

## WETLANDS NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – PR: GESTÃO E DESAFIOS

Celia Regina Gapski Yamamoto  
Instituto Federal do Paraná  
[celiayamamoto@gmail.com](mailto:celiayamamoto@gmail.com)

### RESUMO

Diversas políticas públicas aplicadas ao solo urbano visam a promoção sustentável do uso dos espaços. Muitas vezes, porém, instrumentos não são suficientes ou eficientes para o alcance dos resultados esperados, promovendo desvios nos objetivos projetados, cuja recondução depende de um eficiente sistema de gestão. Saliente-se as gravíssimas conseqüências da poluição das águas bem como a importância da gestão das *wetlands* para as águas e a gestão das águas para as *wetlands*. Os desvios entre os modelos aplicados e projetados em áreas urbanas e os ganhos em recursos hídricos podem ser detectados, permitindo o equilíbrio entre a utilização dos recursos disponíveis e o desenvolvimento sustentável das cidades e a avaliação e gestão das *wetlands* que se mostram potencial para a melhoria da qualidade das águas dos rios. Aplicando a abordagem metodológica do sistema tripolar GTP (Geossistema, Território e Paisagem), preconizado por Bertrand e Bertrand, para uma avaliação qualitativa e quantitativa de *wetlands* urbanas e de utilização potencial destas para a melhoria da disponibilidade de recursos hídricos e adotando-se, como estudo de caso, parte da bacia hidrográfica do Alto Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba, Paraná, foram realizadas as análises qualitativa e quantitativa de algumas variáveis envolvidas, obtendo-se a síntese necessária a priorização de ambientes potenciais para os recursos hídricos e dessa forma, contribuir com diretrizes para a requalificação do espaço (recomposição ambiental das áreas), visando a melhoria das águas urbanas e a conservação das *wetlands* do Alto Iguaçu e, também, a aplicação em outras bacias.

**Palavras-chave:** gestão urbana, gestão de recursos hídricos, *wetlands*, desenvolvimento sustentável.

### WETLANDS IN THE CURITIBA METROPOLITAN REGION - PR: MANAGEMENT AND CHALLENGES

### ABSTRACT

Several public policies applied to urban land have as objective the sustainable promotion of open spaces' use. However, sometimes their instruments are not enough or are not efficient to achieve the goals, promoting deviations in the projected objectives, whose reconveyance depends on an efficient management system. It's noticeable the serious consequences of water pollution as well as the importance of the management of *wetlands* for the waters and the water management for the *wetlands*. The deviations between the models, applied and projected on urban areas, and the gains on water resources can be detected, allowing the equilibrium between the use of natural resources, the cities sustainable development and the *wetlands* management, that show potential for bettering the quality of river's water. Applying a methodological essay based on GTP – Geosystem, Territory and Landscape, it was evaluated qualitative and quantitative aspects of the urban *wetlands* and their potential use for enhancing the availability of water resources on Iguaçu river basin inside the limits of Curitiba metropolitan area. Considering the results of the researched variables it was possible to achieve the necessary synthesis and the priority environments that should have their functions restored, objectifying the improving of urban water and Upper Iguaçu *wetlands* conservation.

**Keywords:** urban management, water resources management, *Wetlands*, sustainable development.

## INTRODUÇÃO

As áreas úmidas, internacionalmente conhecidas por *wetlands* são paisagens com presença permanente ou periódica de água e compreendem diferentes ecossistemas que cobrem uma considerável parte da superfície terrestre. A definição mais amplamente difundida para *wetlands* é a adotada pela Convenção de Ramsar, assinada em 02 de fevereiro de 1971, na qual se inclui as várzeas, como *wetlands* naturais.

São verdadeiras riquezas regionais, necessitando serem administradas, valorizadas e apreciadas, pois em certas periferias urbanas são transformadas e ameaçadas ao desaparecimento devido a ocupações, trazendo um custo a esta exploração ou uso. Na Região Metropolitana de Curitiba - RMC -, bacia hidrográfica do Alto Iguaçu, um dos maiores desafios é a gestão de suas *wetlands*, altamente urbanizadas e povoadas, com evidentes interferências na qualidade das águas, degradadas pelas atividades antrópicas, gerando situações potenciais de escassez para o consumo humano em condições adequadas de qualidade. O rio Iguaçu e suas *wetlands* tiveram seu regime modificado pelas retificações, barragens, poluição, usos e atividades nas margens. Trata-se de um recurso que foi diferentemente valorizado e artificializado pelos sistemas econômicos que se sucederam ao longo do tempo.

Partindo-se da premissa de que a sustentabilidade econômica, social e ambiental da RMC passa pela consideração da urgência em atenuar os impactos negativos das relações entre desenvolvimento urbano e disponibilidade dos recursos hídricos, o objetivo geral é de proporcionar e contribuir com a avaliação e gestão das várzeas – *wetlands* - que se mostram potencial para a melhoria da qualidade das águas dos rios. Este artigo apresenta aspectos relacionados a três dos objetivos específicos trabalhados por Yamamoto (2011): identificar um banco de *wetlands* atuais na bacia hidrográfica do Alto Iguaçu na RMC; determinar a extensão e variabilidade das várzeas inventariando tipos de *wetlands* ocorrentes na bacia hidrográfica do Alto Iguaçu e propor ferramentas de proteção/manutenção e restauração das funções de *wetlands*.

## REFERENCIAL TEÓRICO

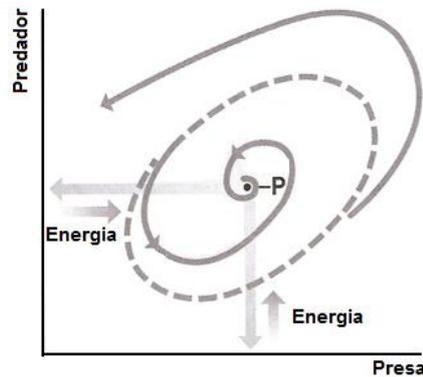
Operar na sustentabilidade implica repartir o poder, de maneira cada vez mais equilibrada, entre governos, empresas e organização da sociedade civil, não havendo formulação de política ou solução possível sem o envolvimento desses três atores fundamentais da sociedade, tendo o conhecimento produzido pela ciência como orientação. Um projeto, mesmo de pequeno porte, para a transformação radical de uma determinada área, se receber recursos financeiros, liderança forte e for desenhado para resultar em ganhos de escala, resultará num modelo capaz de “contaminar” o entorno e alcançar a escala, no mínimo, regional (ALMEIDA, 2007).

Operar na sustentabilidade, também, parte da premissa de que há uma resiliência nos ecossistemas e, portanto, uma capacidade de uso. Os sistemas de *wetlands* não são frágeis, uma vez que derivam das próprias alterações a que foram submetidos, retendo considerável biodiversidade, embora, também, não sejam infinitamente resilientes (TASSI, 2007).

Contudo, para que o uso dos serviços ambientais seja sustentável, este deve estar dentro da zona de domínio de atração, uma zona teórica, em que os diversos componentes do ecossistema interagem em equilíbrio dinâmico, apresentada na Figura 1. Vetores de pressão sobre os ecossistemas podem coexistir, contudo, se deslocarem o ponto P para além da zona de domínio de atração (pontilhada na figura), duas situações podem ocorrer: o sistema se extingue ou o equilíbrio se estabelece em outro patamar, isto é, outra área de equilíbrio dinâmico com menor diversidade biológica. O problema se dá quando o ecossistema perde a capacidade de prestar o serviço ambiental ou a capacidade de autodepuração, caminhando para a extinção. Do ponto de vista da sustentabilidade, a situação mais aceitável, dá-se na escala em que certo grau de perda da diversidade é inevitável (ALMEIDA, 2007).

Os indicadores de estado de uma wetland, entendidos como “elementos” que compõem a mesma, permitem investigar o grau de perturbação ao qual está submetida e avaliar a resiliência, além de se constituírem em importante ferramenta quando o assunto é recuperação ambiental (TASSI, 2007).

