

## 1. Introdução Geral

O relacionamento entre espécies e outras variáveis ambientais, e sua influência na distribuição e abundância dos organismos, têm despertado a atenção de vários cientistas ao longo dos anos. As espécies sobrevivem dentro de determinados gradientes ambientais, ocupando um espaço físico determinado e com um papel funcional nas comunidades. Estes três aspectos unidos constituem aquilo que se chama de nicho multidimensional, termo sugerido por Hutchinson em 1957, na tentativa de se explicar a complexidade da relação espécies-ambiente (Odum, 1998, Ricklefs, 1996). As macrófitas, em especial, apresentam ampla capacidade de adaptação e uma grande amplitude ecológica, facilitando assim a colonização de uma mesma espécie nos mais diferentes ambientes (Esteves, 1998).

A relação entre a distribuição das macrófitas aquáticas e de características como tamanho do rio, vazão, velocidade da corrente e composição química da água e dos sedimentos dos rios, assim como, a influência da sua bacia de drenagem foi primeiro sugerido por Butcher (1933) e a idéia foi desenvolvida por diversos autores, na sua grande maioria estudando rios de regiões temperadas (Ferreira, 1994, Riis *et al.*, 2000, Baattrup-Pedersen *et al.*, 2003). Ao contrário dos animais aquáticos, como os peixes e os invertebrados, a maior parte das espécies de macrófitas aquáticas possuem pouca ou nenhuma mobilidade estando mais expostas às combinações de condições físicas e químicas de seus ambientes, que acabam por determinar a sua sobrevivência e em alguns casos a sua distribuição (Ali *et al.*, 1999, Bini *et al.*, 1999, Riis *et al.*, 2000).

Analisando-se comparativamente o número de estudos realizados com a comunidade de macrófitas aquáticas e outras comunidades de água doce em regiões tropicais, a exemplo da comunidade fitoplanctônica, pode-se dizer que ainda há poucos estudos sobre macrófitas aquáticas. (Pompêo e Moschinni-Carlos, 2003, Thomaz e Bini,

2003). Comparando-se o número de teses, dissertações, monografias e trabalhos publicados sobre as macrófitas aquáticas em rios brasileiros, verifica-se uma quantidade ainda menor de estudos sobre este tema, a despeito da importância desses ecossistemas no Brasil (Esteves, 1998, Thomaz e Bini, 2003), sendo que a grande maioria destes estudos foram realizados em lagos (Beyruth, 1989, Pompêo e Moschini-Carlos, 1995, Costa, 2000, Tavares, 2003) e represas (Barbieri, 1984, Faria e Espíndola, 2002, Tavares, 2003).

Dentre os trabalhos realizados em rios brasileiros com macrófitas aquáticas podem ser citados os estudos de Scremin-Dias *et al.*, (1999) nas regiões próximas a Serra da Bodoquena, o trabalho de Pompêo *et al.* (1999), na desembocadura do rio Paranapanema na represa de Jurumirim, com a ecologia de *Echinochloa polystachya* e os vários estudos realizados na bacia do rio Itanhaém, SP. Dos trabalhos realizados nesta bacia, podem ser citados os trabalhos realizados por Camargo *et al.* (1997), que analisaram o efeito da mineração sobre a comunidade de macrófitas aquáticas, através da comparação entre as comunidades presentes em dois rios desta bacia (rios Preto e Branco); Lopes (1999), que verificou os fatores responsáveis pela coexistência de três espécies de macrófitas emersas neste sistema; e o estudo da dinâmica e a produção primária das populações de *Nymphaea rudgeana* realizados por Camargo e Florentino (2000).

Além disso, Pereira (2002) estudou a distribuição e a abundância das macrófitas aquáticas, em relação às características limnológicas da água e dos sedimentos, em rios da Bacia do rio Itanhaém. Mais recentemente, Henry-Silva e Camargo (2003) avaliaram sazonalmente a biomassa de *Eichhornia azurea*, enquanto Pezzato e Camargo (2004) estimaram as taxas fotossintéticas de *Egeria densa* nas populações presentes no rio Mambú e Aguapeú.

No caso da bacia do rio Monjolinho, a comunidade de macrófitas foi estudada por Santos (1993) e Barreto (1999). Entretanto, nenhum destes estudos aprofundou-se na composição e distribuição desta comunidade e nas possíveis influências da poluição e modificações decorrentes do uso do solo nas regiões adjacentes do rio Monjolinho e seus tributários sobre a mesma.

