO GRANDE – MS
2013

DEDICATÓRIA

A todos aqueles que buscam transformar seus sonhos em realidade...

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que iluminou meu caminho durante essa caminhada, por não ter me deixado desistir e principalmente por ter me oferecido o privilégio de conquistar mais esta etapa em minha vida;

À minha família, que me apoiou em todos os momentos;

A aqueles que sempre estiveram ao meu lado, dando força e conselhos, em especial a minha namorada Ellen, a todos os meus amigos e colegas de percurso, dos quais muitos além de compartilharem a graduação também caminharam junto comigo durante todo o mestrado;

Ao meu orientador Professor Kennedy pelos anos de dedicação a minha formação.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram e torceram pela concretização deste trabalho.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

(Arthur Schopenhauer)

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	ii
AGRADECIMENTOS	iii
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO 1 – Introdução geral	1
A qualidade da água e a bacia hidrográfica	1
A Bacia Hidrográfica do Rio Miranda.....	2
Referências.....	3
CAPÍTULO 2 – Análise espaço-sazonal das características limnológicas na Bacia Hidrográfica do Rio Miranda	4
Introdução	4
A qualidade da água na Bacia.....	7
Conclusões	16
Referências.....	17

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Bacia Hidrográfica do Rio Miranda.....	3
Figura 2. Distribuição espacial dos pontos de amostragem.	8
Figura 3. Variação Anual das Cotas nos pontos C01, C02 e C03 entre 1994 e 2007	9
Figura 4. Variação da Temperatura ao longo dos Rios Aquidauana e Miranda entre 1994 e 2007	11
Figura 5. Variação do OD ao longo dos Rios Aquidauana e Miranda entre 1994 e 2007.	11
Figura 6. Variação a DBO ao longo dos Rios Aquidauana e Miranda entre 1994 e 2007.....	12
Figura 7. Variação a DQO ao longo dos Rios Aquidauana e Miranda entre 1994 e 2007.....	12
Figura 8. Variação de pH ao longo dos Rios Aquidauana e Miranda entre 1994 e 2007	13
Figura 9. Variação da Turbidez ao longo dos Rios Aquidauana e Miranda entre 1994 e 2007.....	14
Figura 10. Variação dos Sólidos Totais ao longo dos Rios Aquidauana e Miranda entre 1994 e 2007	14
Figura 11. Variação do Fósforo Total ao longo dos Rios Aquidauana e Miranda entre 1994 e 2007	15
Figura 12. Variação do Nitrogênio Total ao longo dos Rios Aquidauana e Miranda entre 1994 e 2007	15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Pontos de amostragem analisados.	7
Tabela 2. Tabela de classificação do IET (P) segundo Lamparelli (2004).....	9
Tabela 3. Comparação dos valores médios das variáveis nos períodos de cheia e de seca, utilizando o teste t.....	10
Tabela 4. Classificação do grau de trofia nos rios Miranda e Aquidauana segundo a metodologia proposta por Lamparelli (2004).....	16

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA - Agência Nacional de Água

BAP - Bacia do Alto Paraguai

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO - Demanda Química de Oxigênio

EUA - Estados Unidos da América

IET - Índice de Estado Trófico

IQA - Índice de qualidade de Água

OD - Oxigênio Dissolvido

pH - Potencial Hidrogeniônico

SEMAC-MS - Secretaria do Meio Ambiente, do Planejamento, das Ciências e da Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul

UNT - Unidade Nefelométrica de Turbidez

RESUMO

Martins, R. C. (2013). *Análise espaço-sazonal das características limnológicas na Bacia Hidrográfica do Rio Miranda Campo Grande, 2013. 30p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.*

O objetivo deste estudo é a análise das características limnológicas na Bacia Hidrográfica do Rio Miranda quanto a sua sazonalidade e espacialidade. Apresentando a variação dos indicadores analisados de acordo com os períodos e pontos onde se procederam às análises. Os dados de qualidade de água de 9 (nove) pontos de amostragem, provenientes dos relatórios das águas Superficiais da Bacia do alto Paraguai e obtidos através do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, foram segregados por estação de amostragem e ainda em períodos de cheia e de estiagem. A partir desses dados foram realizados testes estatísticos, construção gráfica e determinação do índice de estado trófico com base no parâmetro fósforo total. Com exceção da variável pH, todos os parâmetros apresentaram diferenças estatisticamente comprovadas quando comparados os períodos analisados. Houve aumento nas concentrações de oxigênio dissolvido de montante a jusante dos cursos d'água analisados. Com base nas concentrações de fósforo total, foi possível determinar o grau de trofia dos rios nos pontos sob análise, sendo classificados predominantemente como mesotróficos. OD e DBO apresentaram explícita variabilidade sazonal e espacial e parâmetros de ordem física tiveram variações distinguíveis quanto a sazonalidade, principalmente devido a influência da temperatura ambiente como a quantidade de precipitação e aumento na vazão. As informações levantadas neste estudo servirão como base para o público em geral assim como para o gerenciamento dos recursos hídricos, podendo ser utilizadas na previsão de futuros cenários de mudanças na qualidade da água da bacia, dando suporte para trabalhos que visem a melhoria na qualidade e a conservação destes recursos.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica, sazonalidade, espacialidade, parâmetros de qualidade de água, grau de trofia.

ABSTRACT

Martins, R. C. (2013). *Spatial and seasonal analysis of limnological characteristics of the Miranda River Watershed*. Campo Grande, 2013. 32p. Masters Dissertation – Federal University of Mato Grosso do Sul, Brazil (in Portuguese).

The aim of this study was to analyze limnological characteristics of the Miranda River Watershed with regard to their seasonal and spatial dynamics. The water quality data of nine sampling points, obtained from the National Information System on Water Resources, were segregated by sampling station and dry and wet periods. With the exception of pH, all parameters showed statistically significant differences between the dry and wet periods. There was an increase in dissolved oxygen concentrations from upstream to downstream of the rivers analyzed. Based on the concentrations of total phosphorus, the trophic state was found to be predominantly mesotrophic. DO and BOD showed strong spatial and seasonal variability, mainly due to the influence of temperature and the amount of precipitation and changes in flow. The information gathered in this study should be useful for the general public as well as for water resource managers, in forecasting future scenarios of changes in water quality of the basin, and in designing attempts to improve and conserve the water resources of this basin.

Keywords: watershed, seasonality, spatiality, water quality parameters, trophic level.

1. Introdução Geral

Este trabalho apresenta os resultados da análise de diversos parâmetros limnológicos na Bacia Hidrográfica do Rio Miranda quanto ao seu comportamento espaço-sazonal. Estes resultados são apresentados no capítulo 2 – “Capítulo 2 – Análise espaço-sazonal das características limnológicas na Bacia Hidrográfica do Rio Miranda” e que será incorporado como um dos capítulos do livro intitulado "Índice de Qualidade da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda (MS): bases ecológicas para a gestão integrada dos recursos naturais".

1.1. A qualidade da água e a bacia hidrográfica

O decréscimo da quantidade e a deterioração da qualidade da água doce associado ao crescimento da demanda não tem sido uma equação fácil de ser resolvida. Garantir o acesso das futuras gerações a nossa rica diversidade está cada vez mais difícil.

As características da água em uma bacia hidrográfica dependem de diversos fatores como precipitação, geologia, topografia, vegetação e atividades antrópicas. Essas características podem ser traduzidas através de parâmetros físicos, químicos e biológicos. O monitoramento da qualidade da água utilizando parâmetros gera uma grande quantidade de dados então é comum a construção de índices para agregar essas informações facilitando a interpretação, dos quais, podemos destacar o Índice de Qualidade de Água (IQA) e o Índice de Estado Trófico.

