

A ÁGUA E OS RIOS NA CIDADE: ELEMENTOS PARA O PROJETO ECOLÓGICO DA PAISAGEM

WATER AND RIVERS IN THE CITY: ELEMENTS FOR ECOLOGICAL LANDSCAPE DESIGN

BONILHA, Iraúna

Arquiteto e urbanista graduado e pós-graduado pela FAUUSP (Mestrado).

E-mail: irauna@uol.com.br

RESUMO

Em muitas cidades, a descarga de esgotos em corpos d'água e a ocupação de margens de rios e baixadas alagadiças geraram degradação ambiental e conflitos de uso, além de obstruírem o acesso público às orlas e o seu aproveitamento como espaços livres. Por serem recursos de múltipla utilidade, e, ao mesmo tempo, elementos dinâmicos da paisagem, os rios reservam problemas e potencialidades específicas para o planejamento urbano e o projeto ecológico da paisagem.

Palavras-chave: Paisagismo, ecologia da paisagem, planejamento da paisagem, recursos hídricos, rios urbanos, orlas urbanas.

ABSTRACT

In many cities, sewage discharge in water bodies and the occupation of riversides and washes caused environmental degradation and use conflicts, besides obstructing public access to waterfronts and its use as open spaces. Because rivers are multiple utility resources, and so as dynamical elements of landscape, they provide particular problems and potentialities for urban planning and landscape design.

Key words: Landscape design, landscape ecology, landscape planning, water resources, urban rivers, waterfronts.

Introdução

Dentre os recursos naturais de uma região, a água doce é aquele que apresenta a maior diversidade de usos, servindo ao abastecimento, à navegação, à irrigação, à geração de energia elétrica, à produção industrial, ao lazer e aos esportes. A escassez de água potável no planeta se apresenta como uma das questões ambientais mais graves do mundo contemporâneo.

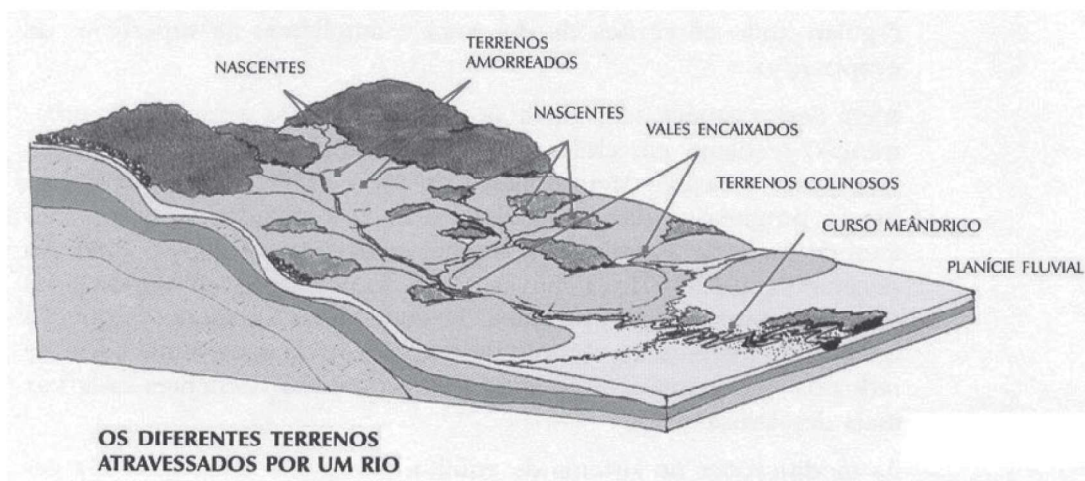
Nas áreas urbanas, o crescimento das demandas pelos recursos hídricos, as questões de saúde pública e os processos de valorização do solo têm sido os principais fatores históricos a motivarem a realização de obras de saneamento, visando à ocupação de orlas fluviais e lacustres e terrenos alagadiços. Em várias cidades, intervenções incorporaram estas áreas ao espaço urbano, mas provocaram, ao mesmo tempo, profundas alterações nos regimes hidrológicos e na qualidade das águas, e a destruição de ecossistemas naturais. Poluição, inundações, conflitos de uso e perda de potencialidades ambientais e paisagísticas são alguns dos problemas mais comuns relacionados às intervenções em rios urbanos. Em cidades de países sub-desenvolvidos, favelas às margens de rios e córregos contaminados criaram situações de alto risco sanitário.