Com base nestas considerações, foi desenvolvida a presente dissertação, integrada ao projeto “Estudos limnológicos e ecotoxicológicos (laboratoriais e *in situ*) no rio Monjolinho (São Carlos, SP), com ênfase na avaliação da toxicidade de metais e pesticidas organoclorados no zooplâncton, bentos e peixes”, coordenado pelo Prof. Dr.

Evaldo Luíz Gaeta Espíndola com apoio da FAPESP (Fundação de Apoio a Pesquisa no Estado de São Paulo), e foi dividida em três capítulos, apresentados mais adiante:

1. Caracterização física e química da água e dos sedimentos do rio Monjolinho e tributários;
2. Levantamento e distribuição de macrófitas aquáticas ao longo do rio Monjolinho;
3. Análise da relação entre macrófitas aquáticas e variáveis físicas e químicas no rio Monjolinho e tributários.

## ***2. Área de Estudo***

### **2.1- Caracterização geral da área de estudo**

A bacia do rio Monjolinho (Figura 1) localiza-se em sua maior parte dentro do município de São Carlos, na região centro-norte do Estado de São Paulo, distando aproximadamente 240 km da capital, em (IBGE, 1971). Esta bacia faz parte da bacia do rio Jacaré-Guaçú que é um dos afluentes da margem direita do rio Tietê e possui área de 273,77 km<sup>2</sup> (Sé, 1992; Mendes, 1998; Espíndola, 2000).

O rio Monjolinho possui uma extensão de 43,25 km, e tem como principal característica o desenvolvimento urbano da cidade de São Carlos e os impactos advindos de suas atividades (Sé, 1992; Salami, 1996). O município de São Carlos apresenta uma economia predominantemente industrial, sendo que a maior parte dos estabelecimentos é representada pela metalurgia, transformação de minerais não-metálicos, siderurgia e outras atividades como couros e peles, calçados e vestuário (Cortêz *et al.*, 2000).

A bacia do rio Monjolinho possui 26,3% de remanescente vegetal, sendo que deste total, só 17,5% são fragmentos de vegetação natural e 8,8% são fragmentos de capoeira; a maior parte da área vegetal (73,7%) é ocupada por plantações de cana (35,7%) e pastagens (20,0%) (Silva *et al.*, 2000). De 1965 a 1998, a área cultivada com cana-de-açúcar aumentou em 10,8%, enquanto a área urbana aumentou de 6,4% para 15,0% (Criscuolo *et al.*, 2000).

---

Segundo Salami (1996), 215km<sup>2</sup> da área da sub-bacia hidrográfica do rio Monjolinho possuem ocupação predominantemente rural, enquanto a área urbana abrange 34km<sup>2</sup>. Na área urbana, a ocupação é preferencialmente residencial, com uma concentração maior de estabelecimentos comerciais no centro. Na área rural, há a predominância de plantações de cana, cujo consumo atende em sua maior parte a Usina da Serra, e de pastagens, principalmente nos trechos iniciais do rio Monjolinho e seus formadores. Outras áreas de pastagens estão presentes na parte sul da sub-bacia, próximo às nascentes do córrego da Água Fria e extremo oeste junto ao trecho final do rio Monjolinho.

Segundo Mendes (1998), o rio Monjolinho nasce no planalto de São Carlos, a uma altitude de 900m, e desce a serra originando uma planície de inundação onde deposita a maior parte do material suspenso que transporta. Próximo a Universidade Federal de São Carlos, parte da água que abastece a cidade (15%) é captada do rio Monjolinho (vazão de captação: 180 litros/segundo) e do córrego do Espraiado (vazão de captação 40 litros/segundo). Ao entrar no perímetro urbano, este passa a ser limitado em um canal artificial onde recebe a contribuição de alguns dos seus tributários (Santa Maria Madalena, córrego do Gregório e córrego do Tijuco Preto) (Figura 2), que de acordo com Gonçalves (1986), também são impactados, e de águas residuárias, formadas principalmente por esgotos sanitários da região norte de São Carlos e efluentes industriais de curtumes, fábricas de papel, de tintas, além de produtos alimentícios (Cortêz *et al.*, 2000).