A qualidade da água a jusante ou montante de um ponto, de um mesmo corpo d'água normalmente apresentam tendência similar. A maioria dos estudos ignorava o viés potencial de dependência espacial ou apenas utilizavam um número limitado de bacias hidrográficas (Chang, 2008). Porém, a identificação de padrões espaciais e sazonais deve ser elencada nos estudos que compreendem tais corpos hídricos.

E sendo a poluição aquática é um problema crescente, tendo como formas principais a matéria orgânica, enriquecimento com nutrientes (eutrofização), acumulação de materiais tóxicos, acumulação de sedimentos, e acidificação (Abel, 1989).

Desta forma, tem-se que a relação entre as concentrações de nitrogênio e fósforo é de grande importância para identificar o nutriente limitante. Esta identificação é de importância porque, quando o nitrogênio é limitante, as cianobactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico

(como *Anabaena* e *Aphanizomenon*) são favorecidas (Tilman et al. 1982). Também, no gerenciamento de eutrofização, a identificação do nutriente limitante pode subsidiar a escolha de estratégias de controle do problema via diminuição ou remoção dos nutrientes entrando do sistema.

1.2. A Bacia Hidrográfica do Rio Miranda

Nas últimas décadas, a expansão das atividades antrópicas relacionadas à agropecuária, à agroindústria, à extração mineral e ao lançamento de efluentes urbanos e industriais promoveu impactos expressivos em toda a Bacia do Alto Paraguai (BAP), com o aumento dos processos erosivos nos rios, aumentando por sua vez o transporte de material em suspensão, e o aporte de carga orgânica e de pesticidas (PCBAP 1997).

A Bacia Hidrográfica do Rio Miranda (Figura 1) é uma sub-bacia da bacia do Alto Paraguai (BAP), que por sua vez faz parte do Pantanal e do sistema Paraguai-Paraná de áreas úmidas.

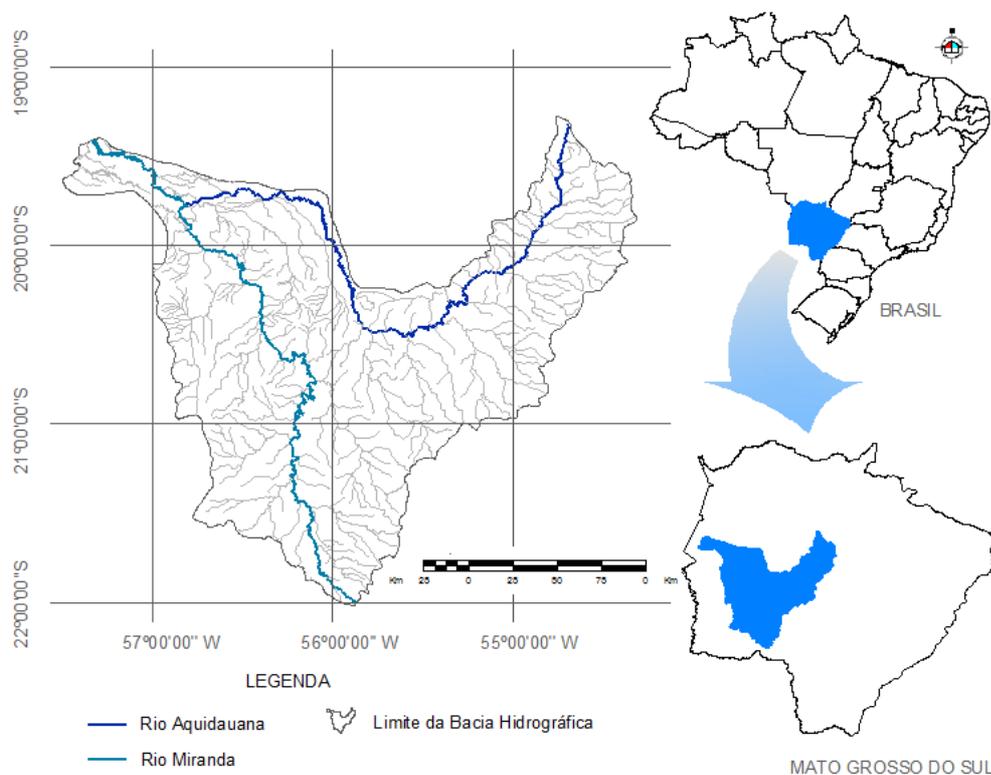


Figura 1. Bacia Hidrográfica do Rio Miranda. Fonte: dados vetoriais a partir de Speranza & Silva (2011).

Apresenta uma área de 43.303 km², dos quais 22.050 km² pertencem à área de drenagem do Rio Miranda e 21.253 km² à do seu afluente principal, o Rio Aquidauana, compondo cerca de 12% da BAP, englobando a área de 23 municípios de Mato Grosso do Sul, representando em torno de 12% da área do Estado. A maioria dos 23 municípios (65%) possui seu núcleo urbano na bacia (Pereira et al. 2004). Tem como principais afluentes os rios Aquidauana, Nioaque e Santo Antônio na margem direita, e os rios Salobra, Chapeña, Formoso e Prata, na margem esquerda sendo que a área da planície de inundação da bacia é de cerca de 12.224 km² (Hamilton et al. 1996).

1.3. Referências

ABEL, P. B. **Water Pollution Biology**. John Wiley & Sons, Chichester. 1989.

CHANG, H. **Spatial analysis of water quality trends in the Han River basin, South Korea**. Water Research. v. 42, n. 13, p. 3285-3304, 2008.

PCBAP. **Plano de conservação da bacia do Alto Paraguai: Análise integrada e prognóstico da bacia do Alto Paraguai**. Brasília: Programa Nacional do Meio Ambiente (PNMA), v3. 369p. 1997.

TILMAN, D.; KILHAM S. S. & KILHAM P. **Phytoplankton community ecology: the role of limiting nutrients**. Ann. Rev. Ecol. Syst. 13: 349-372. 1982.

ANÁLISE ESPAÇO-SAZONAL DAS CARACTERÍSTICAS
LIMNOLÓGICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRANDA

Renato Cáceres Martins

Kennedy Francis Roche

Introdução

A qualidade da água é representada por um conjunto de características intrínsecas, características do próprio corpo receptor, geralmente mensuráveis. O conjunto de todos os elementos que a compõe assegura determinado uso ou o conjunto de usos, bem como permite o estabelecimento de padrões de qualidade e classificação da água (Derisio, 2000).

As pesquisas destinadas a analisar a qualidade da água estão focadas principalmente nas águas superficiais, pois estas são as principais fontes de abastecimento, recreação, agricultura e paisagismo (Peixoto et al., 2003). A qualidade destas águas superficiais constitui um importante fator no diagnóstico da bacia hidrográfica e atua como um parâmetro indicador dos impactos do uso e ocupação do solo (Margalef, 1983).

A identificação de padrões de mudança de variáveis limnológicas é de vital importância para o monitoramento da qualidade de água. A expansão das atividades antrópicas, principalmente em setores como a agropecuária, a agroindústria, a extração mineral e o lançamento de efluentes urbanos, tem promovido impactos significativos em toda a Bacia do Alto Paraguai (BAP) nas últimas décadas, com aumento de processos erosivos ao longo dos rios, o que, por sua vez, provoca um acréscimo nos índices de material em suspensão, na carga orgânica e no aporte de pesticidas (PCBAP, 1997).