A diversidade de demandas pelos recursos e espaços fluviais em áreas urbanizadas e industrializadas implica na necessidade de intervenções mais profundas e, conseqüentemente, em uma maior complexidade de fatores a considerar nas fases de planejamento, projeto e análise de impactos ambientais. A ecologia da paisagem fornece elementos para uma compreensão

integrada das alterações introduzidas pela urbanização nas variáveis hidrológicas de uma bacia hidrográfica, e para uma avaliação das possíveis consequências ambientais de certas formas de intervenção e/ou ocupação em rios e ambientes úmidos, servindo como instrumento ao *design* ecológico da paisagem urbana.

Os rios como corredores ecológicos

Os rios são elementos dinâmicos da paisagem, que podem percorrer centenas ou milhares de quilômetros, desde as nascentes até a foz, conectando diferentes terrenos, paisagens e ecossistemas (Figura 1).



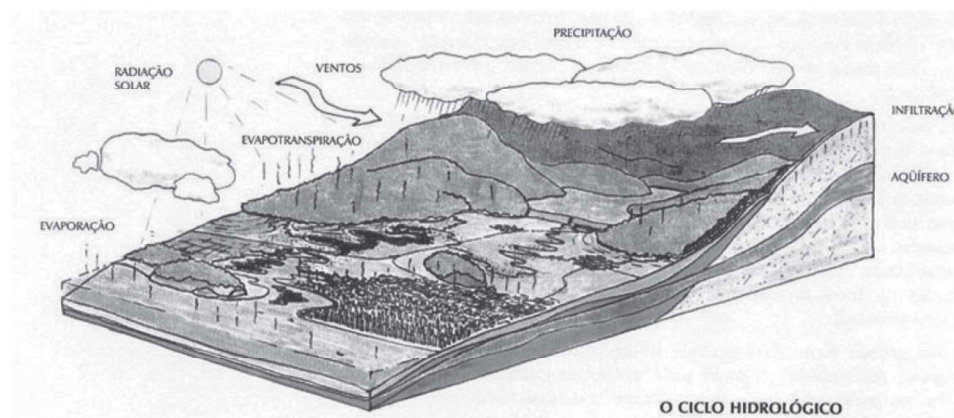
Nas encostas de serras e morros, os afloramentos dos mananciais subterrâneos (“nascentes”) alimentam pequenos cursos d’água, que assumem a forma de riachos com corredeiras e quedas sucessivas, escavadas na rocha pela água. Mais adiante, córregos e ribeirões cruzam terrenos mais suaves, encaixando-se em vales e estreitas planícies entre colinas.

Quando encontram as amplas planícies sedimentares, as águas diminuem de velocidade, e os rios passam a desenhar sinuosidades, resultantes dos processos hidromórficos de erosão e sedimentação. Rios que escoam muito lentamente, em planícies com baixíssimas declividades, apresentam cursos “meândricos” (serpenteantes) e “divagantes” (que mudam de curso constantemente), e costumam extravasar seus leitos nas épocas de cheias, inundando as áreas adjacentes.

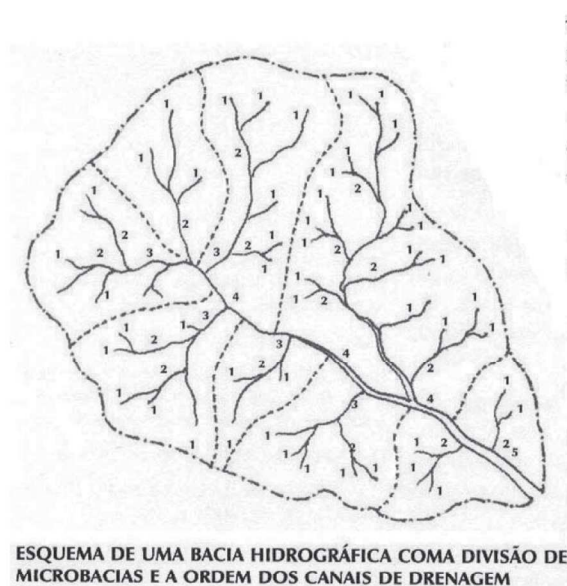
A foz de um rio pode ser um outro rio maior, ou o oceano. Estuários em planícies flúvio-marinhas assumem, em geral, a forma de “delta”, pois a grande quantidade de sedimentos transportada pelos rios e pelas marés deposita-se na foz, fazendo com que a corrente principal se divida em diversos canais, formando ilhas e “gamboas”.

