

## MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO MONJOLINHO: A LIMNOLOGIA COMO UMA FERRAMENTA PARA A GESTÃO AMBIENTAL

Camila dos Santos Ferreira<sup>1</sup> e Marcela Bianchessi Cunha-Santino<sup>2</sup>

**Resumo:** A água possui valor econômico em função dos usos múltiplos e deve ser reconhecida como um bem de direito fundamental de todo ser humano, incluindo o saneamento básico e sua disponibilidade para produção de água potável. A gestão dos recursos hídricos é importante uma vez que visa à conservação e à proteção da água. O rio Monjolinho é tributário da bacia hidrográfica do Jacaré-Guaçú – SP. O que mais afeta a qualidade dos recursos hídricos são ações antrópicas como despejo inadequado de resíduos sólidos, efluentes agrícolas e domésticos. Assim, esse trabalho teve como objetivo caracterizar a qualidade da água do rio Monjolinho utilizando o monitoramento limnológico como ferramenta de gestão ambiental. No período de amostragem (cheia e seca) em 2011, a qualidade da água do rio Monjolinho na nascente variou entre boa e regular, no curso médio entre regular e ruim e na foz oscilou entre boa e ruim, demonstrando um gradiente de deterioração da qualidade da água da nascente à foz em função do ciclo hidrológico e do uso e ocupação do entorno.

**Palavras-chaves:** Índice de qualidade da água. Variáveis limnológicas. Análise ambiental. Uso e ocupação do solo.

### 1 Introdução

A água possui valor econômico em função dos usos múltiplos e deve ser reconhecida como um bem de direito fundamental de todo ser humano, incluindo o saneamento básico e sua disponibilidade para produção de água potável. Nos últimos anos vários países apresentaram um quadro de escassez de seus recursos hídricos, afetando a quantidade de água e também sua qualidade ao efetuar descartes inadequados de resíduos sólidos e líquidos (TUNDISI, 2005). Com isso, a gestão dos recursos hídricos torna-se importante visando seu aproveitamento, sua conservação e proteção (OLIVEIRA; AMARANTE, 2009).

As atividades econômicas norteiam o crescimento populacional de forma desordenada, já que as pessoas buscam melhores condições de vida e migram para as áreas mais desenvolvidas. Com isso, as necessidades de consumo de alimentos e de energia fazem com que as alternativas que amenizam essa situação degradem seu ambiente natural. Desse modo, essa situação provoca a urbanização em áreas impróprias como margens de rios e áreas de encosta íngremes sem cobertura vegetal. A

falta de infraestrutura nessas áreas força as pessoas a descartarem esgoto sanitário e doméstico *in natura* nos corpos hídricos causando a proliferação de doenças (BRAGA; CARVALHO, 2003).

Ainda em relação às atividades econômicas, a agricultura atualmente é a principal consumidora de água, seguida pelas indústrias e à medida que a economia de uma região se diversifica, a utilização da água e da poluição aumenta (TUNDISI, 2005). Essa atividade possui elevada produtividade pela utilização de insumos (por exemplo, fertilizantes e agrotóxicos) que causam um grande impacto nos ecossistemas aquáticos como, por exemplo, a desestruturação das cadeias alimentares. Para garantir o sucesso da produção agrícola, matas ciliares, áreas de reserva legal, áreas de preservação permanente e corredores ecológicos são suprimidos em busca de territórios para expandir as atividades agrícolas.

Considerando a capacidade de autodepuração dos corpos hídricos, estes são os principais receptores de cargas orgânicas e inorgânicas proveniente de esgotos domésticos e industriais. Dessa forma, a maioria das cidades se desenvolveu próxima aos rios pela facilidade de obtenção

<sup>1</sup> E-mail: camila\_csf@yahoo.com.br

<sup>2</sup> E-mail: cunha\_santino@ufscar.br

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)  
v.16, n. 1, p.27-37, jan./jun. 2014

de água e descarte de efluentes domésticos e industriais. Nesse sentido, a gestão de recursos hídricos é uma opção que busca a resolução de problemas relacionados com a escassez; garante a preservação dos ecossistemas; organiza o uso e ocupação da terra para que as atividades econômicas sejam realizadas de forma sustentável com impactos reduzidos ao ambiente (BRAGA; CARVALHO, 2003).

Nesse contexto, o monitoramento limnológico é uma ferramenta importante para identificação do estado da qualidade de água de um corpo hídrico continental, sendo que as variáveis mais afetadas pelas ações antrópicas e uso e ocupação da terra ao redor da bacia são pH, turbidez, oxigênio dissolvido, coliformes fecais, clorofila a e concentrações de nitrogênio e de fósforo (MAROTTA; SANTOS; PRAST, 2008).