A poluição aquática é um problema crescente, tendo como formas principais a matéria orgânica, enriquecimento com nutrientes (eutrofização), acumulação de materiais tóxicos, acumulação de sedimentos, e acidificação (Abel 1989). Sendo que, na parte Centro-Oeste do Brasil, os principais problemas parecem ser eutrofização, poluição orgânica, e acumulação de sedimentos e materiais tóxicos.

A eutrofização pode ser natural ou acelerada, quando tem origem antropogênica, e em termos gerais pode ser definida como o processo de enriquecimento por nutrientes de um corpo d'água, ocasionando o excessivo crescimento de macrófitas aquáticas e/ou algas

(Esteves 1998). Os principais nutrientes responsáveis pelo processo são o fósforo e o nitrogênio e as principais fontes de nitrogênio e fósforo são: dissolução de compostos do solo, decomposição da matéria orgânica, esgotos domésticos e industriais, fertilizantes, detergentes, e excrementos animais (Braga et al., 1998).

O estado trófico de um corpo de água se refere a sua carga de nutrientes e a sua fertilidade. Com base nessas características eles podem se encontrar no estado eutrófico, mesotrófico e oligotrófico. A crescente urbanização junto com o desenvolvimento das atividades agrícolas e o lançamento de efluentes tem acelerado o processo natural de eutrofização, encurtando a vida útil dos vários corpos d'água receptores (Andreoli & Carneiro 2005).

Visando acompanhar este fenômeno, vários autores estabeleceram modelos simplificados e Índices de Estado Trófico, que em geral adotam três variáveis: clorofila a, transparência (Disco de Secchi) e fósforo total (Toledo et al., 1983).

Estes índices são dinâmicos, sua concepção permite que os corpos d'água mudem de classificação de trofia ao longo do tempo. Sua principal função é auxiliar no diagnóstico do processo de eutrofização. Atualmente, o Índice de Estado Trófico mais utilizado tanto no âmbito institucional como acadêmico no Brasil, é o índice clássico introduzido por Carlson (1977) e modificado por Toledo et al. (1983) e Lamparelli (2004) que, alteram as expressões originais para adequá-las a realidade de ambientes tropicais.

Em condições naturais, as concentrações e fluxos de material em suspensão em rios têm estreita relação com a vazão (Restrepo e Kjerfve, 2000). Com o aumento da vazão, há uma intensificação da velocidade de escoamento fluvial, possibilitando maior capacidade de transporte e erosão das margens, incrementando dessa forma, o material particulado e dissolvido transportado. Além disso, em bacias hidrográficas sujeitas a inundação sazonal, como a do Rio Miranda, o processo de adentramento das águas às áreas adjacentes durante o período de cheia e posterior escoamento das mesmas durante o período de seca também é responsável por considerável incremento de sólidos na calha principal do rio.

Porem, fatores antrópicos, como o uso do solo e a retirada da cobertura vegetal natural, dependendo da sua magnitude e intensidade, tendem a alterar a dinâmica natural de sedimentos em uma bacia e seu transporte para o ambiente fluvial, sendo as relações de parâmetros morfológicos e da vazão sobre a produção de material em suspensão também são

consideravelmente alteradas em função dos impactos antrópicos (Halim, 1991; Souza e Knoppers, 2003).

Segundo Molozzi et al. (2006), os parâmetros de qualidade de água são ferramentas muito importantes e fundamentais na avaliação de impactos causados por atividades humanas sobre o meio ambiente.

Sendo assim, a análise de variáveis como Oxigênio Dissolvido, DBO, DQO, Sólidos Totais, Turbidez, pH, Nitrogênio e Fósforo Totais é importante para se ter idéia das interferências humanas na região, como a expansão das cidades e da fronteira agrícola. Com base nestas variáveis pode-se detectar a influência de novos defensivos usados na agricultura, lançamento de efluentes domésticos e industriais e outras fontes pontuais e difusas.

Almeida e Schwartzbold (2003) observam dois fatores relevantes que interferem na qualidade da água de um rio: o espacial e o sazonal. O fator espacial está associado à localização geográfica dos usos impactantes como as áreas agrícolas, indústrias e centros urbanos ou mesmo mecanismos naturais. Já o fator sazonal está associado às variações de pluviosidade e vazão, que interferem em variáveis como pH, turbidez, sólidos totais e em suspensão. A intensidade das alterações no solo e na água tem sua magnitude e abrangência reguladas pelo tipo de atividade desenvolvida e pela forma como é conduzida.

No estado de Mato Grosso do Sul, uma das mais importantes bacias hidrográficas e também uma das que mais sofre alterações causadas pela ação do homem é a bacia do Rio Miranda, composta por este e outros rios importantes do estado, entre eles, o Rio Aquidauana, seu principal afluente, que tem sua nascente na região central do estado, a qual possui grandes áreas de cultivos diversos, assim como grande potencial pecuário.

Em toda sua extensão, a bacia também compreende a região do Pantanal que segundo Abdon (2004), como outras áreas úmidas do mundo, sofre diversos tipos de pressão em função do desenvolvimento das regiões ao seu redor. Circundado por planaltos, sofre influências negativas advindas das alterações ambientais que lá ocorrem. Os principais tipos de pressão são produzidos pela agropecuária (agroquímicos, desmatamento, erosão e assoreamento), por construções civis (barragens, diques, estradas), por efluentes domésticos, por mineração (mercúrio, erosão e assoreamento) e por indústrias (poluição química e térmica).

A qualidade da água na Bacia

Para avaliar estes aspectos de qualidade na Bacia Hidrográfica do Rio Miranda, foram selecionados dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Alto Paraguai, publicados pela Secretaria do Meio Ambiente, do Planejamento, das Ciências e da Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (SEMAC-MS, 1994-2007), que realiza campanhas de monitoramento da qualidade da água em toda a BAP por meio de uma Rede Básica de Monitoramento da Qualidade das Águas e que visa à mensuração das variáveis relacionadas à determinação do Índice de Qualidade de Água - IQA, do National Sanitation Foundation (EUA), adaptado pela CETESB, com o intuito principal de monitorar a qualidade de água. Tais dados também estão disponíveis em meio digital pela plataforma Hidroweb, da Agência Nacional de Águas – ANA.

Desta forma, foram organizados em função do ponto de amostragem conforme (Tabela 1), e distribuídos espacialmente (Figura 2), compreendendo o intervalo de tempo dos anos de 1994 a 2007 para os dois principais rios da bacia hidrográfica, separando assim duas frentes, uma correspondente ao Rio Aquidauana e outra ao Rio Miranda, e também admitidos pontos ao longo dos rios principais que possuíssem informações do nível dos mesmos.

Tabela 1. Pontos de amostragem analisados.