O regime de um curso d’água é condicionado pelas variações do *ciclo hidrológico* (mecanismo de circulação da água entre o solo e a atmosfera). O ciclo hidrológico (Figura 2) é um sistema de equilíbrio dinâmico natural, condicionado por diversas variáveis inter-relacionadas:

- 1) os agentes climáticos (radiação solar, ventos, umidade do ar e pluviosidade);
- 2) as formas naturais de armazenagem e circulação da água, na superfície e no subsolo (oceanos, aquíferos, rios e lagos);
- 3) as trocas entre os organismos e o meio (absorção, evapotranspiração e transpiração); e
- 4) as modificações ambientais introduzidas pelas atividades humanas, tais como: supressão da cobertura vegetal; eliminação de áreas inundáveis; construção de barragens, açudes e canalizações fluviais; impermeabilização do solo; e alterações micro-climáticas¹.



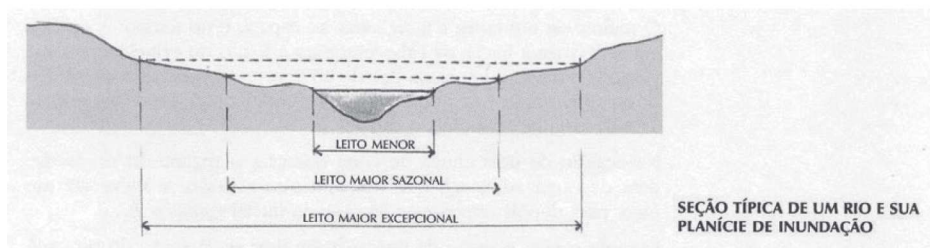
A *bacia hidrográfica* (Figura 3) é considerada a unidade de paisagem mais adequada para o estudo das variáveis hidrológicas e dos processos do meio físico, assim como para o planejamento ecológico da paisagem. A bacia é um compartimento de relevo definido pelas linhas de nível dos divisores de águas, e que funciona como área de contribuição de drenagem de um dado rio. Cada afluente ou tributário apresenta, por sua vez, sua própria área de contribuição, usualmente denominada “microbacia” ou “sub-bacia”. O sentido de qualquer rio, tomado a partir de um ponto qualquer, é expresso pelos termos “montante” e “jusante”, que significam contra e a favor da corrente, respectivamente.



Sendo um sistema geomorfológico aberto, a bacia hidrográfica recebe água e energia por meio dos agentes climáticos, perdendo-as através do deflúvio (escoamento). Este sistema é condicionado, conforme visto, por variáveis interdependentes. Entretanto, estas variáveis oscilam em torno de um padrão, de modo que, mesmo quando não perturbado por intervenções antrópicas, o sistema encontra-se em equilíbrio dinâmico. Alterações no clima, nos padrões de cobertura e uso do solo e nos regimes dos cursos d’água geram, naturalmente, mecanismos inerciais compensatórios, que tendem a reestabelecer o estado de equilíbrio e a minimizar as alterações introduzidas ².

O regime hidrológico de um rio varia no espaço e no tempo. Em seu percurso da cabeceira para a foz, um dado rio tem sua vazão ($Q = m^3/s$) aumentada, devido ao aporte de água de seus afluentes ou tributários, o que implica no aumento da profundidade do seu leito e da largura da seção do canal. Na ocasião de uma chuva de curta duração, o regime do rio recebe uma descarga adicional, que faz com que a vazão se eleve até um pico, para depois retornar ao seu estado inicial. Durante o ano, a vazão do rio varia, acompanhando as mudanças climáticas. Há climas em que a pluviosidade se distribui de modo mais uniforme ao longo do ano, mas há outros em que há uma sazonalidade bem marcada das chuvas, quando se verificam as grandes cheias.