Figura 1 - Zona de domínio de atração



Fonte: ALMEIDA, 2007

Essencialmente, as inundações e em menor grau as secas, são problemas eminentemente humanos, já que a estrutura dos ecossistemas inundáveis e a biota em seus diferentes níveis de integração estão ajustadas mediante mecanismos de seleção adaptativa que tem operado de forma contínua durante períodos muito prolongados. A inundação é a “mala” de processos biológicos, sociais, econômicos, políticos e culturais que se originam do extravasamento das águas sobre um território. Esta situação pode resultar prejudicial por sua magnitude, amplitude, pelo inesperado de sua ocorrência, mas também pela incoerência do funcionamento da sociedade humana antes, durante e depois de sua manifestação (NEIFF, 1999; CURSIO *et al.*, 2007).

A variação nos níveis fluviométricos promove a conectividade entre diferentes *wetlands* e destas com os cursos d’água, promovendo o fluxo de nutrientes e de organismos aquáticos, essencial ao funcionamento dos sistemas fluviais (NEIFF; 1999, 2008; TOCKNER; STANFORD, 2002; VERHOEVEN *et al.*, 2008).

A deterioração da qualidade das águas, a impermeabilização, a perda do meandrar como um processo ambiental natural do rio, a construção de obras de engenharia nos rios de canalização, retificação, drenagem, polderização, represamento, entre outras, ao alterar o regime hidrológico, produzem efeitos sobre as *wetlands* da bacia hidrográfica (NEIFF, 1999; VERHOEVEN *et al.*, 2008). Uma alteração na vazão modifica a capacidade do rio para transportar sedimentos e desta maneira interfere no balanço dos processos de erosão/sedimentação que controlam as formas do leito e a renovação das geformas da paisagem (NEIFF; 1999, 2008).

O transbordamento dos rios constitui um importante processo sedimentar, especialmente importante em sistemas fluviais, provocando a deposição da fração mais grosseira de sua carga suspensa imediatamente às margens do canal constituindo os depósitos de diques naturais, enquanto a fração mais fina da carga em suspensão é espalhada pela planície de inundação, originando os depósitos de planície de inundação ou de várzea (SUGUIO; BIGARELLA, 1979).

O problema das enchentes continuará se agravando consideravelmente no futuro. Crescentes quantidades de material mais fino, como areia, silte e argila (SUGUIO; BIGARELLA, 1979, TUNDISI, 2008) e parte do fósforo e outros nutrientes, aderidos aos sedimentos transportados (NEIFF, 1999; TUNDISI, 2008) podem ser depositadas no leito ou nas várzeas dos rios, retidos nas barragens, reservatórios, canais de drenagem, sempre causando prejuízos (SUGUIO; BIGARELLA, 1979, CURSIO *et al.*, 2007).

O conceito de bacia hidrográfica ajuda a colocar em perspectiva muitos dos problemas e conflitos, podendo ser citado que as causas e as soluções da poluição da água não serão encontradas olhando-se apenas para o canal fluvial, sendo necessário considerar a bacia de drenagem como unidade de gerenciamento. Assim, os campos, as florestas, as massas de

água e as cidades, interligadas por um sistema de riachos ou rios (ou canais ou urna rede de drenagem subterrânea), interagem como uma unidade prática tanto para o planejamento como para a gestão (ODUM, 1988).

A fragmentação de áreas naturais e destruição das conexões hidrológicas tem resultado em bacias degradadas funcionalmente, nas quais os problemas de qualidade das águas ocorrem regularmente (VERHOEVEN *et al.*, 2008).

Uma vez que é muito difícil e muito cara a recuperação ambiental de um rio poluído, a estratégia de manejo da zona ripária é, sem dúvida, a mais racional para manter os recursos hídricos e a qualidade ambiental dos rios (NAIMAN; DÉCAMPS, 1997). Por outro lado, a gradativa perda de resiliência dos ecossistemas ripários, tornando-os, assim, mais vulneráveis a perturbações que de outro modo seriam normalmente absorvidos (e toda a degradação hidrológica decorrente dela) é, sem dúvida, um dos impactos ambientais mais evidentes (NEIFF, 1999; GUNDERSON, 2000; LIMA, 2003).

As várzeas, frequentemente drenadas ou aterradas e, também, recheadas de tubulações de drenagem urbana, de maneira que as águas da cidade chegam diretamente aos rios e, também, o estado da deterioração da qualidade das águas fluviais atestam a importância de medidas de restauração auto sustentáveis dos processos e suas funções (VERHOEVEN *et al.*, 2008). Técnicas e sistemas sustentáveis com boa *performance* custo/benefício podem assumir diferentes formas e incluem: *wetlands* construídas, restauradores e filtros.

Filtros podem ser usados como opção de tratamento sem adição de produtos químicos, tanto de águas residuárias (BRIX; ARIAS, 2005) como de águas dos rios conforme experiência de purificação do rio *Tama*, Japão, com a instalação de filtros de pedregulho subterrâneos em três de seus afluentes. A água afluente aos sistemas *Nogawa*, *Hirasegawa* e *Yajigawa* com DBO de 13, 20 e 15 mg/L foi devolvida aos rios com DBO entre 0,5 e 1,5 mg/L, resultando eficiência superior a 90% (Japão, 198-?).

*Fuzhou, China*, uma cidade com, aproximadamente, três milhões de habitantes na bacia hidrográfica do *Min River*, com seus canais históricos cheios de lixo, esgoto *in natura* e sedimento, adotou uma solução não convencional. *Living machines* (restauradores, tradução nossa) foram instalados ao longo de 600 m do canal de *Baima*, que recebia esgotos de 12.000 pessoas, resultando em uma bela estrutura (Figura 2) e um jardim funcional que custou 1/8 do orçamento de um tratamento convencional de esgotos.

Figura 2 - Restauradores *Living machines*, canal de *Baima*, China



Fonte: OAI, 2008

Após um ano de operação, as águas ao longo do canal se tornaram claras, sem odor desagradável e ainda contento muitos peixes, tempo em que os vizinhos do canal relataram terem visto borboletas e pássaros pela primeira vez em suas vidas. Os índices de amônia (de 80 ppm para 10 a 15 ppm) e DBO (de 150 mg/L para 15 mg/L) decresceram, enquanto o oxigênio dissolvido (de 0,3 e 0,5 mg/L para 6 mg/L) foi aumentado (CHARMAN, 2004).

Desenvolvidas na Alemanha, Estados Unidos, Reino Unido e Dinamarca, as *wetlands* construídas são uma evolução das técnicas de filtração e purificação, utilizando plantas aquáticas. Ricas em nutrientes atuam para a recuperação de um sítio ou lugar após terem

sido impactadas por poluição ou extração ou, também, como habitat da vida selvagem (MOLLE *et al.*, 2005). Os sistemas com plantas são eficientes porque o processo de degradação da matéria orgânica (mineralização, nitrificação, desnitrificação) é muito completo. Além disso, são removidos não só nutrientes (por exemplo, fosfatos) que levam a eutrofização das águas, mas também coliformes e substâncias inorgânicas, como metais pesados e os custos de operação e manutenção são extremamente baixos. Podem, se desejável, serem configurados como elementos de paisagismo, por exemplo, em forma de jardins e parques (FATMA, 2002), que foi o caso de wetland na ilha de *Koh Phi Phi Don* (KONNERUP; BRIX, 2008).

Um sistema múltiplo de wetlands construídas com área total de 6000 m<sup>2</sup>, composto de wetlands construídas de fluxo vertical (2.300 m<sup>2</sup>), de fluxo subsuperficial horizontal (2.000 m<sup>2</sup>), de fluxo superficial horizontal (1.500 m<sup>2</sup>) e lagos (200 m<sup>2</sup>) (Figura 3) trata 400 m<sup>3</sup>/d de esgotos de um hotel incorporando-se como jardins, produzindo variedades de *Canna* e *Heliconia*. O sistema remove os contaminantes e retorna a água para reuso nos hotéis, restaurantes e residências da ilha (KONNERUP; BRIX, 2008).