Pontos de Amostragem – Qualidade da Água			
Rio Miranda		Rio Aquidauana	
Ponto	Localização	Ponto	Localização
M01	Ponte Rodovia BR-060	A01	Rochedo-Corguinho
M02	Ponte Rodovia MS-345	A02	Jusante da Ponte do Grego
M03	Ponte Rodovia BR-262	A03	Montante de Taguarussu
M04	Jusante foz Rio Aquidauana	A04	Montante foz Rio Aquidauana
M05	Foz do Rio Miranda		

Pontos de Amostragem – Cotas de Nível			
Rio Miranda		Rio Aquidauana	
Ponto	Localização	Ponto	Localização
C01	Estrada MS-345	C03	Ponte do Grego
C02	Tiçõ de fogo		

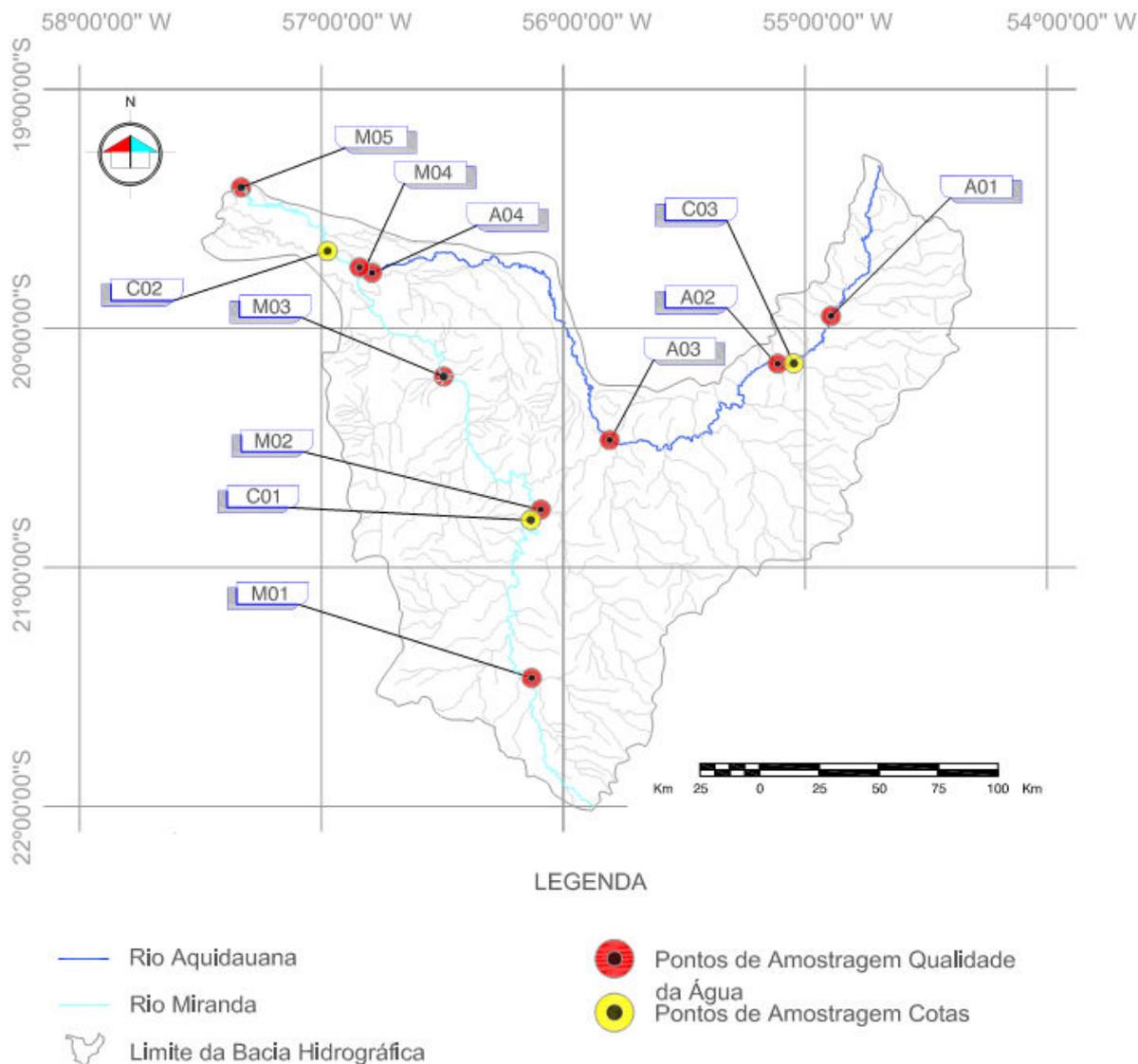


Figura 2. Distribuição espacial dos pontos de amostragem. Fonte: dados vetoriais a partir de Speranza e Silva (2011).

Ao observar o padrão de variação destas cotas (Figura 3), as análises foram divididas em dois períodos: cheia (de novembro a abril) e seca (de maio a setembro), sendo utilizadas as médias simples dos meses que compõem cada período para a caracterização dos mesmos e posterior análise espaço-sazonal do comportamento das variáveis Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio Total, Fósforo Total, Sólidos Totais (Suspensos + Dissolvidos), Temperatura, pH e Turbidez.

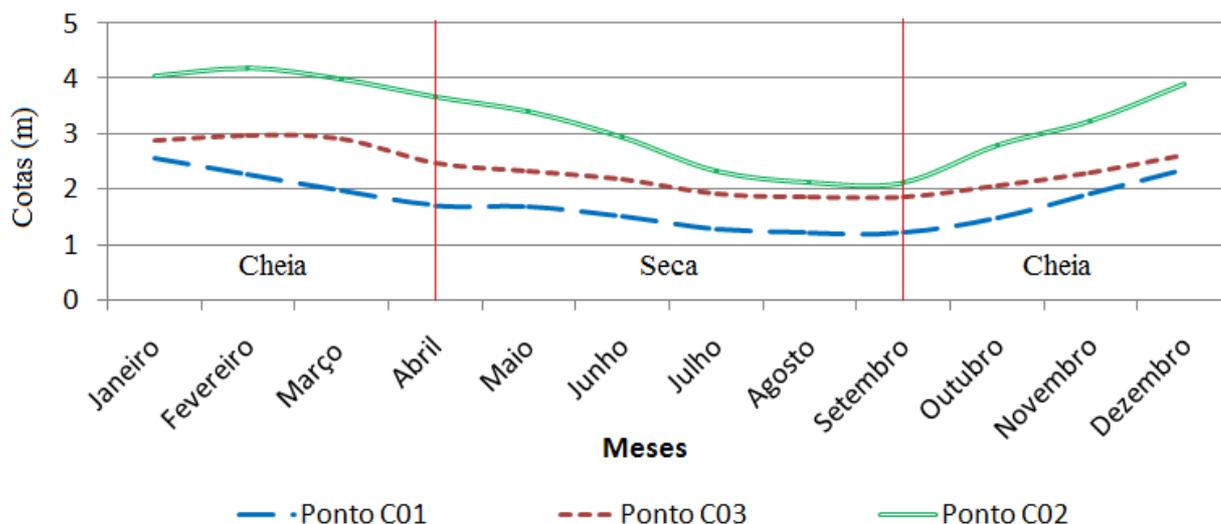


Figura 3. Variação Anual das Cotas nos pontos C01, C02 e C03 entre 1994 e 2007.

Posto os dados de Fósforo Total, também foi possível a determinação do Índice de Estado Trófico (IET) para tal parâmetro, conforme Lamparelli (2004) que para rios propôs a seguinte equação:

$$IET (P) = 10 \{6 - [0,42 - 0,36 \ln P / \ln 2]\} - 20$$

Onde P = concentração de fósforo total, em $\mu\text{g.L}^{-1}$

Ainda segundo Lamparelli (2004), os limites para os diferentes níveis de estado trófico em rios estão expostos na tabela 2.

Tabela 2. Tabela de classificação do IET (P) segundo Lamparelli (2004).

Critério	Classes de Trofia	Fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
< 52	Oligotrófico	< 35
$52 < x < 59$	Mesotrófico	$35 < x < 137$
$59 < x < 63$	Eutrófico	$137 < x < 296$
$63 < x < 67$	Supereutrófico	$296 < x < 640$
$x > 67$	Hipereutrófico	> 640

Além disso, foi realizado o teste t, para amostras independentes, para avaliar se os parâmetros se comportaram realmente de forma diferente quando considerados os períodos

analisados, sendo utilizado o nível de significância de 0,05. Para realização deste teste foi utilizado o software BioEstat 5.0 (Ayres, 2007).