Nos meses de maior pluviosidade, as vazões adicionais ultrapassam a capacidade de escoamento dos “leitos menores” ou “leitos de estiagem” dos rios, e as águas invadem as porções mais baixas das planícies de inundação, conhecidas como “leitos maiores sazonais” (Figura 4). Em intervalos de cinco ou dez anos, ocorrem eventos de maior intensidade pluviométrica, que provocam a elevação do nível das águas acima das linhas de inundação sazonais. Chuvas ainda mais intensas, registradas em períodos de recorrência mais longos (25, 50, 100 anos ou mais), podem

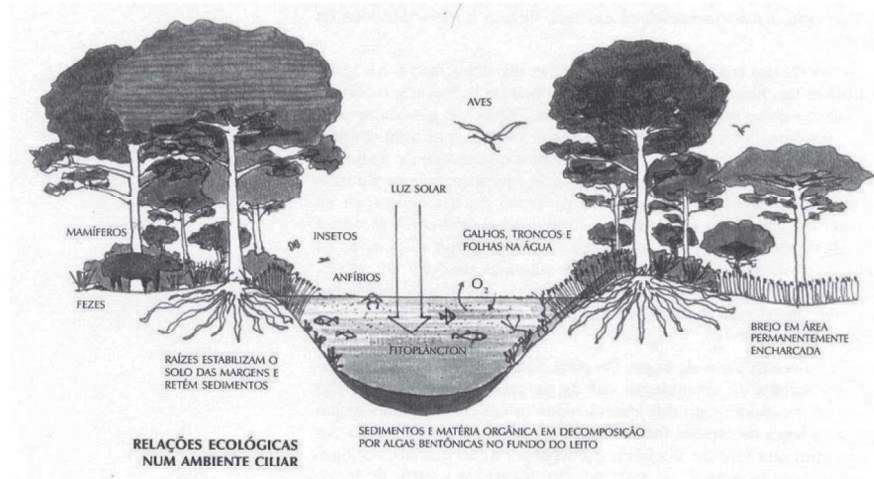


gerar o alagamento de superfícies ainda maiores (os “leitos maiores excepcionais”). Embora as previsões hidrológicas nunca sejam totalmente confiáveis, uma vez que se baseiam em períodos limitados de observação e em simulações matemáticas do comportamento das chuvas, o registro continuado dos eventos permite estabelecer, ainda que de forma imprecisa, as linhas máximas de inundação na planície de um rio, para diferentes períodos de recorrência.

Durante uma chuva, precipitada sobre uma bacia de clima úmido, com extensa cobertura florestal, a maior parte das águas infiltra no solo, sobretudo nas porções mais altas das encostas, alimentando os aquíferos, os quais escoam subsuperficialmente, formando os rios³. Outra grande parte da água que infiltra é absorvida pelas raízes das plantas, retornando ao meio pela evapotranspiração⁴. Apenas uma pequena parte do volume precipitado escoam superficialmente, em terrenos com baixa permeabilidade, como encostas íngremes e solos rasos, ou em terrenos saturados, como margens de cursos d’água e concavidades das cabeceiras de drenagem. Nestes terrenos, a superfície que contribui diretamente para o deflúvio aumenta à medida em que a chuva caminha para o seu pico⁵. Assim, numa enxurrada, os talvegues ou “vales secos” das cabeceiras passam a funcionar como canais de escoamento superficial, enquanto que as porções mais baixas das planícies, cujo solo já é normalmente encharcado, tendem a ser submergidas pelas inundações.

As baixadas alagadiças desempenham, portanto, papel importante no funcionamento do regime fluvial, na medida em que aumentam a capacidade e o tempo de retenção das águas em determinados trechos da bacia, liberando-as aos poucos para jusante. A cobertura florestal auxilia, por sua vez, nesta função, além de garantir o aumento da vazão de deflúvio nas estações secas.

Os rios também são corredores naturais de vida (Figura 5). A corrente atravessa diferentes tipos de solos e terrenos, erodindo e transportando sedimentos, matéria orgânica e nutrientes, que ficam em suspensão, ou se depositam no fundo do leito e nas margens, sendo aproveitados na produção da vida vegetal e animal. Os ecossistemas marginais, como brejos, pântanos, mangues e matas ciliares (também chamadas de matas “galerias” ou “ripárias”), funcionam como ecótonos (zonas de transição entre duas ou mais comunidades bióticas diferentes) e corredores de movimentação da fauna, e apresentam diversificados arranjos biológicos, de equilíbrio delicado, condicionado por uma série de fatores bióticos e abióticos.