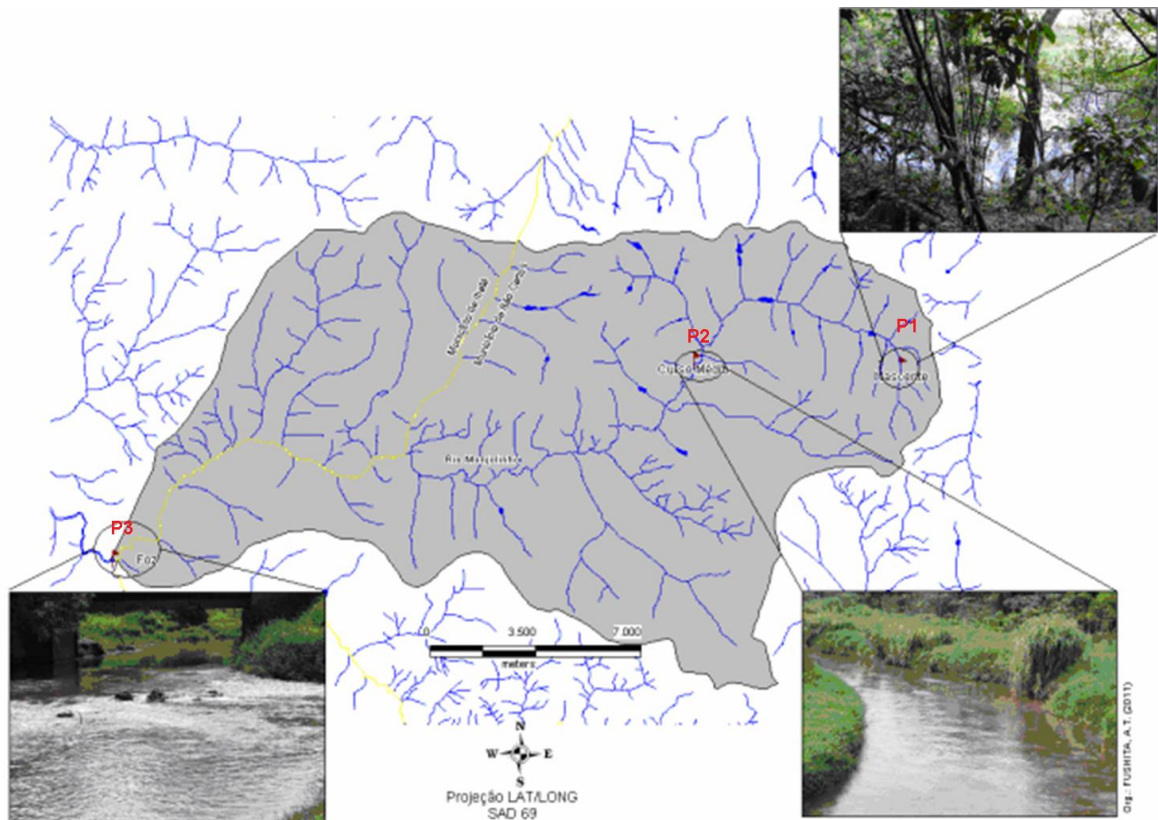
Considerando as atividades antrópicas que ocorrem em uma bacia hidrográfica, o presente estudo teve como objetivo caracterizar a água da bacia hidrográfica do Monjolinho, através do monitoramento limnológico realizado no

período de cheia (fevereiro, março e abril de 2011) e seca (julho, agosto e setembro de 2011) e com base no diagnóstico da qualidade da água identificar os principais problemas existentes na bacia hidrográfica do Monjolinho que abastece parte da população do município de São Carlos - SP.

## 2 Material e métodos

A bacia hidrográfica do rio Monjolinho está localizada no município de São Carlos, SP, e é caracterizada como um ambiente lótico que abrange uma área de 275 km<sup>2</sup> (CAMPAGNA, 2005) como mostra a Figura 1. É afluente da bacia do rio Jacaré-Guaçu um dos principais tributários do rio Tietê (ESPINDOLA, 2009). Os problemas que mais afetam a qualidade da água desse corpo hídrico é o despejo inadequado de resíduos sólidos, descarte de esgoto doméstico e industrial e utilização de defensivos agrícolas provenientes da agricultura (BAIO, 2009).

Figura 1- Bacia hidrográfica do rio Monjolinho, São Carlos - SP



Fonte: Fushita (2011)

**REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)**  
**v.16, n. 1, p.27-37, jan./jun. 2014**

As coletas de amostras de água foram realizadas no rio Monjolinho em 2011 nos períodos de cheia (fevereiro, março e abril) e de seca (julho, agosto e setembro) em três pontos distintos, nascente (P1), curso médio (P2) e foz (P3) (Tabela 1). Para o georrefenciamento da área foi utilizado o software MapInfo (PITNEY BOWES

SOFTWARE INC., 2009) que auxilia na digitalização de mapas (uso e ocupação do solo, hidrografia, altimetria, relevo, entre outros) e o ENVI 4.2 (ITT INDUSTRIES, 2005) que facilita a análise e processamento de imagem. A imagem utilizada foi LANDSAT 2010 fornecida pelo INPE (2011).

**Tabela 1 - Pontos de amostragem no rio Monjolinho**

Pontos de amostragem	Coordenada geográfica	Entorno
P1	23K 207.222 UTM 7.563.415	Pastagem, cana-de-açúcar e fragmento de mata ciliar.
P2	23K 207.236 UTM 7.563.910	Cana-de-açúcar sem nenhum vestígio de mata ciliar.
P3	22K 800.250 UTM 7.557.815	Pastagem sem nenhum vestígio de mata ciliar.

Fonte: Autoras (2011)

As variáveis limnológicas analisadas e os respectivos métodos analíticos estão descritos na tabela 2. A resolução nº 357

(CONAMA, 2005) foi utilizada para efeito de comparação dos resultados.

**Tabela 2 - Variáveis limnológicas analisadas e os respectivos métodos e instrumentos de medidas utilizados**

Variáveis analisadas	Métodos/Instrumento de medida	Referências
Temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, turbidez e PH	Medidor portátil - HORIBA U10	-
Carbono orgânico e inorgânico	Shimadzu modelo TOC 500 A	-
Demanda bioquímica de oxigênio	Polarográfico	APHA, AWWA e WPCF (1998).
Fosfato total	Espectrometria	Strickland e Parsons (1960).
Amônia, nitrito e nitrato	Espectrometria	Koroleff (1976), Strickland e Parsons (1960) e Mackereth et al. (1978).
Nitrogênio orgânico	Espectrometria	Kjeldahl (1883) segundo Vogel (1992).