Em um primeiro momento conforme mostrado na tabela 3, através do teste t, é possível avaliar, se os parâmetros se comportam realmente de forma diferente quando considerados os períodos analisados. Desta forma o parâmetro “p” indica quando as médias comparadas são consideradas diferentes quando “p” menor ou igual a 0,05 ou não quando “p” é maior que 0,05.

Tabela 3. Comparação dos valores médios das variáveis nos períodos de cheia e de seca, utilizando o teste t.

Variáveis	Significância (p)	Conclusão
Temperatura	< 0,0001	Existiram diferenças nos períodos analisados
pH	0,3465	Não existiram diferenças nos períodos analisados
Turbidez	0,0044	Existiram diferenças nos períodos analisados
DBO	0,0081	Existiram diferenças nos períodos analisados
OD	0,0092	Existiram diferenças nos períodos analisados
N. Total	< 0,0001	Existiram diferenças nos períodos analisados
F. Total	0,0017	Existiram diferenças nos períodos analisados
DQO	< 0,0001	Existiram diferenças nos períodos analisados

Na figura 4, é apresentado o gráfico da temperatura nos corpos hídricos analisados ao longo da bacia. Os mesmos mantiveram uma relação padrão quanto a variação sazonal, ou seja, seguiram a tendência da temperatura ambiente, mais elevada durante os períodos de cheia, assim como temperaturas mais amenas durante o período de seca. Na vertente do Rio Aquidauana a temperatura no período de seca se manteve de 3 a 4 graus abaixo da registrada no período de cheia, já na vertente do Rio Miranda, esta variação encontrou-se de 4 a 5 graus Celsius. Observou-se também que ao longo dos corpos hídricos analisados, existiu ligeiro aumento da temperatura conforme os mesmos foram se encaminhando em direção à foz do Rio Miranda.

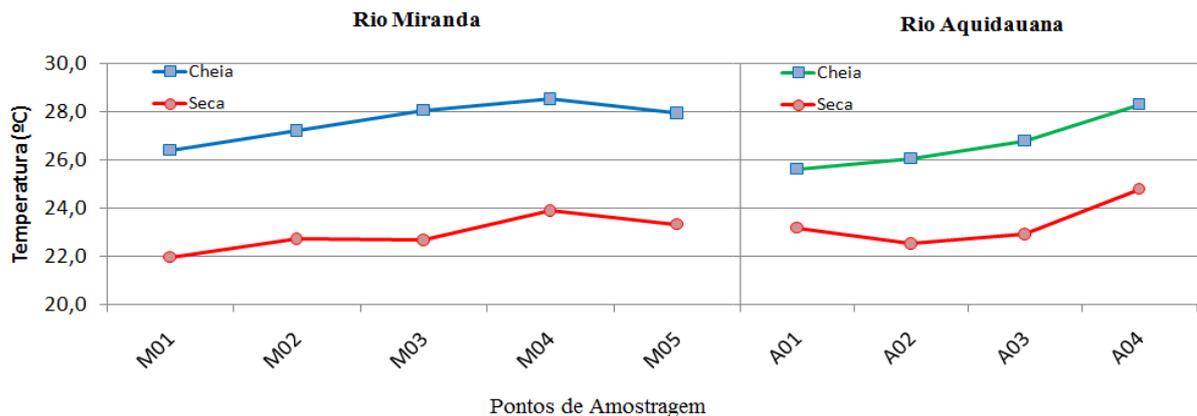


Figura 4. Variação da Temperatura ao longo dos Rios Aquidauana e Miranda entre 1994 e 2007.

O Oxigênio Dissolvido foi representativamente diferente quando comparados os períodos de cheia e seca, apresentando concentrações maiores no segundo (Figura 5), tal tendência também foi evidenciada em diferentes regiões do Brasil, como nos estudos apresentados por Nacchi et al. (1986) e Santi et al. (2012). Isto é ocasionado principalmente devido a grande quantidade de material levado para o leito durante o período de cheia, assim, parte deste material, composto principalmente por matéria orgânica, acaba consumindo o oxigênio disponível na água durante o processo de estabilização. Porém, este aspecto não foi observado no exutório da bacia, onde as concentrações de OD foram praticamente coincidentes para os dois períodos.

Quanto à variação espacial, notou-se que nas duas vertentes houve um decréscimo de concentrações, apresentado também em Mato Grosso do Sul (2008), e que podem ser explicadas pelo incremento de concentrações de matéria orgânica na água.

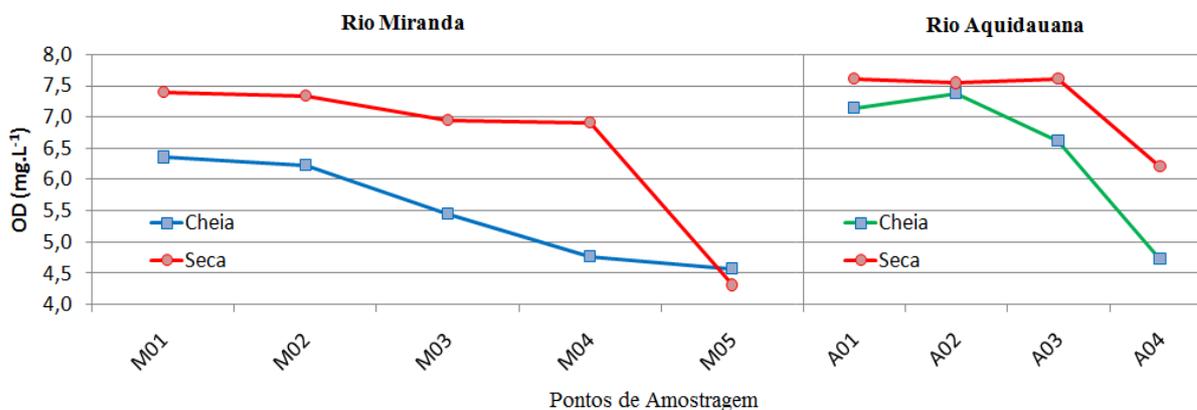


Figura 5. Variação do OD ao longo dos Rios Aquidauana e Miranda entre 1994 e 2007.

Na contramão do Oxigênio Dissolvido, a Demanda Bioquímica de Oxigênio apresentou incremento nas concentrações conforme os cursos d'água se encaminharam até o exutório da bacia, havendo uma maior discrepância quanto aos períodos de cheia e seca para a vertente do Rio Miranda (Figura 6). A exceção, assim como exposto no parâmetro anterior, para a foz do Rio Miranda, onde neste caso, há uma inversão quando comparados os períodos de seca e cheia, esta inversão pode ser explicada possivelmente pela influência das águas do Rio Paraguai, uma vez que nos períodos analisados, conforme apresentado em Mato Grosso do Sul (1996-2004) a concentração da variável OD é usualmente mais alta nos períodos de cheia, assim como a variável DBO apresentou tendência contrária.