Figura 3 - Wetland construída de *Koh Phi Phi Don*



Vista aérea do sistema

Fonte: LAUGESSEN *et al.*, 2010

Nota: VF – wetlands de fluxo vertical; HSSF – wetlands de fluxo subsuperficial horizontal; SF – wetlands de fluxo superficial horizontal

Concepção do sistema

## ÁREA DE ESTUDO

A situação de comprometimento dos rios é resultado de um processo histórico de ocupação. Curitiba teria se formado sobre as várzeas e as intervenções nessas. Seu primeiro parque, o Passeio Público se concretizava, em 1886, a partir dos trabalhos de saneamento do rio Belém, famoso por suas áreas de terrenos alagadiços, consideradas problema (DUARTE; GUINSKI, 2002), áreas insalubres e que deveriam ser “saneadas”, ou seja, transformadas em outro tipo de ambiente, pela drenagem ou aterro ou qualquer outra forma a fazê-las desaparecer (VITOR, 1996). A água, em seu sentido geral se tornou um dos elementos direcionadores da expansão urbana (TREVISAN, 2004). E, outros municípios da bacia hidrográfica, a exemplo de Curitiba, drenaram e ocuparam suas várzeas. Várias intervenções se realizaram com os propósitos de sanear as áreas alagadiças, ganhar terreno aproveitável e evitar os efeitos das enchentes (LANGE, 2005).

A Figura 4 apresenta as áreas de aluviões atuais, sedimentos areno-siltico-argilosos depositados em ambiente fluvial, intercalados com camadas de areia fina a grossa e cascalhos, que caracterizam, preliminarmente, as wetlands do Iguaçu, mais conhecidas como as várzeas do rio Iguaçu, correspondendo à superfície de 465 km<sup>2</sup>, na RMC e bacia hidrográfica do Alto Iguaçu e 16% da bacia hidrográfica. A Figura 5 destaca, em vermelho, os 68 km<sup>2</sup> das áreas urbanas, assim consideradas pelo uso de solo, sobrepostas com a classe aluviões e terraços aluvionares. Apresenta, também, (em azul) as áreas alagadas e de cavas (39 km<sup>2</sup>), que ocorrem nas áreas de aluviões atuais na bacia de gestão do Alto Iguaçu (SUDERHSA, 2001).

Figura 4 - Áreas de aluvião na bacia hidrográfica do Alto Iguaçu

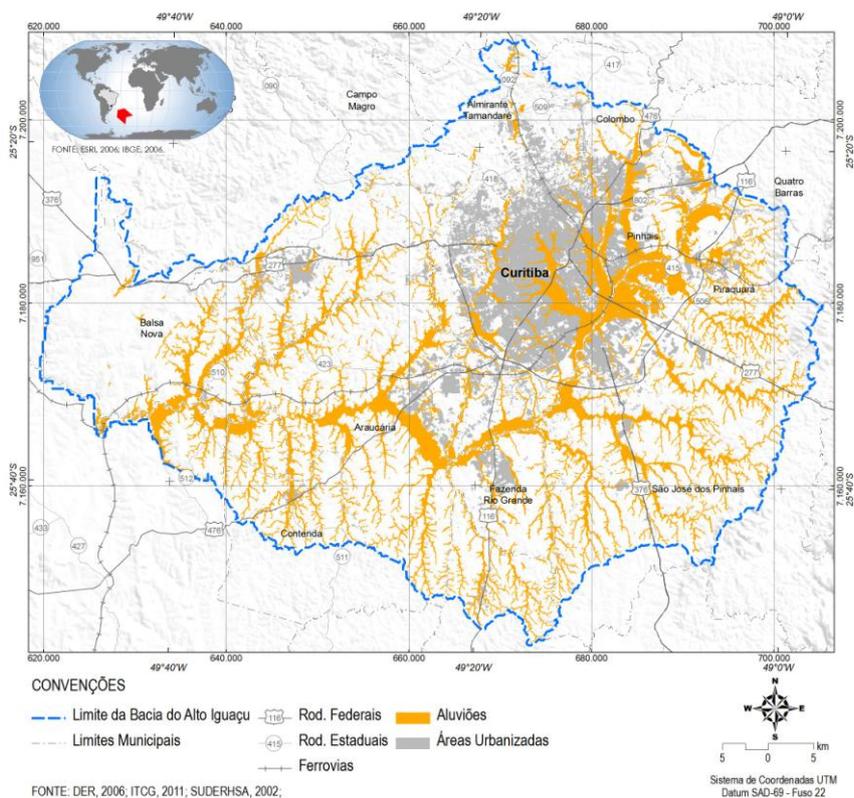
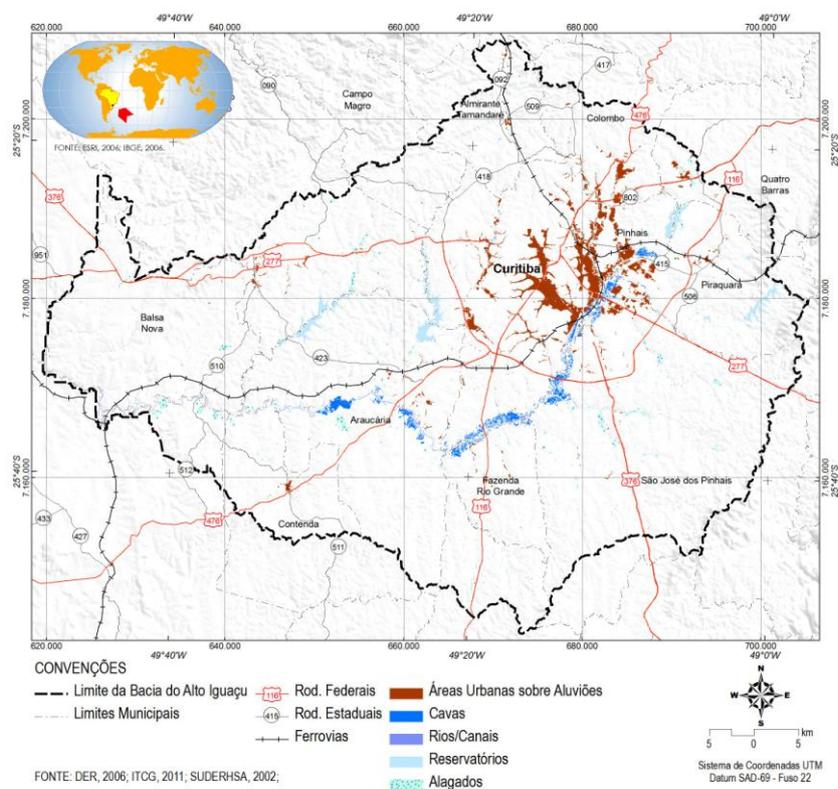


Figura 5 – Uso do solo nos aluviões da bacia hidrográfica do Alto Iguaçu



O sistema fluvial Iguaçu apresenta-se na atualidade como um binário em sua parte de montante. O fator controle de cheias provocou a retificação do curso do rio Iguaçu, eliminando sua característica meandrante e conferindo-lhe um traçado retilíneo de 30 m de largura média ao longo de 29 km, entre a PR-415 e a BR-116 e a abertura do canal paralelo, que inicia no rio Irai, a jusante do rio Piraquara e PR 415, se desenvolve paralelo à margem esquerda do rio Iguaçu até além do Contorno Leste, às proximidades da foz do rio Miringuava, numa extensão de 20 km, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - Canal extravasor, retificação e alargamento do rio Iguaçu



Fonte: AGUASPARANA, 2008

Legenda

- Rio Iguaçu no trecho duplicado
- Canal extravasor
- Rio Iguaçu no trecho retificado

Assim, há que ressaltar que as planícies de inundação e os rios não são os mesmos rios e planícies anteriores à urbanização. Se na planície original as inundações sazonais eram naturais, não são mais as mesmas inundações que atualmente ocorrem devido às alterações do curso dos rios e da várzea em certas partes de forma irreversível, a menos de um brutal reordenamento urbano.