Fonte: Autoras (2011)

O Índice de Qualidade de Água (IQA) se baseia no produtório ponderado (Equações 1 e 2; Tabela 3) das variáveis turbidez, pH, temperatura, coliformes, DBO<sub>5</sub> e nas concentrações de nitrogênio total, fósforo total, resíduos totais e de oxigênio dissolvido (CETESB, 2011). Dessa forma,

calcularam-se os valores de IQA para cada região do rio Monjolinho, representadas pelos três pontos de coleta.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

**REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)**  
**v.16, n. 1, p.27-37, jan./jun. 2014**

em que IQA: índice de qualidade das águas (um número entre 0 e 100),  $q_i$ : qualidade da  $i$ -ésima variável, um número entre 0 e 100 obtido em função da concentração ou medida da variável e  $w_i$ : peso correspondente à  $i$ -ésima variável, atribuído em função da importância dessa variável para a conformidade global da qualidade, um número entre 0 e 1.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2)$$

em que:  $n$  é o número de variáveis que entram no cálculo.

**Tabela 3 - Ponderações para classificação da qualidade da água**

Classificação	Faixa
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$00 < IQA \leq 19$

Fonte: CETESB (2011)

Para o cálculo do índice de estado trófico – IET - (Equação 3) utilizou-se as concentrações de N-total sugerida por Kratzer e Brezonik (1981) que se constitui em um índice adaptado de Carlson (1977) que utiliza o nitrogênio total para o cálculo do estado trófico das águas.

$$IET(N\text{-total}) = 54,45 + 14,43 \times \ln(N\text{-total}) \quad (3)$$

A escala adotada para estabelecer o estado de eutrofização das águas do rio Monjolinho baseou-se em Carlson (1977) apud Kratzer e Brezonik (1981) (Tabela 4).

**Tabela 4 - Classificação do estado trófico de um corpo hídrico de acordo com o índice estado trófico**

Classificação	Faixa
Oligotrófico	$IET \leq 44$
Mesotrófico	$44 < IET \leq 54$
Eutrófico	$54 < IET \leq 74$
Hipereutrófico	$IET > 74$

Fonte: Adaptado de Carlson (1977)

Posteriormente os resultados foram comparados com outros estudos realizados na bacia hidrográfica do rio Monjolinho nos mesmos pontos de amostragem desse estudo.

### 3 Resultados e discussão

A tabela 5 apresenta os valores médios das variáveis limnológicas analisadas nos períodos de cheia e seca de 2011 na bacia hidrográfica do rio Monjolinho nos pontos P1 (nascente), P2 (curso médio) e P3 (fóz).

Os valores de temperatura observados variaram dentro da faixa usualmente registrada para esse ambiente (ESPINDOLA, 2000). Ao comparar os resultados obtidos com Peláez-Rodrigues (2001) e Viana (2005) que realizaram seus estudos na bacia hidrográfica do rio Monjolinho nas estações de seca e cheia e coletaram as amostras nos mesmos pontos apontados pelo presente estudo evidenciou-se que a temperatura da água na região do rio Monjolinho variou com a mesma amplitude, seguindo um padrão sazonal.

Os valores de condutividade elétrica (CE) foram maiores no período da seca nos pontos 2 e 3. Esse fato pode ser explicado pela entrada de matéria orgânica proveniente de lançamentos inadequados de efluentes ou pela falta de mata ciliar em alguns pontos da bacia hidrográfica que permite que os íons sejam carregados para o corpo hídrico. Comparando-se os resultados com aqueles dos estudos realizados por Peláez-Rodrigues (2001) e (VIANA, 2005) observa-se que os valores de condutividade aumentaram com o passar dos anos.

A variação de OD na água no período de cheia em relação ao de seca ocorreu pela concentração elevada de precipitações aumentando assim a vazão do rio (NOVELLI, 2005) e consequentemente incrementando as concentrações de OD. No período de seca as concentrações de OD estão diretamente relacionada com a temperatura (ESTEVES, 1988) assim, quanto mais baixa a temperatura, maior a solubilização do OD. Essa variável é uma das mais importantes para a caracterização da qualidade de um ambiente aquático, uma vez que está envolvida diretamente na oxidação da matéria orgânica da água através dos processos metabólicos e concentrações elevadas subsidiam os organismos aeróbios heterotróficos. De

**REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)**  
**v.16, n. 1, p.27-37, jan./jun. 2014**

acordo com Viana (2005) o rio Monjolinho se enquadrou na classe 3, pois obteve valores de OD inferiores a 5 mg.L<sup>-1</sup> (CONAMA, 2005), no entanto, o presente estudo aponta

que a qualidade da água do rio monjolinho melhorou, pois os resultados ultrapassaram esse limite.