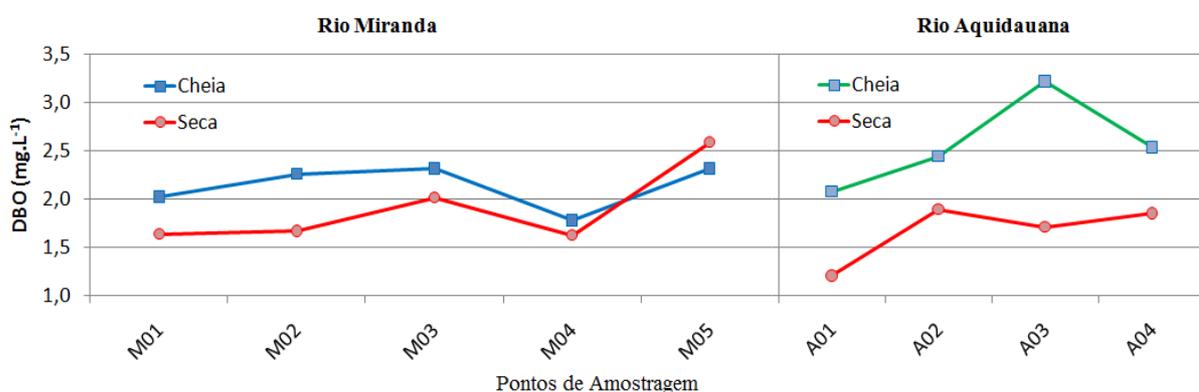


Figura 6. Variação a DBO ao longo dos Rios Aquidauana e Miranda entre 1994 e 2007.

A Demanda Química de Oxigênio apresentou grande diferença em suas concentrações se comparados os períodos de sazonalidade do ano, os períodos de seca expõem valores mais baixos, em média decrescidos de 7 a 10 mg.L⁻¹ em relação aos períodos de cheia, não existindo diferenças significativas quanto a sua variação espacial (Figura 7).

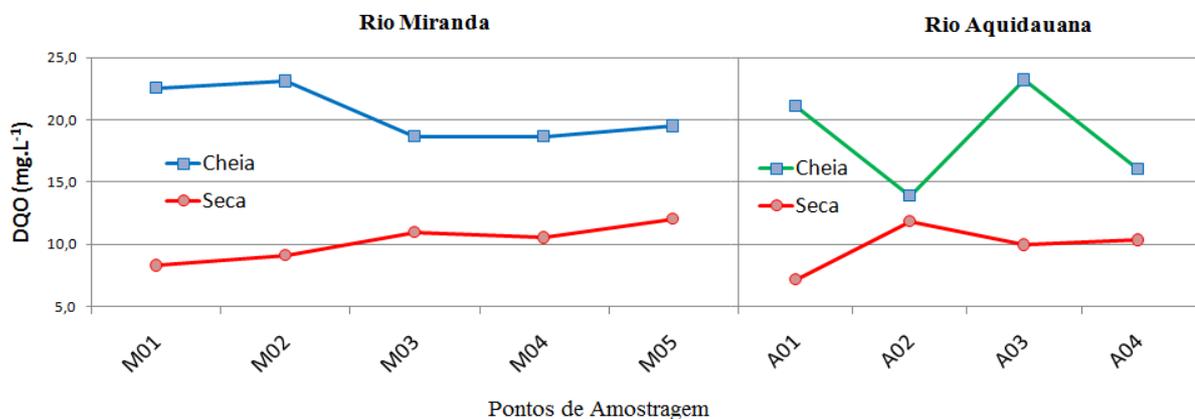


Figura 7. Variação a DQO ao longo dos Rios Aquidauana e Miranda entre 1994 e 2007.

Quando comparadas as curvas de DBO, OD e DQO foi possível observar que a anomalia encontrada na Foz do Rio Miranda não se apresentou neste último parâmetro citado.

O pH dos cursos d'água analisados se mostraram ao nível básico, não havendo diferenças significativas relacionadas as variações de períodos (Figura 8). Na vertente do rio Aquidauana o teor gira entre 7,0 e 7,5, porém nota-se uma elevação mais acentuada deste parâmetro no segundo ponto de amostragem da vertente do Rio Miranda, este aumento é reflexo da contribuição de diversos leitos por toda a extensão desta microbacia hidrográfica, esta região, onde estão inseridos municípios como Jardim, Bonito e Bodoquena, tem seu solo composto em grande parte por rochas calcárias, causando forte teor básico na água. Conforme o rio segue seu curso e há incremento de vazão devido a outras contribuições ao longo do mesmo, ocorre a diminuição do pH.

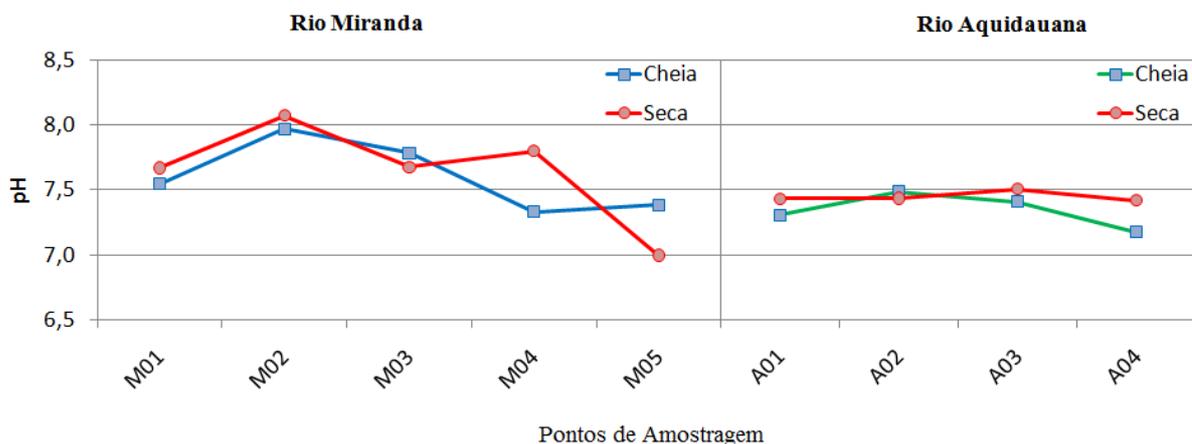


Figura 8. Variação de pH ao longo dos Rios Aquidauana e Miranda entre 1994 e 2007.

No período de seca, a Turbidez apresentou níveis abaixo de 50 UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez) tanto para o curso do Rio Aquidauana, quanto para o Rio Miranda, não havendo variação significativa até o exutório da bacia (figura 89). Já quanto posto o período de cheias, tal parâmetro se apresentou mais elevado nos pontos mais altos das bacias, isto é explicado devido ao maior carreamento de sólidos nestas regiões, enquanto na parte mais baixa o processo de cheia ocasiona o extravasamento do corpo hídrico, depositando parte deste material nas zonas de inundação.

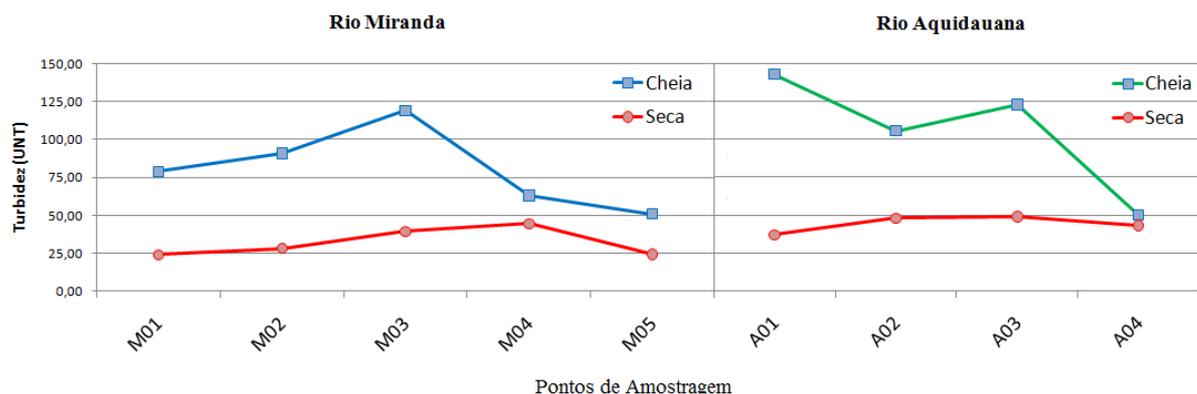


Figura 9. Variação da Turbidez ao longo dos Rios Aquidauana e Miranda entre 1994 e 2007.