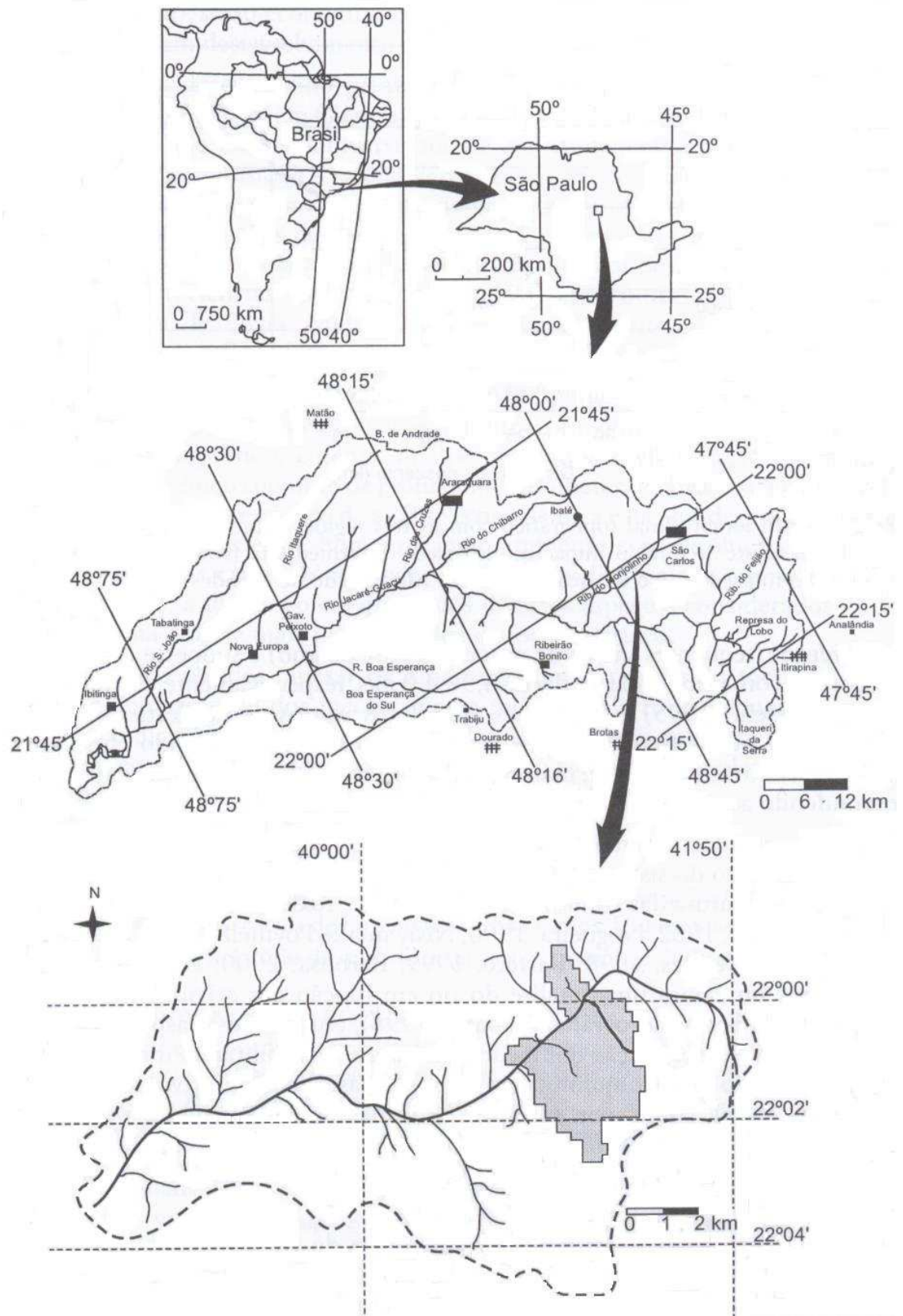


Figura 1 – Localização geográfica da bacia do rio Monjolinho (Espíndola., 2000).



## 2.2 Estudos realizados na Bacia do rio Monjolinho

Vários estudos já foram realizados na bacia hidrográfica do rio Monjolinho, englobando as mais diversas comunidades bióticas, incluindo organismos bentônicos, macroalgas, protozoários além de estudos relacionados à Educação Ambiental, Ecotoxicologia Aquática, entre outras, os quais serão cronologicamente considerados a seguir.

Damaceno *et al.* (1971), avaliaram o balanço de oxigênio ao longo do rio Monjolinho, com a intenção de observar o grau de poluição, assim como a capacidade de autodepuração deste. Os autores chegaram à conclusão de que o rio naquela época já se apresentava poluído em alguns trechos na região urbana, mas que possuía alguma capacidade de recuperação ao longo do seu curso.

Povinelli (1972), analisou os fatores que influenciam na constante de desoxigenação na equação da DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), em rios com diferentes graus de poluição, dentre eles, o rio Monjolinho. Este estudo também detectou os impactos, advindos do despejo de efluentes, após a passagem pela área urbana do município de São Carlos.