**Tabela 5 – Valores médios das variáveis limnológicas nos períodos de cheia e seca do rio Monjolinho**

	Cheia			Seca		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Temperatura (°C)	20,61	22,66	22,90	19,57	19,67	18,90
Condutividade elétrica (mS/cm)	0,03	0,12	0,11	0,01	0,17	0,19
Oxigênio dissolvido (mg/L)	8,50	7,95	9,08	7,83	6,58	5,91
pH	5,06	5,56	5,84	5,62	6,43	6,77
Turbidez (UNT)	15,78	23,43	20,53	4,12	21,10	19,87
DBO <sub>5</sub>	3,96	6,05	4,78	2,34	6,12	6,28
Fosfato total (µg P/L)	0,01	0,10	0,04	0,01	0,35	0,28
Nitrogênio amoniacal (µg N/L)	0,01	0,04	0,04	0,02	1,51	1,54
Nitrato(µg N/L)	0,07	0,50	0,43	0,06	0,32	0,33
Nitrito (µg N/L)	0,00	0,16	0,15	0,00	0,13	0,13
Nitrogênio orgânico total (µg N/L)	0,59	4,16	3,93	0,49	6,18	5,21
Carbono orgânico (ppm)	2,14	1,04	2,64	1,04	2,64	2,22
Carbono inorgânico (ppm)	11,81	1,73	12,19	1,73	12,19	11,57
Sólidos totais (mg/L)	90,44	31,10	146,60	31,10	146,60	136,60
Coliformes fecais (UFC 100/mL)	34900	22100	193333	22100	193333	18400

Fonte: Autoras (2011)

Segundo Esteves (1988), o pH é uma das variáveis ambientais mais importantes para caracterização de um ambiente aquático, porém é uma das mais difíceis de interpretar e pode ser influenciadas por diversos fatores tornando uma variável complexa. A elevação dos valores dessa variável pode auxiliar na precipitação dos metais pesados (que são agentes tóxicos à vida aquática) fixando-os no sedimento, influenciando assim a fisiologia de algumas espécies (CETESB, 2009). Os valores de pH não variaram significativamente ao comparar-se as estações de cheia e seca. Os estudos de Peláez-Rodrigues (2001) e Viana (2005) corroboram com os valores encontrados nesse estudo. Este fato pode estar relacionado com o bioma Cerrado que predomina na região que apresenta como característica solos com pH ácido que podem ser modificado de acordo com o uso e ocupação do solo (SOUZA; ALVES, 2003) ou ainda, por um deslocamento de matéria orgânica no ambiente (por exemplo galhos e folhas, aumento do escoamento superficial) nesse período que ao entrarem em decomposição, liberaram ácido carbônico, diminuindo o pH da água (ESPINDOLA, 2000).

Os valores de turbidez foram mais elevados no período da cheia provavelmente pelo fato da presença de sólidos em suspensão que geralmente são observados nos períodos de chuvas que intensifica a movimentação da água na calha do rio podendo resuspender o sedimento e aduzir serapilheira e solo. As ações antrópicas também podem interferir na turbidez da água, o despejo de esgoto sanitário sem tratamento, o assoreamento causado pelas erosões decorrentes do mau uso da terra e a mineração podem acarretar no aumento da turbidez do sistema podendo resultar na diminuição da fotossíntese das plantas aquáticas (CETESB, 2009).

O período de cheia apresentou a menor variação da DBO<sub>5</sub>, pois a exemplo da CE, na época de cheia, as chuvas são intensas e apresentam poder diluidor dos compostos dissolvidos na água. O aumento nos valores da DBO<sub>5</sub> pode ocorrer devido à entrada excessiva de matéria orgânica no ambiente tendo como consequência a diminuição do OD causando a mortandade dos animais (CETESB, 2009). Os valores altos de DBO<sub>5</sub> detectados nos pontos de amostragem do rio Monjolinho são provenientes principalmente pela entrada de esgoto e erosão do solo.

**REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)**  
**v.16, n. 1, p.27-37, jan./jun. 2014**

Com relação a variável sólidos totais observou-se um aumento em direção ao P2 (curso médio) e ao P3 (foz). No período da chuva normalmente os sólidos totais em um corpo hídrico apresentam-se em maior quantidade devido a entrada de matéria orgânica proveniente do escoamento superficial e mistura do sedimento. No período da seca o aumento dessa variável pode estar associada à entrada de matéria orgânica com esgoto.

A grande quantidade de coliformes fecais no período da seca indica uma concentração desses organismos na época de baixa precipitação, quando não ocorre o efeito diluidor das chuvas; além disso, indica a presença de despejo de esgoto doméstico sem tratamento ou criação de animais no entorno das margens do rio. A presença de coliformes fecais na água pode trazer problemas à saúde humana caso ocorra o contato e transmitir doenças como febre tifoide, cólera, hepatite infecciosa, gastroenterite, entre outros (CETESB, 2009).

Tanto as concentrações de carbono orgânico quanto de inorgânico foram maiores no período de cheia em relação à seca. Essa variável não está contemplada na legislação brasileira. No entanto, a legislação alemã (LAWA, 1998) define que até 2 mg C.L<sup>-1</sup>, o rio se enquadra na classe 1; até 3 mg C.L<sup>-1</sup> se enquadra entre as classes 1 e 2 e até 5 mg C.L<sup>-1</sup> na classe 3. Segundo CETESB (2009) concentrações elevadas de carbono em um sistema podem ser consideradas um indicador de entrada excessiva de matéria orgânica como, por exemplo, a adução de esgotos domésticos e industriais.

As concentrações de fósforo total foram maiores no período da seca. Esse fato pode explicado pelas baixas precipitações, fazendo com que esses compostos se concentrem nos ambientes aquáticos (SÉ, 1992). A entrada de matéria orgânica como esgoto doméstico também pode ter influenciado. Sendo assim, apesar de haver tratamento de esgoto no município de São Carlos os valores dessas variáveis são altos, pois provavelmente o tratamento do esgoto não foca na diminuição dos nutrientes N e P (tratamento terciário) provenientes do esgoto doméstico. Além disso, o aumento dessa variável também pode ser decorrente da adução de N e P oriundos dos fertilizantes próximos ao curso médio do rio Monjolinho.