## METODOLOGIA

Para dar conta da análise e compreensão dos processos atuais, entre as interações da sociedade moderna e da natureza, que se fazem necessários, e da avaliação das *wetlands*, visto que o seu estado atual na área de estudo é de uma situação de conflito pelo uso da água num quadro de intenso processo de degradação ambiental devido à urbanização descontrolada dos anos recentes é aplicado o que Bertrand e Bertrand (2007) propõem: o uso da abordagem metodológica do sistema tripolar GTP (Geossistema, Território e Paisagem), três categorias espaço-temporal diferentes, mas complementares. O Geossistema permite um esboço de análise espaço-temporal através do seu grau de antropização, por suas características espaciais, biogeoquímicas de suas águas e de seus ritmos hidrológicos, situando cada unidade geossistêmica em uma perspectiva dinâmica. O Território permite analisar as repercussões da organização e dos funcionamentos sociais e econômicos sobre o espaço considerado, os atores, individuais ou coletivos, atuais ou passados que intervêm no território considerado. A Paisagem representa a dimensão sociocultural do mesmo conjunto geográfico: os tipos de relações entre os lugares e os atores da paisagem, individuais ou coletivos, que intervêm diferentemente na paisagem, do simples passageiro ao construtor, enquanto estados paisagísticos da sociedade. Ainda, conforme os autores, a paisagem é também um espelho que as sociedades erguem para si mesmas e que as reflete.

A primeira etapa da aplicação da abordagem metodológica consistiu na identificação da *wetland* como um geossistema caracterizando suas propriedades e processos:

1) Foram identificadas as áreas onde existe habitat de qualidade para as espécies de macrófitas aquáticas e, ainda, por exclusão, as regiões em que frente a um dado regime hídrico permanecem secas, não permitindo o desenvolvimento de vegetação hidrófila ou higrófila, mas caracterizando o ambiente abiótico adequado para o desenvolvimento de espécies mesófilas. Foram necessárias basicamente duas informações: uma imagem que representa o modelo

numérico da topografia de fundo das várzeas, modelo digital do terreno, e uma imagem que representa a cota da lâmina de água para o cenário hidrológico a ser avaliado. Para a topografia do fundo, foi utilizado o modelo numérico topográfico (MNT) gerado a partir de SUDERHSA (2001). Os níveis máximos de enchentes resultantes de simulação para os tempos de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos conhecidos em 92 seções nos rios Iraí/Iguaçu e canal paralelo (COMEC, 1996), entre as estações telemétricas Olaria do Estado e Balsa Nova, foram estendidos para a planície. Foram interpolados pelo método de Kriging, no ArcGIS 9.3, utilizando a extensão Geostatistical Analys, que se mostrou mais adequado para a quantidade de dados disponíveis, abrangendo uma grade de 596 km<sup>2</sup>. O produto final de cada modelagem foi um mapa (TRs 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos) em escala de cores, que reflete a qualidade de cada pixel em relação à capacidade de comportar níveis d'água (alturas de lâminas) e assim de comportar as espécies de macrófitas aquáticas.

2) Foram caracterizadas as componentes do hidroperíodo, sua frequência, intensidade, amplitudes e sazonalidade, no período 2000 a 2008 considerando a série histórica de níveis registrada pelas estações telemétricas Pinhais, BR - 277, ETE Belém, Ponte Umbarazinho, ETE Araucária e Balsa Nova (AGUASPARANA, 2011), dando a conhecer as condições sob as quais as *wetlands* do Iguaçu estiveram sujeitas.

3) Foram realizadas campanhas para a identificação das espécies de macrófitas nas cavas entre o canal extravasor e o rio Iraí, procedendo coletas de amostras e fotografias das espécies existentes. A identificação foi realizada através de consulta à literatura.

4) Foram realizadas campanhas para avaliação da qualidade das águas nas cavas, rio Iraí e canal paralelo, entre abril de 2008 e dezembro de 2010. Em 2009 foram inseridas *wetlands* construídas e os rios Itaqui e Pequeno na pesquisa e em 2010 as amostragens e análises foram, também, realizadas em outros rios da bacia hidrográfica do Iguaçu (Palmital e Atuba).

Para realização de todas as análises, os materiais foram previamente descontaminados, as amostras coletadas foram estocadas de acordo com a posterior análise a qual a mesma seria sujeita. A água, para as análises físicas e químicas em laboratório, foi coletada com garrafas de *Van Dorn*, armazenadas e preservadas em gelo até o deslocamento ao laboratório onde foram armazenadas a 4°C até serem realizadas todas as análises. As análises físicas e químicas da água foram realizadas em amostras *in natura* e filtradas. As filtrações foram realizadas utilizando-se membranas Millipore de éster de celulose, 0,45 µm.

Em campo foram obtidos valores de temperatura da água e ar, pH (pHmetro Digimed-DM2), oxigênio dissolvido (Oxímetro Digimed-DM4), intensidade luminosa e profundidade (disco de Secchi) da água.

No laboratório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR foram analisados os parâmetros de: N-nitrito (método colorimétrico), N-nitrato (método da redução do Cádmio), N-amoniaco (método de fenato), ortofosfato (método do ácido ascórbico) e fósforo total dissolvido (digestão ácida, método do ácido ascórbico), todos os métodos descritos por APHA (1998).

A partir de amostras *in natura* foram quantificados a concentração de fósforo total e demanda química de oxigênio (APHA, 1998). As análises de cloreto seguiram o método titulométrico do nitrato mercúrico, sólidos o método gravimétrico e a clorofila seguiu o método proposto pelo Instituto Ambiental do Paraná, através de extração com álcool etílico. O teste de alcalinidade foi realizado logo após a coleta, já no laboratório, através do método Gran. A concentração de oxigênio dissolvido - COD - foi determinada empregando o equipamento TOC 5000-A Shimadzu em amostras filtradas (APHA, 1998). A determinação da cafeína foi realizada por cromatografia líquida na Universidade Federal do Paraná - UFPR.

As análises de demanda bioquímica de oxigênio - DBO, *E. coli* e coliformes totais foram realizadas nos laboratórios do Instituto Ambiental do Paraná - IAP.

A segunda etapa da abordagem deu conta da organização dos antecedentes históricos, que se revelam importantes ao estudo do tema, e dos contornos normativos, que expressam o estado da arte dos sistemas de gestão ambiental, urbana e de recursos hídricos, que devem interagir no espaço das cidades, na formação de estoque de áreas de várzeas urbanas, apropriadas com usos considerados de interesse para o alcance dos objetivos de melhoria de qualidade das águas e da sustentabilidade da metrópole.

Na terceira etapa foram identificadas quais são as principais funções, usos preponderantes das *wetlands* no cenário por elas ocupado e conectividades pelas águas e antrópicas, detectáveis dado o estado do ambiente. Entre abril de 2006 e junho de 2011, foram visitados os ambientes de várzea entre Pinhais e Balsa Nova e de cavas à montante da BR-277.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A abordagem metodológica se mostrou coerente, apropriada e eficaz, dada a necessidade de um conhecimento do estado e funcionamento dos processos físicos e biológicos, além da percepção dos impactos que têm ocorrido pela apropriação e uso das várzeas do Alto Iguaçu, e auxiliar na definição de critérios para o gerenciamento de *wetlands*, onde a água representa uma ameaça à sustentabilidade do ecossistema regional.

Os resultados obtidos nas amostragens de alguns rios da bacia hidrográfica do Alto Iguaçu apresentaram grande influência de esgotos domésticos, que é comprovado pelos altos valores de *E. coli*. O mesmo pode ser observado pelos valores de DBO, nitrogênio amoniacal e fósforo total, sendo que os pontos dos rios Atuba e Iguaçu apresentam maior degradação. Isto, provavelmente, está relacionado com o fato de um dos pontos amostrados no rio Atuba se localizar logo após a saída da ETE Atuba Sul, a qual aumenta a concentração de N-amoniacal e P-total, pois o tipo de tratamento adotado (anaeróbio) não remove nutrientes. Como o ponto amostrado no rio Iguaçu é a jusante da ETE Atuba Sul (aproximadamente 600 metros) esta carga também pode estar contribuindo com os valores obtidos neste rio.