O estudo realizado por Sé (1992), no rio Monjolinho e sua bacia hidrográfica, visou o estabelecimento de um plano de Educação Ambiental para as populações locais e regionais. Dentre as conclusões apresentadas, constou a divisão do rio em cinco subsistemas característicos, cada um com um diferente grau de intervenção antrópica, os quais devem ser considerados no estabelecimento de metas ou programas para a recuperação do sistema.

Santos (1993), realizou um estudo limnológico em dois tributários do rio Monjolinho, os córregos da Água Fria e da Água Quente. A autora realizou o levantamento qualitativo e quantitativo das comunidades zooplanctônica, fitoplanctônica, bentônica e de macrófitas aquáticas, além da avaliação das condições físicas e químicas, procurando comparar a qualidade das águas dos dois córregos. Com relação à comunidade de macrófitas aquáticas, estas foram encontradas apenas em alguns pontos, constituindo comunidades mistas de plantas aquáticas e anfíbias, que apresentaram baixos valores de biomassa em ambos os córregos. Concluiu-se com este estudo que, apesar de ambos os córregos serem próximos, pertencerem à mesma sub-bacia e drenarem solos com características semelhantes, os mesmos possuem águas com

características físicas e químicas bem diferentes, e do ponto de vista ecológico, o córrego da Água Fria apresentou melhor qualidade do que o córrego da Água Quente.

Em outro estudo realizado na bacia do rio Monjolinho, Guerreschi (1995) monitorou a sub-bacia através dos invertebrados bentônicos. A autora verificou com este trabalho, diferenças marcantes nas variáveis físicas e químicas neste rio devido principalmente a intervenção do homem. Enquanto na nascente houve uma diversidade significativa de espécies ( $H' > 2,5$ ) e a presença de organismos indicadores de boa qualidade de água, as outras estações de coleta apresentaram índices de diversidade de moderado a baixo ( $H' < 1,5$ ), com a presença de organismos mais tolerantes a poluição.

Chinalia (1996), caracterizou as populações de protozoários, com ênfase na verificação da aplicabilidade destes na avaliação da qualidade de água dos rios Monjolinho e Jacaré-Guaçu. No ponto da nascente do rio Monjolinho, que foi considerada como pouco impactada pelo estudo, foram encontrados protozoários oligossapróbicos, ou seja, de água pouco poluída, enquanto no ponto após a passagem do rio pela cidade de São Carlos, foram verificados elevados valores de coliformes fecais e a presença de protozoários polissapróbicos, em outras palavras, indicadores de água altamente poluída, como *Aspidisca*, *Vorticella microstoma*, *Sapronidium*, entre outros.

Salami (1996), ao observar as influências antropogênicas e climáticas sobre as características físicas e químicas do rio Monjolinho, concluiu que as influências antrópicas juntamente com as características naturais do rio Monjolinho, o definem como um ambiente extremamente variável no tempo e no espaço. Durante o período de seca, houve grandes variações nas características físicas e químicas da água, destacando-se os valores médios de oxigênio dissolvido, que nesta época, foram em média inferiores a  $6,0 \text{ mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ , com a exceção de três pontos, indicando o agravamento das condições do rio devido ao aporte insuficiente de água nesta época.

Na avaliação dos impactos sobre a macrofauna bentônica ao longo do rio Monjolinho, Mendes (1998) dividiu o rio Monjolinho em três regiões: a primeira, da nascente até a entrada na cidade, com ocupação predominantemente rural e suburbana; a segunda, onde o rio percorre a cidade de São Carlos, com uma ocupação urbana e alta influência antrópica, e a terceira onde há novamente uma ocupação rural, com predominância de plantações de cana e pastagens. O autor concluiu que a principal fonte de impacto sobre a comunidade bentônica está na cidade, onde há despejos industriais e domésticos diretamente no rio, e embora haja recuperação, das características físicas e



químicas da água ao longo do rio, demonstrando alguma capacidade de depuração, grande parte dos contaminantes fica depositada nos sedimentos, e deste modo faz com que o impacto sobre a comunidade bentônica seja constante e amplie-se ao longo do rio, independente do regime climático.

Barreto (1999), ao quantificar e avaliar a distribuição de metais no rio Monjolinho nas comunidades nectônica, bentônica, perifítica e de macrófitas aquáticas, além dos sedimentos e coluna d'água verificou que as concentrações de zinco, chumbo, níquel, ferro e cádmio, desempenharam papel fundamental no declínio da qualidade das águas do rio Monjolinho. Com relação as macrófitas, a única espécie amostrada pela autora foi *Heteranthera reniformis*, que a considerou como uma excelente indicadora de contaminação ambiental por metais pesados, se comparados a outros compartimentos, como a água e os peixes.