A variável Sólidos Totais também apresentou variação sazonal e espacial, mostrando maiores níveis nos períodos de cheia (figura 10). Além disso, observou-se na vertente do Rio Aquidauana, uma grande elevação nas concentrações no ponto A02, que pode ser explicada pela região ser de pecuária extensiva, com menor cobertura vegetal nas áreas adjacentes ao leito do rio, aumentando assim o teor de sólidos suspensos na água.

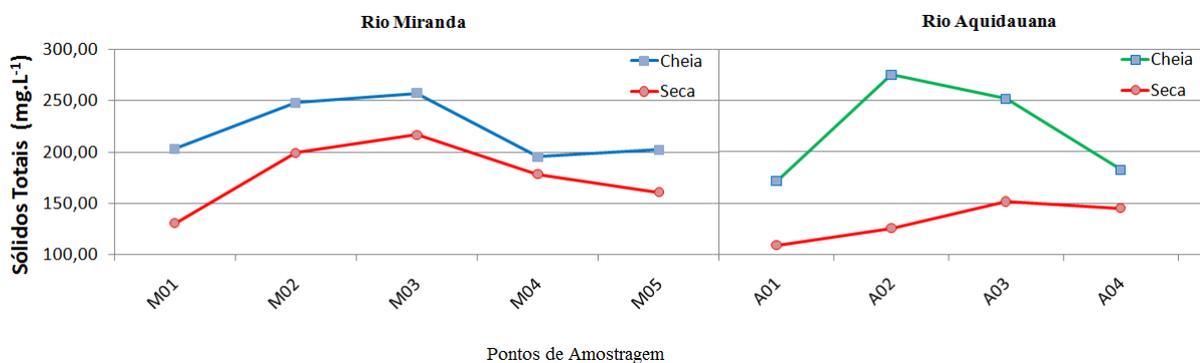


Figura 10. Variação dos sólidos totais ao longo dos Rios Aquidauana e Miranda entre 1994 e 2007.

Observando os gráficos Nitrogênio Total e Fósforo Total e considerando os dois parâmetros, tanto para a linha que representa o Rio Miranda quanto para a representante do Rio Aquidauana, as concentrações no período de cheia se apresentaram maiores (Figuras 11 e 12).

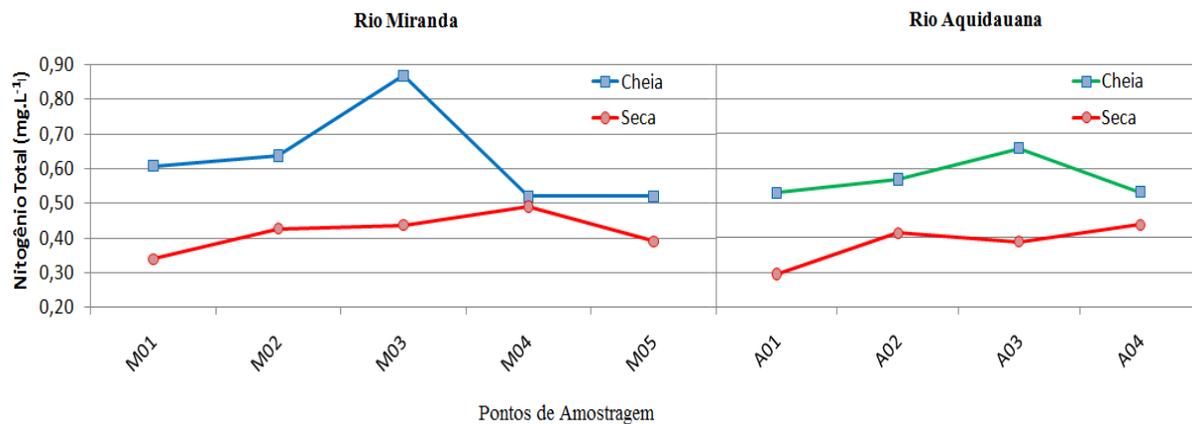


Figura 11. Variação do Nitrogênio Total ao longo dos Rios Aquidauana e Miranda entre 1994 e 2007.

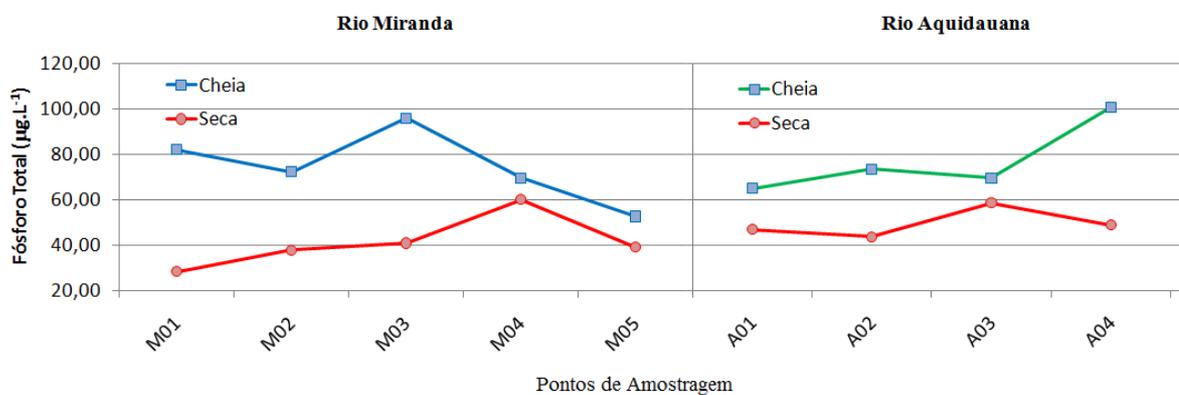


Figura 12. Variação do Fósforo Total ao longo dos Rios Aquidauana e Miranda entre 1994 e 2007.

Em relação a classificação trófica das águas, de acordo com os dados analisados nos pontos em questão, tanto o Rio Aquidauana como o Rio Miranda não se encontraram eutrofizados (tabela 4) ou seja, não apresentaram concentrações do parâmetro fósforo total acima de 59 µg.L⁻¹, o que acompanha o apresentado por Von Sperling (2007) que diz que em rios, principalmente com teores de turbidez mais elevada, como o encontrado nos rios estudados, a possibilidade de crescimento de algas são menores, salvo regiões específicas de remansos em que a o corpo hídrico se comporte de forma semelhante a um reservatório.

Tabela 4. Classificação do grau de trofia nos rios Miranda e Aquidauana segundo a metodologia proposta por Lamparelli (2004).