As matas ciliares são responsáveis pela filtragem superficial dos sedimentos carreados pela chuva, bem como pela estabilização das margens dos rios, minimizando a erosão natural do solo e, conseqüentemente, a taxa de deposição de sedimentos no fundo dos leitos fluviais⁶. Ao mesmo tempo, abastecem permanentemente os cursos d'água com matéria orgânica. As sinuosidades naturais dos cursos d'água e as rugosidades das margens obstruem parcialmente o fluxo d'água, criando zonas de turbulência e de velocidade reduzida, áreas onde se depositam partículas e nutrientes, favorecendo, assim, a formação de habitats propícios à vida subaquática. A fauna que habita ou costuma freqüentar os ecossistemas ribeirinhos é composta por uma grande diversidade de espécies de aves, mamíferos, anfíbios e répteis.

O estuário é a área de maior produtividade ecológica ao longo de um curso d'água. Ao redor dos estuários, há sempre terras úmidas, onde vivem plantas adaptadas, como as dos pântanos e manguezais. Os sistemas estuarinos são ricos em energia, nutrientes e sedimentos. As fontes de energia são a água doce dos rios e a água salgada trazida pelas marés. O movimento aumenta a circulação de nutrientes, plâncton e larvas, influenciando positivamente a produtividade do estuário, que é conhecido como "berçário" de muitas espécies da fauna marinha. Além disso, a vegetação das terras úmidas costeiras atua como barreira aos ventos e aos efeitos de erosão provocados pelas inundações e marés mais fortes. Estes ecossistemas também constituem áreas de vida para muitas espécies de animais⁷.

Os rios são ambientes *lóticos* (de água doce corrente), enquanto que os lagos são ambientes *lênticos* (de água doce parada ou sem grandes movimentos). Existem diversos tipos de lagos, de acordo com a sua origem (lagos de depressão, erosão, lagunas litorâneas, etc.). Os lagos artificiais, originados da construção de barragens em cursos de rios, apresentam os mesmos mecanismos de funcionamento que os lagos de origem natural.

O *assoreamento* de rios e lagos (acúmulo de sedimentos decantados no fundo dos leitos fluviais e lacustres) é um processo natural, demorado e irreversível, e que marca o seu tempo de vida. No entanto, pode ser dramaticamente intensificado durante a realização de movimentos de terra, devido à remoção da cobertura vegetal e à exposição da camada sub-superficial de solo ao impacto das chuvas. O assoreamento reduz a capacidade de escoamento ou retenção das águas, e é indiretamente proporcional à velocidade das águas, isto é, quanto mais rápido o fluxo, menor será a taxa de assoreamento. O aumento da turbidez das águas (quantidade de sólidos em suspensão) é um outro efeito geralmente associado à intensificação do assoreamento.

Processos de *eutrofização* – processo através do qual um corpo de água adquire níveis altos de nutrientes, como fosfatos e nitratos, provocando o acúmulo de matéria orgânica e o aumento do consumo do oxigênio dissolvido na água, utilizado pelos microorganismos para a sua decomposição – também são naturais, mas podem ser intensificados pelo despejo de esgotos domésticos sem tratamento e efluentes agrícolas, propiciando a criação de algas e comprometendo a qualidade das águas⁸.

Um corpo d'água saudável constitui um ecossistema auto-perpetuador, que se auto-purifica ao longo do tempo por meio da interação de plantas aquáticas, peixes e microorganismos aeróbicos. O mau cheiro que exala de águas putrefatas indica, pelo contrário, altos níveis de decomposição de matéria orgânica por parte de bactérias anaeróbicas. Nestas condições, a vida aquática só é viável para larvas de mosquitos e microorganismos patogênicos.