O estudo sobre qualidade das águas do rio Monjolinho, Marinelli *et al.* (2000), detectaram que vários parâmetros, tais como os nutrientes, sofrem alterações ao longo do rio devido às ações antrópicas, acarretando em um gradiente decrescente da qualidade da água no sentido da nascente para a foz. Os autores consideraram que os lançamentos de esgotos domésticos e industriais e a expansão das atividades agrícolas na região são os principais fatores determinantes da qualidade da água.

Além disso, Peláez-Rodríguez (2001), ao estudar a bacia do Alto Jacaré-Guaçu, procurando avaliar a qualidade da água do ribeirão do Feijão e do rio Monjolinho através da análise física, química e biológica da água e sedimentos, verificou alta concentração de metais biodisponíveis nos sedimentos, principalmente prata e chumbo, e de pesticidas organoclorados próximo ao local de captação de água de São Carlos, no rio Monjolinho. O autor enfatizou a necessidade de maior atenção à nascente do rio Monjolinho, a qual já se apresenta moderadamente impactado, segundo as características físicas, químicas e biológicas da água, a ausência de mata ciliar e a tendência da expansão da área urbana para a região da nascente.

Almeida (2001) retratou através da memória dos velhos cidadãos de São Carlos a degradação e a perda de usos do rio Monjolinho através dos últimos 70 anos, de forma a utilizá-los como registro cientificamente válido para a detecção de impactos ambientais, assim como o resgate da história do processo de urbanização da cidade.

Souza (2002), ao analisar a comunidade de diatomáceas epilíticas ao longo do rio Monjolinho e a sua relação com as variáveis físicas e químicas da água, verificou, a partir dos valores do índice de saprobidade e do índice de estado trófico, que este se

---

apresenta eutrofizado desde próximo a sua nascente até a sua foz, porém apresentando alta capacidade de depuração. A autora também verificou que a espécie *Gomphonema parvulum*, mostrou grande afinidade a baixos níveis de saprobidade e de concentração de fósforo total, decrescendo em abundância relativa à medida que a poluição orgânica e trofia do rio aumentaram, não coincidindo com a classificação de indicadora de águas poluídas, como citado em literatura.

Por outro lado, Peres (2002), verificou que a maioria das espécies de macroalgas encontradas foram consideradas características de zonas poluídas ou de forte poluição, tais como *Klebsormidium subtile*, *Stigeochlonium amoenum*, *S. helveticum*, *Spyrogira* sp, *Phormidium retzii*, *P. inundatum*, entre outras.

Finalmente Lima (2003), analisou o nível de informação, o grau de interesse e a percepção ambiental dos moradores de São Carlos em relação aos rios e córregos da bacia do rio Monjolinho através de entrevistas estruturadas. Em sua pesquisa, o autor concluiu que a maioria dos moradores entrevistados não possuem relações afetivas com os corpos d'água do seu entorno, o que poderia dificultar a disponibilidade destes em participar de ações em prol da recuperação destes corpos d'água. Além disso, a maioria das pessoas desconhece o conceito de bacia hidrográfica e a origem da água de abastecimento, existindo, porém a preocupação com a qualidade e a quantidade desta. O autor também ressalta que a percepção dos entrevistados com relação ao rio Monjolinho é acentuadamente negativa devido a atual situação de degradação em que se encontram os trechos dentro da área urbana e suburbana do município.

### ***3. Objetivos***

Foram objetivos gerais deste estudo, o levantamento e distribuição de macrófitas aquáticas no rio Monjolinho, como uma forma de contribuir ao conhecimento sobre a riqueza de espécies desta comunidade, bem como a análise da relação existente entre as macrófitas aquáticas e as variáveis ambientais no ambiente estudado.

Para tanto, foram considerados os seguintes aspectos, apresentados nos capítulos 1, 2 e 3, respectivamente:

- Caracterizar física e quimicamente a água e os sedimentos em pontos de amostragem no rio Monjolinho e nos córregos Santa Maria Madalena, Tijuco Preto e da Água Fria (afluentes), visando conhecer o atual estado do rio e comparar os resultados obtidos com os de estudos já realizados nesta mesma bacia, avaliando-se a variação temporal neste ambiente;
- Realizar um levantamento sobre as espécies de macrófitas aquáticas e sua distribuição ao longo do rio Monjolinho, uma vez que há carência de informações sobre esta comunidade no mesmo;
- Verificar quais variáveis físicas e químicas podem influenciar na distribuição das macrófitas aquáticas no rio Monjolinho, uma vez que estudos deste tipo são escassos em rios de regiões tropicais, principalmente em rios influenciados pelos impactos das áreas urbanas.