Os valores de nitrato analisados no P1 (nascente) tanto na cheia quanto na seca apresentaram valores que diferem significativamente ( $\alpha = 0,05$ ) dos demais

pontos (P2 e P3) demonstrando que na nascente os valores foram inferiores aos demais. Ao analisar os resultados do estudo de Peláez-Rodrigues (2001) observa-se que as concentrações dessa variável mantiveram-se semelhantes.

Com relação ao nitrito os valores da nascente também se diferenciaram significativamente ( $\alpha = 0,01$ ) dos demais pontos nos períodos estudados. Geralmente as concentrações de nitrito são inferiores aos valores de nitrato, já que na presença de oxigênio o nitrito é transformado em nitrato. Valores significativos de nitrato são encontrados em ambiente poluídos e de baixas concentrações de oxigênio.

De acordo com a análise de Kruskal-Wallis as concentrações de amônia foram significativamente ( $\alpha = 0,01$ ) diferentes em todos os pontos amostrais e épocas do ano. Ao analisar a pesquisa de Peláez-Rodrigues (2001), as concentrações encontradas em seu estudo foram superiores aos encontradas no presente estudo no período de seca.

### 3.1 Índice de qualidade da água

O IQA no rio Monjolinho variou entre 31 e 61 (Tabela 6), sendo que a amostragem que apresentou a melhor qualidade de água ocorreu em março de 2011, no ponto P1 localizado na nascente do rio Monjolinho e realizada no período de cheia do rio Monjolinho. A qualidade ambiental desse ponto está associada a sua localização na área rural com presença de um remanescente de mata ciliar no seu entorno e não submetida intensamente a ações antrópicas comparado aos outros pontos analisados.

A pior qualidade da água foi identificada em setembro de 2011 no P2 localizado no curso médio do rio Monjolinho. Esse valor pode ter sido influenciado pela baixa precipitação no período, já que os compostos dissolvidos na água tendem a ficarem concentrados influenciando na queda da qualidade da água. De maneira geral, os piores resultados de IQA foram encontrados nesse ponto, fato explicado pelo ponto estar localizado logo após a estação de tratamento de esgoto do município de São Carlos (que somente realiza o tratamento primário e o secundário), sendo assim foram identificados os maiores valores de coliformes fecais, sólidos totais, turbidez e DBO<sub>5</sub> (Tabela 5).

**REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)**  
**v.16, n. 1, p.27-37, jan./jun. 2014**

**Tabela 6 - Valor do IQA no rio Monjolinho no ano de 2011**

IQA	Ponto 1 (Nascente)	Ponto 2 (Curso médio)	Ponto 3 (Foz)
Fevereiro	57 (Boa)	51 (Regular)	47 (Regular)
Março	61 (Boa)	46 (Regular)	51 (Regular)
Abril	49 (Regular)	43 (Regular)	42 (Regular)
Julho	58 (Boa)	35 (Ruim)	52 (Boa)
Agosto	55 (Boa)	33 (Ruim)	45 (Regular)
Setembro	53 (Boa)	31 (Ruim)	34 (Ruim)

Fonte: Autoras (2011)

No período de cheia, a qualidade do ponto P3 localizado na foz no período de cheia foi regular, enquanto que em julho de 2011 a qualidade da água desse ponto foi boa atingindo a pontuação de 52. Este fato se relacionou com as condições meteorológicas do dia da coleta (0,2 mm) que auxiliou a melhora de todas as variáveis utilizadas nos cálculos do índice, logo depois houve novamente um declínio da qualidade da água (agosto e setembro) que é controlado pelas baixas precipitações. Esse ponto possui um entorno predominantemente agropastoril fazendo com que os coliformes fecais oriundos das fezes do gado desloquem-se rapidamente por escoamento superficial para os corpos hídricos em dias

de chuva. Observou-se que a inexistência de mata ciliar facilita o acesso do gado ao corpo hídrico que pisoteiam o sedimento aumentando a turbidez e desestruturando os sedimentos.

Para acompanhar as características pretéritas da água do rio Monjolinho, realizou-se uma compilação das variáveis que compõe o IQA e o IET baseado em resultados dos estudos de Novelli (2005), Fracácio (2006), Viana (2005), Dornfeld (2006) e Campagna (2005) na microbacia do rio Monjolinho; calculando-se suas médias a fim de calcular um IQA “médio” para servir de comparação com os resultados obtidos neste trabalho (Tabela 7).

**Tabela 7 - Valores médios das variáveis limnológicas encontradas na pesquisa bibliográfica**

Variáveis limnológicas	Média
Coliformes fecais (UFC 100 ml)	42.047,5
pH	6,3
DBO <sub>5</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	15,0
Nitrogênio total (mg.L <sup>-1</sup> N)	0,56
Fósforo total (mg.L <sup>-1</sup> P)	0,18
Temperatura (°C)	21,12
Turbidez (UNT)	14,81
Resíduo total (mg.L <sup>-1</sup> )	28,8
Oxigênio dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> )	6,7

Fonte: Adaptado de Novelli (2005), Fracácio (2006), Viana (2005), Dornfeld (2006) e Campagna (2005)

Com estas considerações o resultado geral do IQA foi de 27, enquadrando-se o rio Monjolinho na classe ruim. Esse valor foi fortemente influenciado pelos valores de coliformes fecais

encontrados por Novelli (2005) e Fracácio (2006) que variaram de 33.895 (NOVELLI, 2004) a 50.200 UFC 100 ml<sup>-1</sup> (FRACÁCIO, 2006) enquanto que os valores encontrados nesse trabalho variaram entre 5.300 e

150.000 UFC 100 ml<sup>-1</sup> evidenciando assim, que com o decorrer do tempo, os valores dessa variável aumentaram consideravelmente. Sendo assim, o despejo inadequado de matéria orgânica proveniente de esgotos domésticos se intensificou. O valor do IQA médio ficou entre os valores encontrados no presente trabalho demonstrando que o rio Monjolinho ainda sofre com as pressões antrópicas de seu entorno e que as mesmas variáveis limnológicas utilizadas no cálculo do IQA continuam elevadas com o passar do tempo.