O rio Itaqui, afluente da margem esquerda, apresenta menor influência de esgotos domésticos, podendo ser resultado da existência de uma lagoa idealizada como pesque-pague (Figura 7) que recebe a poluição difusa proporcional à densidade demográfica da bacia e o efluente da ETE Martinópolis. A entrada da lagoa apresentou maiores valores de alguns parâmetros em relação a sua saída (Tabela 1), indicando que a lagoa atua como um sistema de absorção de nutrientes, principalmente pelo fato de facilmente ocorrer o domínio de macrófitas aquáticas. Isto ocorre tanto pela entrada de nutrientes (concentração de fósforo total, ortofosfato e N-amoniacal) como também pelo fato do sedimento desta lagoa estar rico em matéria orgânica e nutrientes que são liberados pela decomposição, o que pode ser confirmado pelos valores dos mesmos nutrientes na saída da lagoa do Itaqui.

Figura 7 – Lagoa do rio Itaqui



Fonte: adaptada de Google Earth

Tabela 1 - Variação de alguns parâmetros na entrada e saída da lagoa do Itaqui.

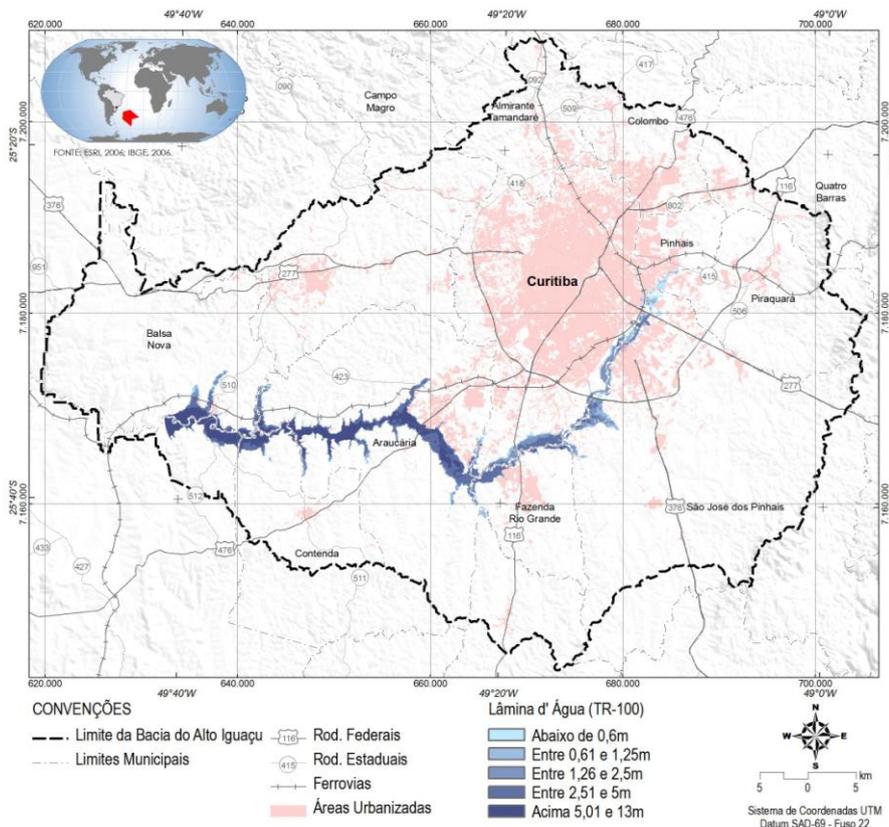
Parâmetros	Entrada da lagoa	Saída da lagoa
DBO (mg/L)	4,40 ± 2,89	2,900 ± 0,669
Ortofosfato (µg/L)	310 ± 390	100 ± 166
P-total (µg/L)	660 ± 520	470 ± 230
N-amoniaco (µg/L)	2410 ± 3210	1060 ± 1760
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	207000 ± 147000	7000 ± 640000

As intervenções representadas pela abertura do canal paralelo, retificação do rio Iguaçu e implantação de caminhos de operação e manutenção em ambas as margens do canal paralelo produziram uma alteração para a planície de inundação do alto rio Iguaçu e o conhecimento atual das relações hidrológicas mostrou-se crucial para proposta de recuperação de *wetlands*.

As conectividades aquáticas corresponderam às conectividades entre rio e ambientes da planície, entre cavas e às conectividades rio/cava na várzea, provocadas por ação antrópica localizada. Três casos serão apresentados e discutidos a seguir.

As *wetlands* como ecossistemas dinâmicos, heterogêneos em tempo e espaço, dependem da hidrologia para a manutenção de sua diversidade biológica e produtividade. E, ainda, segundo Gregory e Ashkenas (1990), o manejo deveria ser efetuado até o limite da planície de inundação. Observa-se através da Figura 8 a região de inundação e a altura das lâminas da água para o tempo de recorrência de 100 anos (122 km<sup>2</sup>), considerada como limite da planície de inundação, três vezes superior às áreas permanentemente alagadas e de cavas em toda a bacia hidrográfica do Alto Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba.

Figura 8 - Planície inundável para TR 100



Os resultados de atributos dos pulsos (frequência, intensidade, amplitudes e sazonalidade) de cinco estações/seções mostram diferentes graus de conectividade entre diferentes setores do curso d'água e zonas fluviais adjacentes.

Olaria do Estado (município de Piraquara), primeira estação a jusante da Barragem do Iraí, acusa níveis compatíveis com probabilidade de inundação da planície, a exceção de 2007 quando apresentou níveis abaixo das cotas dos diques marginais na seção, com frequência variando de 2 a 13 vezes/ano, respectivamente em 2006 e 2001, amplitudes mínimas de 6 horas em junho de 2003 até máximas de 26 dias e 4 horas em fevereiro/março de 2002, e intensidades mínimas de aproximadamente 3 cm em maio de 2006 e máximas de 90 cm em outubro de 2001. As fases de seca e inundação de Olaria do Estado podem ser consideradas como padrão de conectividade para o trecho mais natural de rio e várzea compreendido entre os reservatórios do Iraí, Piraquara I, Piraquara II e a PR-415, coincidindo com o início do canal paralelo.

O trecho entre PR-415 e BR-277, que (na opinião do autor, por falta de outras estações) pode ser considerado monitorado pela estação Pinhais, localizada no rio Iraí, não apresentou fases de inundação. Observe-se, contudo, que todos os dados de 2003 e 2004 foram invalidados e ainda que após anos da abertura do canal paralelo, nenhuma estação do órgão gestor de recursos hídricos monitora vazões, níveis e/ou qualidade das suas águas. Enquanto na estação Pinhais somente foram identificadas fases secas considerando as cotas dos níveis de água no rio e as cotas dos diques às margens direita e esquerda do rio Iraí, na seção, visita realizada ao ambiente, na porção que as cavas se aproximam do leito antigo do Iraí mostrou possível apontar pelo menos uma entrada da inundação para a planície entre rio e canal, o meandro abandonado do rio (Figura 9), podendo ser uma causa da infestação de *Typha* em cavas.

Figura 9 - Conectividade pelo meandro abandonado



Macrófitas no meandro (17/06/2011)



Margem do rio Iraí (17/06/2011)

Fonte: autora

Diferentemente da estação Pinhais, a Estação BR - 277, apresentou a possibilidade de 14, 2, e 4 fases de inundação, respectivamente, em 2002, 2005 e 2006, com amplitudes variando entre pouco mais de um dia e meio a duas horas no ano de 2002 e intensidades máximas e mínimas de 1,45 m e 11 cm. Nos demais anos as possíveis fases de inundação alcançaram a amplitude máxima de 9 horas e 30 minutos e intensidade máxima abaixo de 53 cm, em 75% das fases registradas. É aqui onde o rio Atuba encontra-se com o rio Iraí dentro da Área de Proteção Ambiental do rio Iguaçu (APA Iguaçu), em frente à estação de captação de águas da companhia de saneamento, na BR - 277 e após receber os efluentes da estação de tratamento de esgotos Atuba Sul, formando o rio Iguaçu.