			Nível de estado Trófico por Período	
			Cheia	Seca
Pontos de Amostragem	Rio Aquidauana	A01	Mesotrófico	Mesotrófico
		A02	Mesotrófico	Mesotrófico
		A03	Mesotrófico	Mesotrófico
		A04	Mesotrófico	Mesotrófico
	Rio Miranda	M01	Mesotrófico	Oligotrófico
		M02	Mesotrófico	Mesotrófico
		M03	Mesotrófico	Mesotrófico
		M04	Mesotrófico	Mesotrófico
		M05	Mesotrófico	Mesotrófico

Conclusões

Os parâmetros aqui apresentados expõem as diferenças existentes nos períodos de cheia e seca nos cursos d'água analisados e tais diferenças são explicadas principalmente por tais períodos apresentarem dinâmicas diferentes.

Em geral nos períodos de cheia há o extravasamento da calha principal do rio e conseqüente invasão das águas as terras usualmente emersas que durante boa parte do ano acumulam no solo os mais diversos compostos que são incorporados a água. Além disso, é necessário lembrar que embora não seja regra, os períodos de cheia usualmente coincidem com períodos de maior precipitação na bacia, sendo o carreamento de matérias junto ao leito através do escoamento superficial fator relevante.

Parâmetros como OD e DBO que são diretamente afetados pelas atividades biológicas decorrentes dessa incorporação de novos compostos apresentam explícita variabilidade sazonal e espacial. Parâmetros como DQO, Sólidos Totais e nutrientes também tem variações distinguíveis quanto a sazonalidade, principalmente devido a influência da quantidade de precipitação e conseqüente escoamento para dentro do rio.

Nos pontos analisados, os rios não apresentaram grau de trofia considerável, o que em teoria caracteriza corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.

Desta forma, a determinação das relações espaciais e temporais entre as nutrientes, o ambiente físico e químico, e o estado trófico, e a determinação de índices de qualidade ambiental são de extrema importância para o diagnóstico da conservação da qualidade e da quantidade de água da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda e, por conseguinte, contribuir para a conservação do Pantanal.

As informações levantadas neste estudo servirão como base para o público em geral assim como para o gerenciamento dos recursos hídricos, podendo ser utilizadas na previsão de futuros cenários de mudanças na qualidade da água da bacia, dando suporte para trabalhos que visem a melhoria na qualidade e a conservação destes recursos. O estudo sendo realizado com dados históricos da região facilita a escolha dos parâmetros de maior influência local e consequentemente promove o melhor monitoramento da área.

Referências Bibliográficas

ABDON, M. M. **Os impactos ambientais no meio físico – erosão e assoreamento na bacia hidrográfica do Rio Taquari, MS, em decorrência da pecuária**. Tese (Doutorado em Eng. Ambiental) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2004. 322 p.

ABEL, P. B. **Water Pollution Biology**. John Wiley & Sons, Chichester. 1989.

ANDREOLI, C.V. & CARNEIRO C. **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Sanepar, Finep. Curitiba, 2005.

ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. **Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA)**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 8, n. 1, p. 81-97, 2003.

AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D.L.; SANTOS, A.A. **BIOESTAT – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas**. Ong Mamiraua. Belém, 2007.

BRAGA, B. O.; ROCHA, O.; TUNDISI, J. G. **Reservoir management in South America**. Water Resources Development, p. 141-155. 1998.

CARLSON, R. E. **A trophic state index for lakes.** Limnol. Oceanogr. 22: 361-369. 1977.

DERISIO, J. C. **Introdução ao controle da poluição ambiental.** 2º ed. Signus, 75p. São Paulo, 2000.

ESTEVES, F. A. 1998. **Fundamentos de limnologia.** 2ª ed. Interciência. 602p. Rio de Janeiro, 1998.

HALIM, Y. **The impact of human alterations of the hydrological cycle on ocean margins.** In-Ocean Margin Processes in Global Change, eds. R.F.C Mantoura, J-M. Martin and R.Wollast. John Wiley and Sons, pp.301-328, Nova York, 1991.

HAMILTON, S.K.; SIPPEL, S.J.; MELACK, J.M. **Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing.** Archives of Hydrobiology, v.137, n.1, p.1-23. 1996.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado do São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento.** Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia. São Paulo, 2004.

MARGALEF, R. **Limnologia.** OMEGA. Barcelona, 1983.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos/Instituto de Meio Ambiente Pantanal. Gerência de Recursos Hídricos. Projeto GEF Pantanal/Alto Paraguai (ANA/GEF/PNUMA/OEA). Subprojeto 1.6 MS – Gerenciamento de Recursos Hídricos nas Vizinhanças da Cidade de Corumbá (MS). **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Alto Paraguai, MS.** ed.1996, 1997-1998, 1999, 2000, 2001, 2002b, 2003 e 2004.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos/Instituto de Meio Ambiente Pantanal. Gerência de Recursos Hídricos. Projeto GEF Pantanal/Alto Paraguai (ANA/GEF/PNUMA/OEA). Subprojeto 1.6 MS – Gerenciamento de Recursos Hídricos nas Vizinhanças da Cidade de Corumbá (MS). **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Alto Paraguai, MS.** ed. 2008.

MOLOZZI, J.; PINHEIRO, A.; SILVA, M. R. **Qualidade da água em diferentes estados de desenvolvimento do arroz irrigado**. Pesquisa agropecuária brasileira. v.41, n.9, p.1393-1398. Brasília, 2006.

NECCHI JR., O.; BRANCO, L.H.Z.; BRANCO, C.C.Z. **Análise nictemeral e sazonal de algumas variáveis limnológicas em um riacho no noroeste do estado de São Paulo**. Acta Limnológica Brasileira, v. 8, p.169-182, 1996.

OLIVEIRA, M. D.; FERREIRA, C. J.; **Estudos Limnológicos para Monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda, Pantanal Sul**. Embrapa Pantanal, 61 p.; 28 cm (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Pantanal, ISSN 1517-1981; 54). Corumbá, 2003.

PCBAP. Plano de conservação da bacia do Alto Paraguai: **Análise integrada e prognóstico da bacia do Alto Paraguai**. Brasília: Programa Nacional do Meio Ambiente (PNMA), v.3. 369p. 1997.

PEIXOTO, P. P. P. **Aspectos qualitativos das águas superficiais do córrego Curral de Arame**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29.,2003, Ribeirão Preto. Resumos... Ribeirão Preto: SBCS. 2003.

PEREIRA, M. C. B. et al. **Bacia hidrográfica do Rio Miranda - Estado da arte**. UCDB-CIDEMA-WWF. 118p. Campo Grande, 2004.

RESTREPO, D.J. & KJERVFE. B. **Water discharge and sediment loads from the western slopes of the Colombian Andes with focus on rio San Juan**. J. Geol. 108(1): 17-33. 2000.

RYAN, P. D.; HARPER, D. A. T. PAST – **Palaeontological Statistics**, ver. 1.89. 1995.

SANTI, G. M.; FURTADO, C. M.; SANT'ANA, R. M.; CASSIANO, E. K. **Variabilidade espacial de parâmetros e indicadores de qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do igarapé são Francisco, Rio Branco, Acre, Brasil**. Ecología Aplicada, vol. 11, n. 1, Lima, Perú, 2012.

SOUZA, W.L.F & KNOPPERS, B. **Fluxos de água e sedimentos a costa leste do Brasil: relações entre a tipologia e as pressões antrópicas**. Geoch. Bras. 17(1):057-074.2003.

SPERANZA, E. A. SILVA, J. dos S. V. da. **SISLA - Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental**. Embrapa Informática Agropecuária, 2011. 78 p. Campinas, 2011.

TOLEDO JR., A.P. de M. TALARICO, M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E.G. **A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais**. CETESB, 12^o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22, 34p. Santa Catarina, 1983.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. DESA. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; 7). 588 p. Belo Horizonte, 2007.