### 3.2 Índice de estado trófico

O valor encontrado para o índice de estado trófico (IET) demonstrou que o ponto P1 apresentou águas mesotróficas no período de cheia e também de seca, que é característico de rios com produtividade intermediária. Na nascente do rio Monjolinho o entorno, até a última coleta (setembro), foi predominante constituído de pastagem, cultivo de milho (período de cheia), cana-de-açúcar e uma pequena área de mata ciliar. Diante desse contexto, esses usos podem ter influenciado de forma direta ou indiretamente os valores das variáveis analisadas nesse ponto de amostragem, já que para o cultivo de milho e da cana-de-açúcar são utilizados pesticidas e herbicidas que podem ter se deslocado, através do escoamento superficial ao corpo hídrico. Além disso, a presença considerável de coliformes fecais nesse ponto de amostragem (22100 a 34900 UFC 100 ml<sup>-1</sup>) pode ter sido influenciado pela presença de gado no entorno da nascente.

No entanto, os pontos P2 e P3 apresentaram resultados que indicaram as águas como eutróficas, tanto no período de cheia quanto de seca. Do ponto de vista ecológico, esses ambientes eutróficos possuem produtividade alta considerando as condições ambientais e são influenciados pelas atividades antrópicas como, por exemplo, lançamento inadequado do esgoto, entrada de nutrientes provenientes de fontes difusas como agricultura e pecuária, que ocorrem em seu entorno aumentando, por exemplo, a turbidez da água (ANA, 2011).

Esse resultado pode estar relacionado com o entorno característico de presença de agricultura e a ausência de mata ciliar que poderia barrar os nutrientes provenientes do cultivo de cana-de-açúcar que é a atividade predominante da região

(CORBI et al., 2006). Segundo Peláez-Rodríguez (2001), a nascente (P1) nos períodos de cheia e seca respectivamente, apresentou águas mesotróficas e eutróficas. No P2 (curso médio) durante a estiagem, a água foi classificada como hipereutrófica e o P3 no período de chuva como eutrófica e na seca como hipereutrófica. Com isso, observou-se que de acordo com Peláez-Rodríguez (2001) as águas do rio Monjolinho se encontravam com um grau mais elevado de fertilização, uma vez que foram classificadas como hipereutróficas, situação não encontrada no presente trabalho.

O uso e a ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Monjolinho influenciaram os valores do índice, uma vez que se observaram os seguintes usos: agricultura (35,61%  $\cong$  95,58 km<sup>2</sup>); solo exposto (23%  $\cong$  61,74 km<sup>2</sup>), vegetação abrange 18,77% da área ( $\cong$  50,39 km<sup>2</sup>), área urbano (18,71%  $\cong$  50,22 km<sup>2</sup>), pastagem 2,85% (7,65 km<sup>2</sup>) e silvicultura 1,04 % (2,8 km<sup>2</sup>) (Figura 2).

As concentrações elevadas de nitrogênio na água do rio Monjolinho podem ser explicadas pelo cultivo extensivo da cana-de-açúcar na região de São Carlos (35,61%), sendo que para garantir a produtividade e corrigir o solo são utilizados fertilizantes que possuem grandes quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio. Além disso, as áreas urbanas, que representam o terceiro maior uso do solo na bacia, podem contribuir para o aumento dessa concentração através do descarte inadequado de esgoto doméstico e industrial e deve-se levar em consideração que a estação de tratamento de esgoto do município não faz o tratamento terciário do esgoto contribuindo ainda mais para o aumento do Índice de Estado Trófico.

O solo exposto é o segundo uso predominante na bacia hidrográfica. Essa condição pode afetar a qualidade da água desse ambiente uma vez que facilita a entrada de matéria orgânica em períodos de chuva, aumentando sua turbidez. Além disso, a falta de cobertura vegetal nessas áreas pode provocar erosões, perdas de solo férteis e assoreamento dos rios. A pastagem é o quinto uso observado na bacia contribuindo para o aumento da quantidade de coliformes termotolerantes na água do rio Monjolinho.