Rios urbanos: Impactos ambientais e potencialidades de uso

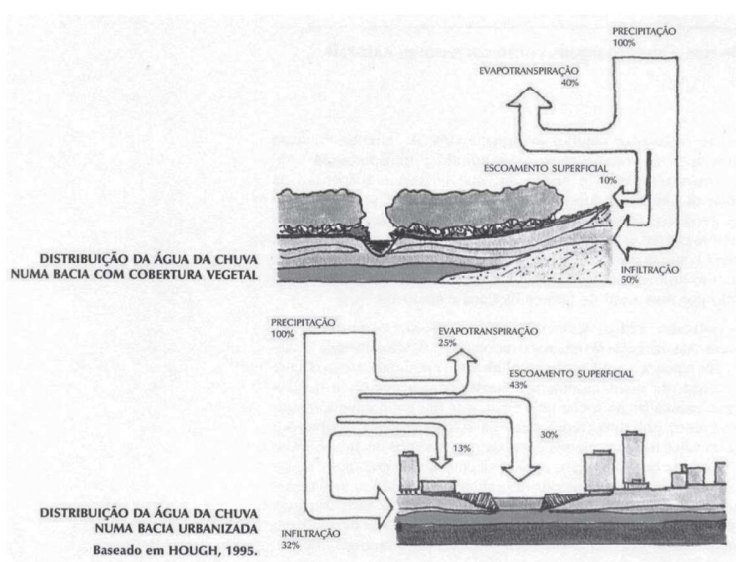
Ao longo de seu percurso, um rio pode atravessar áreas com diferentes tipos de uso e cobertura do solo: matas nativas, reflorestamentos, pastagens, plantações, povoados rurais, cidades pequenas e médias, e grandes metrópoles. As interações entre o fluxo d'água, o solo, o relevo e a vegetação fazem dos rios verdadeiros "corredores ecológicos", mas também ambientes frágeis

e instáveis, extremamente suscetíveis à degradação quando submetidos a certas formas de uso, intervenção ou ocupação.

R. Mann⁹ observa que os rios das regiões urbanas têm sido os recursos naturais mais usados e “abusados” do planeta. Sem dúvida, é impossível viabilizar áreas para expansão urbana, industrial e portuária, e estruturas como barragens, usinas hidrelétricas, canais navegáveis e de irrigação, imprescindíveis ao desenvolvimento econômico, sem destruir parte dos ambientes fluviais originais, e sem alterar a dinâmica hidrológica das bacias hidrográficas. No entanto, é possível avaliar previamente as fragilidades naturais e as alterações introduzidas no meio, e elencar áreas ecologicamente mais valiosas, que devem ser preservadas.

Numa bacia hidrográfica densamente urbanizada, as alterações introduzidas pelas estruturas e atividades humanas implicam em modificações profundas na dinâmica hidrológica e na qualidade das águas, tais como:

1) a redução das superfícies permeáveis pelas edificações e pavimentações provoca o aumento do escoamento superficial, que corre diretamente até os canais fluviais e as galerias pluviais subterrâneas, em detrimento da infiltração no solo e da recarga dos aquíferos (Figura 6);



2) a eliminação da cobertura florestal diminui a parcela de água que retorna ao meio pela evapotranspiração, ao mesmo tempo em que dificulta a retenção de água na bacia e o abastecimento dos aquíferos;

3) a exposição do solo à ação das chuvas, durante obras de terraplenagem, aumenta a taxa de assoreamento, reduzindo a capacidade de escoamento dos canais de drenagem;

4) a execução de aterros e a ocupação de áreas alagadiças eliminam a função destas áreas como reservatórios naturais dos picos de cheias, enquanto as canalizações e retificações de rios aumentam a velocidade das águas, podendo agravar as inundações a jusante;

5) a implantação de barragens altera os regimes fluviais, armazenando água a montante, regularizando as vazões de descarga a jusante e ampliando as superfícies de evaporação;

6) o lançamento de esgotos nas águas provoca o aumento do volume de matéria orgânica e, conseqüentemente, da taxa de consumo de oxigênio dissolvido na água (DBO, ou demanda bioquímica de oxigênio), reduzindo-o a níveis que inviabilizam a vida subaquática;

7) as águas pluviais coletadas pelos sistemas de drenagem urbana carregam resíduos sólidos e cargas difusas até os corpos d'água, aumentando a concentração de poluentes como metais pesados, óleos e graxas, tintas, etc.;

8) o péssimo hábito de se jogar lixo na rua ou diretamente nos rios é responsável pelo entupimento das bocas-de-lobo e pelo comprometimento da capacidade de escoamento dos rios e demais elementos da drenagem urbana.

Além dos aspectos citados, as alterações microclimáticas geradas pela urbanização resultam em chuvas mais concentradas e intensas. Estudos a esse respeito, feitos para a Região Metropolitana de São Paulo¹⁰, indicam um incremento progressivo da pluviosidade década à década, e um aumento total de cerca de 200 mm anuais entre as décadas de 1930 e 1990. No decênio de 1982-1991, as chuvas acima do normal foram, em diversos casos, decorrência de episódios de curta duração, menores que 24 horas. Este incremento abrupto da quantidade de água, numa bacia cuja permeabilidade do solo encontra-se reduzida, têm provocado enchentes cada vez mais desastrosas.