É no trecho que inicia na BR - 277, que se situam o dique que contorna a parte habitada do Jardim São Judas Tadeu, exceto pelo lado norte onde a proteção é feita pelo aterro da BR - 277 (COMEC, 1996) e outro em construção no contexto da regularização da ocupação Vila Audi/União e da implantação do Parque da Imigração, município de Curitiba.

Os dados da estação ETE SANEPAR, localizada no rio Iguaçu à jusante da foz do rio Belém, registraram três fases de inundação, uma no verão de 2000 e duas no final de outono/início de inverno de 2001, apresentando cotas máximas de 867,92 m, 869,13 m e 868,31

respectivamente. E neste trecho se situa o dique, protegendo a localidade denominada Cidade Jardim, município de São José dos Pinhais para TR 100 (COMEC, 1996).

Analisando-se o regime pulsátil na seção Ponte Umbarazinho, que praticamente corresponde à Foz do rio Miringuava, quando o canal paralelo deságua no rio Iguaçu, foi possível identificar que as fases de inundação limitaram-se ao ano de 2000, na primavera, verão e inverno, esta última com maior amplitude (7 dias) e intensidade (1,02 m).

Apesar das cotas da Estação Araucária corresponderem a cotas abaixo da simulada para TR 2 (865,14 m), quando associadas com as cotas dos diques laterais, as mesmas indicaram 17 fases prováveis de inundação, a de maior intensidade no final de inverno de 2000 correspondendo a 1,66 m e a última com intensidade superior a um metro foi registrada em 3/10/2001. A partir do verão de 2002, foram registradas fases com menor amplitude e intensidade (entre 0,542 m e 0,027 m) média de 28 cm de altura de lâmina d'água.

Em Balsa Nova, a estação não registrou inundação. Vale citar, entretanto, que na maioria das checagens de cota entre sensor e régua, foram registradas diferenças de tal ordem (1,54 m), que motivou a substituição do sensor a ocorrer em 28/06/2007.

Esta caracterização do regime pulsátil nas seções do sistema Iguaçu onde foram instaladas as estações telemétricas, além de validar os cenários simulados e verificar, em parte, a dinâmica na planície, permitiu definir 3 trechos distintos a saber: 1) entre pé da barragem do Iraí até PR-415 com conectividade rio/planície importante; 2) do início ao final do canal paralelo, onde os níveis do rio, associados com as intervenções antrópicas indicaram ausência de conectividade com a planície de inundação, sinalizando assim para a importância em se preservar os corpos d'água existentes no ambiente delimitado pelo rio e canal paralelo (lagoas, paleoleitos e meandros abandonados), que apresentam-se potenciais de conectividade com o rio, pela ausência de diques e ainda em recuperar algumas funções da várzea, incorporando o potencial de wetland representado pelas inúmeras cavas remanescentes da atividade extrativa de areia na região; 3) do final do canal paralelo para jusante, trecho que em se adotando a estação de Araucária como representativa de um tramo de quase 65 km, ocorre o potencial da conectividade rio/planície maior no verão apesar de não tão intensas com lâminas de no máximo 54 cm, e menor na primavera, contudo apresentando maiores intensidades.

A Figura 10 ilustra a conectividade superficial das cavas a montante da BR - 277 que diferem de outros ambientes de cavas. Enquanto nos demais, as cavas se apresentam como várias lagoas isoladas, nesse ambiente da ilha fluvial, pode-se identificar a existência de 3 grandes sistemas, repletos de reentrâncias e diferentes profundidades.

Um dos sistemas tem início nas proximidades do leito abandonado do rio Itaqui e se desenvolve acompanhando o canal de água limpa e os meandros abandonados do rio Iraí, compreendendo pelo menos 7 cavas interligadas, resultando numa superfície de água com 352.235,00 m<sup>2</sup>, e um perímetro molhado de 22.706,00 m (Figura 10a).

Figura 10 - Conectividade entre cavas e cava e rio



Fonte: autora

Outro sistema com 147.563,00 m<sup>2</sup> e perímetro de 4.331,00 m (Figura 10b) encontra-se com mais de 85% de sua superfície tomada por *Typha domingensis* Pers. (taboa), ocupação esta

decorrente de ingresso de vazão de estiagem dos sistemas unitários (valetas) ocorrentes a margem esquerda do canal no município de São José dos Pinhais, conforme registrado em Figura 12 ou ainda por conectividade com o rio Irai através de meandro abandonado, conforme verificado em 17/06/2011 e mostrado em Figura 9.

O terceiro ambiente diagnosticado (Figura 10c) abrange uma superfície total de 340.985,00 m<sup>2</sup>. Em 14/01/2009 bombas estavam operando lançando as águas dos ambientes de cavas no canal alimentador da captação BR-277. Ao mesmo tempo, as águas passavam sobre a soleira no sentido cava - canal. Em 03/02/2009, a situação, era distinta: canal paralelo - canal alimentador - cava se conectavam em nível (Figura 11). Ao final do período de avaliação, apresentavam 13% do ambiente coberto de macrófitas aquáticas, correspondendo ao trecho de jusante conectado com o canal paralelo.

Figura 11 - Lagoas – reservatórios da ilha a montante da BR-277



a) 14/01/2009

b) 03/02/2009

Fonte: autora

Vazões de estiagem das valetas (que funcionam como fossem sistemas unitários) da planície à margem esquerda do canal paralelo alcançam as cavas através de sifões. Tubos de PVC ligam cava e canal, contudo, pela altura que estão dispostos e considerando a altura da soleira à jusante é improvável que ocorra entrada das águas do canal para a cava (Figura 12).

Figura 12 - Conectividades antrópicas



Localização dos tubos:  
27/11/2008

Chegada dos tubos no  
canal: 27/11/2008

Ligações com sifões:  
27/11/2008

Fonte: autora

Observa-se que *wetlands* ainda são consideradas regiões de pouca importância ecológica. Foi identificado o uso intensivo e irracional do solo das várzeas, resultando na sua degradação, com grandes consequências para a sociedade. Os danos estiveram, não exclusivamente, relacionados com a extração de areia. A água não se tornou impedimento para as populações mais pobres. Amplas áreas são ocupadas através de progressivos aterramentos, propiciando um recobrimento das antigas planícies, dos meandros abandonados e dos antigos leitos. Como exemplo do território urbano construído sobre as *wetlands* pode-se citar o Guarituba (município de Piraquara) que abrigava em 2005 aproximadamente 20.000 habitantes, em 5.000 unidades irregulares (COMEC, 2006) e sua regularização, a regularização da Vila Audi União (município de Curitiba), a ETE (Estação de tratamento de esgotos) Belém, o bairro Cidade Jardim (município de São José dos Pinhais), a reocupação de várzeas destinadas ao Parque Metropolitano do Iguazu e a ocupação recente nas várzeas inundáveis do rio Barigui, em propriedade pública, próximo a sua foz no rio Iguazu (Figura 13).

As várzeas ao longo do tempo passaram, também, a receber um conjunto de redes dos territórios urbanizados, subterrâneas e superficiais, responsáveis por aporte de fluxos concentrados ricos em sedimentos e poluentes agregados.

Figura 13 - Ocupação irregular nas várzeas do rio Barigui



Fotos cedidas: AGUAS PARANA 23/5/2011

Muito embora o urbano construído e as atividades de retificação e duplicação do rio Iguaçu e da extração de areia e argila para a construção civil tenham causado inúmeras alterações no ambiente, não apenas no aquático, mas também no ambiente terrestre, as cavas, em conjunto com o leito meandrante dos rios e com as lagoas marginais naturais da planície aluvial do alto curso do rio Iguaçu, formam um sistema que confere aspecto peculiar à região do Alto Iguaçu, e do Altíssimo Iguaçu, na região das cavas à montante da BR-277. Algumas áreas alagadas podem estar atuando como *wetlands* e merecem ser mais investigadas (Figura 14).