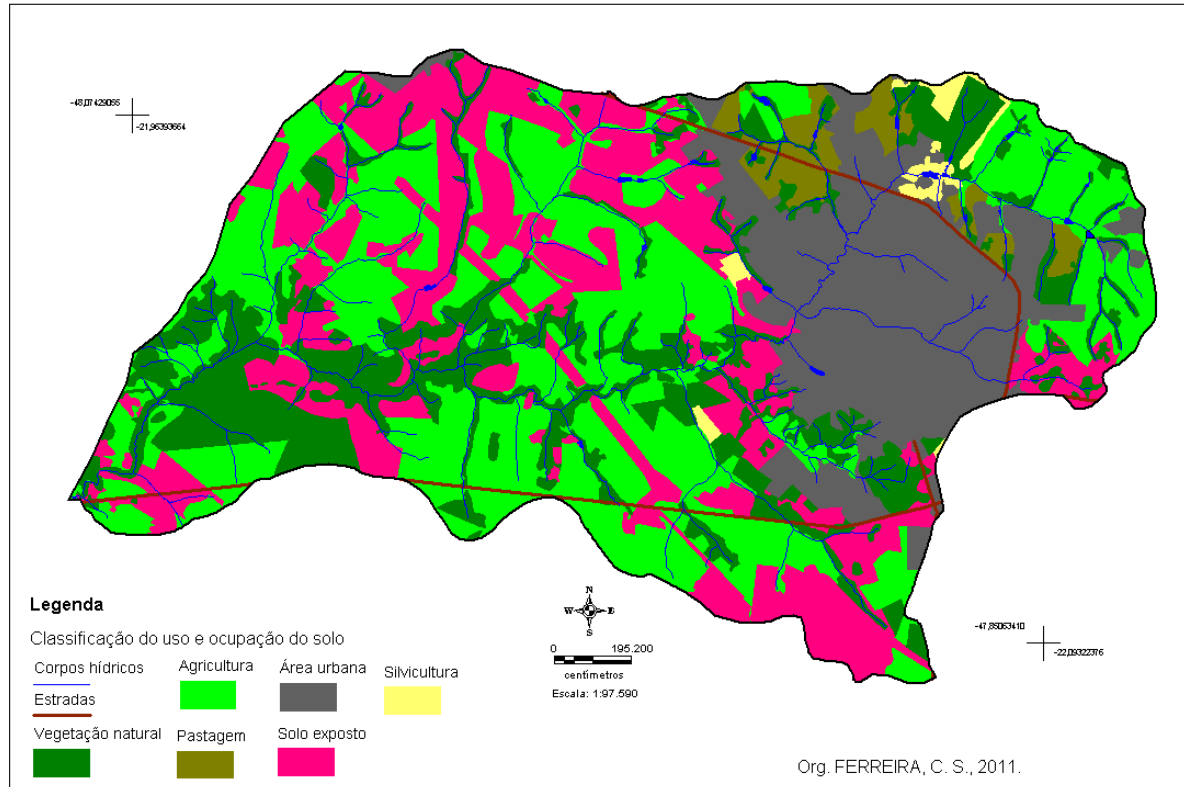
Considerando que a variável fósforo total pode ser influenciada diretamente pela agricultura e pelo incremento de matéria orgânica (por exemplo, esgoto sanitário) proveniente de áreas urbanas calculou-se a



concentração preditiva de fósforo total ( $0,69 \text{ mg L}^{-1}$ ) considerando esse dois usos da

bacia hidrográfica confirmando assim a situação do estado trófico do rio Monjolinho.

**Figura 2 - Mapa de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Monjolinho**



Fonte: Autoras (2011)

#### 4 Conclusões

O monitoramento limnológico se constituiu em uma ferramenta para a gestão ambiental, pois auxilia no diagnóstico das condições ambientais de uma bacia hidrográfica possibilitando identificar as possíveis causas e efeitos de problemas relacionada à gestão de recursos hídricos. Através desse estudo foi possível concluir que a qualidade da água do rio Monjolinho é influenciada por atividades antrópicas como incremento excessivo de matéria orgânica e uso inadequado do solo. Este fato pode ser evidenciado em vários estudos realizados nesse ambiente no decorrer dos últimos anos.

É importante enfatizar que o plano da bacia hidrográfica do Tiete–Jacaré deve ser considerado, pois nele estão especificadas algumas metas que devem ser cumpridas no gerenciamento de todas as bacias. Desta forma, conclui-se que é necessária a criação de um plano da bacia hidrográfica do Monjolinho que direcione os tomadores de decisão do município de São Carlos – SP. Além disso, o plano diretor da cidade deve ser levado em consideração quando se refere à expansão urbana, pois é um instrumento que norteia o uso e ocupação do solo nas diversas áreas do município.

#### 5 Water quality assessment of Monjolinho river: Limnology as a tool for environmental management

**Abstract:** Water presents an economic value in the light of its multiple uses and must be recognized as a valuable resource that guarantees the fundamental right of every human being to have access to water and sanitation. The management of water resources becomes important since it aims the conservation and

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)  
v.16, n. 1, p.27-37, jan./jun. 2014

*protection of water. The river Monjolinho is a tributary of Jacaré-Guaçu basin – SP. What more affect the quality of water resources are anthropic activities as inadequate disposal of solid waste and agricultural and domestic effluents. Thus, this study aimed to characterize the water quality of Monjolinho River using limnological monitoring as an environmental management tool. At the sampling period (flood and drought) in 2011, the quality of Monjolinho river water at the source ranged between good and regular, in middle course varied from regular to bad and at the mouth ranged between good and bad, demonstrating in general, a gradient of deterioration water quality from the source to the mouth as a function of the hydrological cycle and from land use.*