Figura 14 - Cavas a montante da BR-277 em 17/06/2011



Fonte: autora

Estendendo os olhares para além dos limites do sistema de várzeas e cavas entre Av. Irai/BR-277/rio Irai/canal paralelo, proteger as conexões com outros sistemas na paisagem mostra-se importante e, na escala da gestão, é possível destacar alguns ambientes (Figura 15) para propor medidas para garantir os serviços ambientais, de modo a equilibrar as necessidades humanas e ambientais dos recursos hídricos.

Figura 15 - Várzeas e cavas potenciais para implantação de sistemas *wetlands* em 16/3/2007

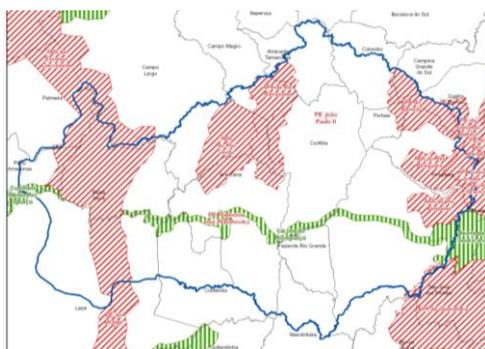


Município de São José dos Pinhais, bacia hidrográfica do rio Pequeno, que apresenta entre o canal paralelo e Av. Rui Barbosa um espaço aberto de forma irregular com aproximadamente 1.800.000,00 m<sup>2</sup>

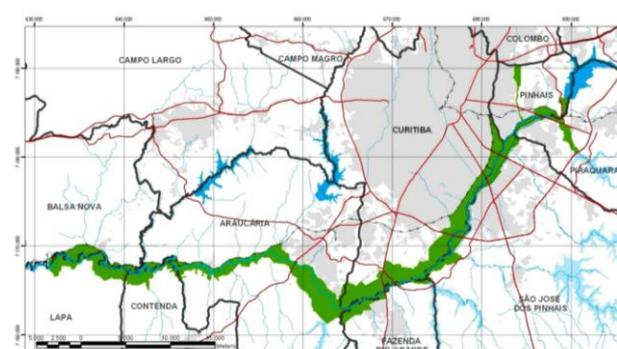
Fonte: autora

As várzeas do rio Iguaçu, na unidade hidrográfica do Alto Iguaçu, na RMC, foram reconhecidas como muito alta, em termos de importância biológica e prioridade de ação para a conservação da biodiversidade, assim descritas em mapa de áreas prioritárias, que sinaliza com a criação de uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, no âmbito do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (MMA, 2007) (Figura 16a). O Governo do Estado consolida a diretriz de instituição de instrumento legal de proteção das várzeas do Iguaçu, proposta constante do Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Curitiba - 2006 e declara como Área de Interesse Especial Regional do Iguaçu (AIERI) as áreas contíguas ao leito do Rio Iguaçu, no trecho compreendido entre as barragens até o início da Área de Proteção Ambiental da Escarpa Devoniana (COMEC, 2008) (Figura 16b).

Figura 16 – Unidades de conservação



a) Unidades de conservação de biomas



b) Área de interesse especial regional do Iguaçu

Legenda

-  Áreas prioritárias protegidas dos biomas brasileiros
-  Novas áreas prioritárias de conservação dos biomas brasileiros
-  Delimitação AIERI

Fonte: autora

Curitiba (2008) elegeu as bacias hidrográficas dos rios Barigui, Belém, Passaúna, Atuba, Iguaçu e Ribeirão dos Padilhas para revitalização, compreendendo desocupação e recuperação das margens, metas de qualidade e proibição da canalização dos corpos d'água, incentivo a renaturalização de alguns corpos d'água, incorporando-os a paisagem urbana novamente.

Araucária (2008) expressa preocupação com a conservação, colocando que se não forem tomadas medidas urgentes, a mata ciliar e toda a várzea em alguns trechos pode desaparecer, comprometendo a qualidade da água e a paisagem.

Diferentes ambientes visitados evidenciaram que a questão do manejo das macrófitas aquáticas merece fazer parte da agenda da gestão dos recursos hídricos. Além de se apresentarem como indicadoras ambientais, as macrófitas desempenham funções vitais de melhoria da qualidade das águas. As principais funções das *wetlands* das várzeas identificadas foram: habitat para várias espécies da fauna e flora; fornecimento de água para abastecimento público; controle de cheias e recreação e lazer. Contudo, a proteção desses sistemas essenciais para a produção desses serviços não será alcançada apenas com a criação de instrumentos legais restritivos aos usos da terra. Os ambientes naturais que sobraram estão em mãos de proprietários privados. Assim, é defensável a idéia de desenvolver novos mercados de serviços ambientais de água nas áreas urbanas.

## CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O sistema rio-planície fluvial é um só. Na área pesquisada, observou-se que não se tem rio saudável sem planície fluvial, e não se tem várzea saudável sem rio saudável. O desafio para a gestão é ter a medida certa entre quanto, onde e como conservar e recuperar e com que objetivos a serem alcançados a curto, médio e longo prazo. E, tanto a recuperação quanto a conservação das *wetlands* passam, também, pela recuperação da qualidade das águas que por elas fluem.

As desejáveis recuperação e conservação, também, passam pela proteção de seu entorno, mas esses no território urbano estão ocupados com usos que ao invés de protetores são estressores.

A alteração de processos hidrodinâmicos e funcionais, potencializada pela ocupação humana, torna inviável a restauração no seu sentido estrito. Assim, é bastante razoável considerar para os rios e suas várzeas urbanas da bacia de drenagem do Alto Iguaçu o entendimento que restauração implica em restabelecimento de função devendo converter um sistema degradado num sistema apto a servir a múltiplos objetivos sociais, onde o conceito de requalificação, reabilitação ou restauração a desenvolver corresponde a um conjunto de técnicas que visam restabelecer o funcionamento do sistema aquático nas várzeas, permitindo ainda maximizar o uso múltiplo das condições oferecidas por esse sistema e a melhoria da qualidade dos rios urbanos.

Aqui, a extração de areia deu origem à criação de uma sucessão de zonas lânticas artificiais (cavas), ao longo da linha de água, muitas das quais isoladas do rio, que englobam potenciais de sistemas de tratamento naturais. O uso de novas tecnologias no meio urbano, especialmente ligadas às cavas se mostram oportunas. A partir do patrimônio natural, ou de sua recomposição, pode-se e deve-se recuperar a água no meio urbano.

Uma intervenção sobre áreas consideravelmente impactadas, visando sua recuperação e, conseqüentemente, a minimização dos impactos sobre os remanescentes menos alterados situados a jusante, é uma medida importante que deve ser tomada.

A reconstrução das *wetlands* (requalificação das cavas) do Alto Iguaçu permitirá a restauração do maior sistema ripário natural da metrópole, assegurando um tratamento natural e uma paisagem agradável. A pesquisa permitiu definir ao longo dos 96 km do sistema fluvial, entre a barragem do Iraí e Balsa Nova, os segmentos prioritários (aproximadamente 17 km) que devem ser recuperados, com o foco de melhorar a qualidade das águas do rio Iguaçu. O trecho a montante apresenta uma especial relevância social, econômica e ecológica dada a sua elevada diversidade de ambientes, onde se destaca a presença de cavas, lagoas, reservatórios e captação para o abastecimento humano, a que acresce o fato de se constituir no primeiro

trecho do sistema fluvial Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba a apresentar conflitos e potencial de requalificação.

Os principais padrões espaciais a serem restaurados serão os fluxos laterais do escoamento, onde o objetivo é de restaurar a função de tamponamento de nutrientes pelas várzeas (*riparian wetlands*). Neste caso, a zona urbana, a várzea, o rio e os fluxos dos escoamentos, superficial e subsuperficial, comporão a unidade de gestão, de modo a captarem os lixiviados das encostas e a receberem as galerias de águas pluviais e valas (valas nas regiões sem rede coletora de esgotos) e, também, efluentes de ETEs.

Onde os eventos de cheia se tornaram raros ou localizados, a unidade deve objetivar restaurar a conectividade hidrológica e da vegetação associada à *wetland* através da conexão de remanescente disponível de vegetação da várzea com a área de várzea a ser restaurada. Os remanescentes de planície de inundação a montante, o rio e variação sazonal de vazão e a área a ser restaurada compõem a unidade neste caso.

As cavas podem demonstrar os benefícios do uso inovador das estruturas históricas como componentes de um sistema de tratamento que não apresenta potencial para impactar negativamente essas estruturas, desde que exista manejo. A primeira função será o tratamento de águas. As funções seguintes incluem proteção da reserva de água potável, melhoria dos acessos públicos às cavas históricas e melhoria do entendimento público dos aspectos da qualidade da água através da demonstração de estratégias inovadoras de melhoria da qualidade da água.

Este sistema parque, no qual a água com a qualidade ampliada chega ou retorna ao sistema fluvial, deverá ser desenhado de modo a facilitar o monitoramento do progresso na melhoria da qualidade das águas em todo o trecho de tratamento e ao nível de cada componente.

E, por fim, as pessoas, que, atualmente, percebem, diretamente e todos os dias, a poluição e não mais as fontes de água bem perto de onde residem, poderão, com a requalificação das cavas, visualizar uma forma mais natural, bonita e efetiva de tratamento das águas da metrópole.

## REFERÊNCIAS

- AGUASPARANA - INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. **Relatório de projeto**. Curitiba, 2008.
- \_\_\_\_\_. **Sistema de Informações Hidrológicas**. Curitiba, 2011.
- ALMEIDA, F. **Os desafios da sustentabilidade**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- ARAUCÁRIA. Prefeitura Municipal. **Plano Municipal de recursos hídricos**. Araucária, 2008
- BERTRAND, G; BERTRAND, C. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Organizador PASSOS, M. M. dos. Maringá: Ed. Massoni, 2007. 332p.
- BRIX, H.; ARIAS, C. A. The use of vertical flow constructed *wetlands* for on-site treatment of domestic wastewater: New Danish guidelines. **Ecological Engineering**, 25 (5), p. 491- 500, 2005.
- CHARMAN, K. **“A Sewer Becomes a Water Park.”** **Yes! Magazine**. Winter 2004: Whose Water? Disponível em: <<http://www.yesmagazine.org>>. Acesso em: 16/12/2008.
- COMEC – COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. **Parque e controle de cheias do Alto Iguaçu – PRA-01**. Etapa 4 – Obras componentes do sistema de controle de cheias. Curitiba, 1996. v.4, 145 p.
- \_\_\_\_\_. **Área de interesse especial regional do Iguaçu**. Curitiba, 2008.
- CURITIBA, Prefeitura Municipal. **Plano municipal para a gestão dos recursos hídricos**. Curitiba, 2008.
- CURSIO, G. R.; BONNET, A.; BARDDAL, M. L.; GALVÃO, F.; BOTOSSO, P. C. **A floresta em ambientes fluviais**. Guia dirigido do curso A Floresta em ambientes fluviais. Embrapa Florestas e Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 2007.

- DUARTE, O.; GUINSKI, L. A. **Imagens da evolução de Curitiba**. Curitiba: Duarte, 2002. 288p.
- FATMA - Fundação de Meio Ambiente de Santa Catarina. **Atlas ambiental da região de Joinville**: complexo hídrico da baía de Babitonga. Florianópolis: 2002.
- GREGORY, S.V.; ASHKENAS, L. **Riparian Management Guide**. USDA Forest Service Pacific Northwest Region, 1990. 120p.
- GUNDERSON, L. H. Ecological resilience in theory and application. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 31, p. 425-439, 2000.
- JAPÃO, Ministério de obras públicas. Purificação eficiente valendo-se do ambiente natural do rio Tama: estação de purificação Nogawa, estação de purificação Hirasegawa, estação de purificação Yajigawa. Bureau de Kanto, Escritório de obras KEIHIN, 198-? 18p.
- KONNERUP, D.; BRIX, H. **Use of ornamental plants to enhance the public perception of constructed wetlands systems**. Trabalho apresentado em 8th INTECOL International Wetlands Conference, Cuiabá, 2008.
- LANGE, F. L. P. **Iguaçu: um caminho pelo rio**. Curitiba: F.L.P. Lange, 2005.
- LAUGESEN, C.H.; FRYD, O.; KOOTTATEP, T.; BRIX, H. **Sustainable wastewater management in developing countries**: new paradigms and case studies from the field. Reston: American Society of Chemical Engineers Press, 2010
- LIMA, W. de P. Relações Hidrológicas em Matas Ciliares. In: HENRY R. (Org.). **Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos**. 1 ed. São Carlos: Rima, 2003, v. 1, p. 293-300.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. **Mapa de áreas prioritárias**. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br>. Acesso em: 17/07/ 2007.
- MOLLE, P.; LIENARD, A.; BOUTIN, C.; MERLIN, G.; IWEMA, A. How to treat raw sewage with **constructed wetlands: an overview of the French systems**. **Water, Science, and Technology**, 51(9), p. 11-21, 2005.
- NAIMAN, R. J.; DÉCAMPS, H. The ecology of interfaces: riparian zones. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 28, p. 621-658, 1997.
- NEIFF, J. J. El regimen de pulsos en rios y grandes humedales de Sudamérica. In: **Temas sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica**. UNESCO, ORCYT (Uruguay). 1999. Disponível em: <http://unesco.org>. Acesso em: 04/6/2008.
- NEIFF, J. J. **Pulse**; a way to analyse recurrent phenomena in rivers and large wetlands. Trabalho apresentado em 8th INTECOL International Wetlands Conference, Cuiabá, 2008.
- OAI - Ocean Arks International. Disponível em: <http://www.oceanarks.org>>. Acesso em: 04 jun. 2008.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1988.
- SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Limites municipais**, 2004
- SUDERHSA - SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Sistema de Informações Geográficas**, 2001.
- SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambiente fluvial**. Curitiba: Editora Universidade Federal do Paraná e Associação de Defesa e Educação Ambiental, 1979. 183 p.
- TASSI, R. **Determinação do hidroperíodo em terras úmidas a partir de indicadores biológicos e uso no gerenciamento dos recursos hídricos**. 244p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- TOCKNER, K; STANFORD, J.A. Riverine flood plains: present state and future trends. **Environmental Conservation**, Cambridge, v. 29, n.3, 2002.
- TREVISAN, E. O meio físico e a ocupação urbana de Curitiba, Paraná: estudos de caso. In: MENDONÇA, F. (org.). **Cidade, ambiente & desenvolvimento**: abordagem interdisciplinar de problemáticas socioambientais urbanas de Curitiba e RMC. Curitiba: Editora UFPR, 2004.

TUNDISI, J.G; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631p.

TUNDISI, J. G. **Ecohydrology applied to urban wetlands management**. Trabalho apresentado em 8th INTECOL Wetland Conference, Cuiabá, 2008.

VERHOEVEN, J. T. A.; SOONS, M. B.; JANSSEN, R.; OMTZIGT, N. An operational landscape unit approach for identifying key landscape connections in wetland restoration. **Journal of Applied Ecology**, 45, p. 1496-1503, 2008

VITOR, N. **A Terra do Futuro**: impressões do Paraná. 2. ed. Curitiba: Prefeitura Municipal de Curitiba, 1996. (Coleção Farol do Saber)

YAMAMOTO, C. R. G. **Wetlands na Região Metropolitana de Curitiba – PR**: diagnóstico, conflitos socioeconômicos e desafios de gestão. 173p. Tese (Doutorado em Geografia) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.