**Keywords:** Water quality index. Limnological parameters. Environmental analysis. Land use.

## 6 Referências

- ANA - Agência Nacional das Águas. Índice do Estado Trófico. 2011. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceET.a.spx>>. Acesso em: 14 nov. 2011.
- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA - AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WPCF - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington D.C., 1998. 1193p.
- BAIO, J. A. F. **Avaliação da contaminação nos principais corpos d'água do município de São Carlos/SP**. 2009. 111f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Instituto de Química de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75132/tde-21122009-105913/>>. Acesso em: 13 jun. 2010.
- BRAGA, R.; CARVALHO, P. C. **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro: UNESP, 2003. 131 p.
- CAMPAGNA, A. F. **Toxicidade dos sedimentos da bacia hidrográfica do rio Monjolinho (São Carlos - SP): ênfase nas substâncias cobre, aldrin e heptacloro**, 2005, 281 f. Dissertação (Mestrado Qualidade e Produtividade Animal). Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005. Disponível em: <[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde../\\_Corpo-Tese\\_.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde../_Corpo-Tese_.pdf)>. Acesso em 3 mar. 2012.
- CARLSON, R.E. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*. Vol. 22, p 361 – 369, 1977.
- CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Índice da qualidade das águas. Disponível em: <[http://www.Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/42-indice-de-qualidade-das-aguas-\(iqa\)](http://www.Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/42-indice-de-qualidade-das-aguas-(iqa))>. Acesso em: 8 ago. 2011.
- CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Variáveis de qualidade de água. São Paulo: CETESB, 2009. Disponível em: <<http://www.Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#transparencia>>. Acesso em 13 jul. 2010.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. **Resolução 357**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005.
- CORBI, J. J.; STRIXINO, S. T. ; SANTOS, A.; DEL GRANDE, M. Diagnóstico ambiental de metais e organoclorados em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana-de-açúcar (Estado de São Paulo, Brasil). **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 1 Jan./Fev. 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422006000100013&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422006000100013&script=sci_arttext)>. Acesso em: 21 maio 2012.
- DORNFELD, C. B. **Utilização de *Chironomus sp* (Diptera, Chironomidae) para a avaliação da qualidade de sedimentos e contaminação por metais**, 2006, 239 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006. Disponível em: <[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/.../Dornfeld\\_2006\\_Tese.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/.../Dornfeld_2006_Tese.pdf)>. Acesso em: 23 maio 2012.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1988. 602 p.
- ESPINDOLA, L. G.; VILA, J. S. V.; MARINELLI, C. E.; ABDON, M. M. **A bacia hidrográfica do rio Monjolinho**. São Carlos: RiMa, 2000. 188 p.
- FRACÁCIO, R. **Estudos limnológicos e ecotoxicológico (laboratório e in situ) com ênfase na avaliação de metais e pesticidas organoclorados em peixes (*Danio rerio* e *Poecilia reticulata*) – Sub-bacia do rio Monjolinho São Carlos (SP)**, 2006, 209 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006. Disponível em: <[http://www.bdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificad o/tde\\_arquivos/2/TDE-2006-10-31T15:45:29Z](http://www.bdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificad o/tde_arquivos/2/TDE-2006-10-31T15:45:29Z)>

**REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)**  
**v.16, n. 1, p.27-37, jan./jun. 2014**

1242/Publico/TeseRF.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2012.

INPE - INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. Catálogos de imagens. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 4 jul. 2011.

ITT Industries. Software ENVI 4.2, 2005.

KRATZER, C. R.; BREZONIK, P.L. A Carlson – type trophic state index for nitrogen in Florida lakes. **Water resources bulletin**. v. 17, p. 713-715, Aug. 1981.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: \_\_\_\_\_. GRASSHOFF, K. **Method of seawater analysis**. New York: Verlag Chemie Weinheim, 1976. p.125-131.

LAWA - Länderarbeitsgemeinschaft Wasser. Comissão Estadual de Trabalho – Água, 1998.

MACKERETH, F. J. H.; HERON, J.; TALLING, J. F. Water chemistry: some revised methods for limnologists. **Freshwater Biological Association**, n. 36, 121 p, 1978.

MAROTTA, H.; SANTOS, R. O.; PRAST, A. E. Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano – ambientais. **Ambiente e Sociedade**, Campinas, v. 11, p. 67 – 79, Jan./Jun. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v11n1/05.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2011.

NOVELLI, A. **Estudo limnológico e ecotoxicológico da água e sedimento do rio Monjolinho – São Carlos (SP), com ênfase nas substâncias de referência cádmio e cobre**, 2005, 228 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

OLIVEIRA, C. M.; AMARANTE, O. P. Jr. **Direito Internacional das Águas Doces**. São Carlos: RiMa, 2009. 170 p.

PELÁEZ-RODRIGUES, M. **Avaliação da qualidade da água da bacia do alto Jacaré – Guaçú/ SP (Ribeirão do Feijão e Rio Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas**, 2001, 175 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo, São

Carlos, 2001. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-16072005-165122/pt-br.php>>. Acesso em 5 nov. 2011.

Pitney Bowes Software Inc, Software MapInfo, 2009.

SÉ, J. A. S. **O rio Monjolinho e sua bacia hidrográfica como integradores de sistemas ecológicos: um conjunto de informações para o início de um processo de pesquisa ecológica, de educação e gerenciamento ambiental a longo prazo**, 1992, 177 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 133-139, 2003. Disponível em: <[redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/1802/180217698014.pdf](http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/1802/180217698014.pdf)>. Acesso em: 7 maio 2012.

STRICKLAND, J. D; PARSON, T. R. **A manual of sea water analysis**. Bull. Fish. Res. Bd. Can., 1960.

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez**. São Carlos: RiMa, 2005.

VIANA, S. M. **Riqueza e distribuição de macrófitas aquáticas no rio Monjolinho e tributários (São Carlos, SP) e análise de sua relação com as variáveis físicas e químicas**, 2005, 135 f. Tese (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

VOGEL, A. I. **Análise inorgânica quantitativa**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois S.A., 712 p. 1992.

## 7 Agradecimentos

À Fundação de Amparo a Pesquisa (FAPESP) pela concessão da bolsa de Iniciação Científica Processo N. 2010/16228-2, ao Departamento de Hidrobiologia pela disponibilização de infraestrutura adequada para a realização da pesquisa e a Dr. Angela Terumi Fushita pelo auxílio na elaboração dos mapas.