A tendência natural de um rio de planície é extravasar suas águas pelas baixadas lindeiras, tendência esta contrariada freqüentemente pela valorização do solo urbano, que constitui fator estimulante à sua ocupação. Teoricamente, uma obra de canalização, ao aumentar a velocidade de escoamento em rios com fluxo natural muito lento, libera as áreas adjacentes das inundações, reduz a taxa de deposição de sedimentos, e aumenta a oxigenação e a capacidade de auto-depuração de um curso d'água. No entanto, este tipo de intervenção implica, inexoravelmente, na destruição dos ecossistemas ciliar e subaquático, podendo ainda contribuir para o agravamento das enchentes a jusante.

Antes de se decidir pela canalização de um curso d'água, deve-se pesar todas as conseqüências futuras face às condicionantes físicas e ecológicas existentes, tendo em vista não apenas os impactos imediatos no local de intervenção, mas também os impactos no regime fluvial a jusante, as possibilidades de retenção existentes a montante, e os danos ambientais que fatalmente advirão das obras hidráulicas.

Nas cidades, as premissas do desenvolvimento devem se compatibilizar, no mínimo, com as necessidades de defesa contra inundações e manutenção da qualidade das águas, este última sendo a condição essencial para a convivência de usos. Alcançando-se padrões toleráveis de poluição, mediante sistemas de tratamento biológico e químico dos efluentes, vários usos podem ser harmonizados, como a navegação comercial e turística, o aproveitamento hidroelétrico, o controle de cheias e o aproveitamento paisagístico das orlas. O abastecimento, porém, na medida em que é uma função vital, depende de um processo mais rigoroso de purificação e descontaminação, para que se evitem riscos à saúde pública. Metais pesados, provenientes de processos industriais, representam cargas poluentes de difícil remoção, razão porque as indústrias devem se equipar com filtros e sistemas de tratamento individuais. Medidas adequadas de disposição dos resíduos sólidos e campanhas de educação ambiental também são importantes para a conservação da qualidade da água.

No caso de cidades portuárias situadas às margens de lagos, é usual a presença de diques e comportas, construídos para controlar do nível d'água e facilitar o acesso a embarcações. No entanto, as flutuações da água são essenciais ao equilíbrio dinâmico dos ecossistemas lacustres, de modo que a estabilização de lagos pode provocar, em muitas situações, a redução de pântanos e charcos às suas margens, e, conseqüentemente, da vida selvagem. A descarga de grandes quantidades de águas residuais, resíduos de agricultura e resíduos sólidos em lagos pode, por sua vez, acelerar os processos de eutrofização, comprometendo a integridade ecológica destes ambientes.

178 De acordo com A. W. Spirn¹¹, a “gestão bem-sucedida da água na cidade” exige “projetos abrangentes, muitas ações individuais e a percepção de que a drenagem das águas pluviais, o controle das enchentes, o abastecimento de água, a conservação, a disposição do lixo e o tratamento de esgotos são todas facetas de um sistema muito maior”.

A preservação, sempre que possível, das margens e sinuosidades naturais dos cursos d'água, dos ambientes alagadiços, da cobertura florestal da bacia e da vegetação nas orlas de rios e lagos constituem as medidas mais racionais para evitar o agravamento das enchentes urbanas e a degradação das águas. Estas áreas podem ser aproveitadas como reservas da vida selvagem e parques ecológicos, combinando preservação com lazer, esportes e educação ambiental. Caso isto não seja possível, nos centros urbanos mais densamente edificadas, a manutenção de uma qualidade mínima das águas e o aproveitamento de margens de rios e lagos para a criação de espaços livres e áreas verdes constituem as diretrizes de projeto mais indicadas.

Notas

- (1) Informações obtidas em: HOUGH, Michael. *Cities and natural process*. Londres / Nova York: Routledge, 1995, p. 33 a 43; e THORNE, James F. "Landscape Ecology: A Foundation for Greenway Design". In: SMITH, Daniel S.; HELLMUND, Paul C. (Ed.). *Ecology of Greenways (Design and Functions of Linear Areas)*. Minneapolis / Londres: University of Minnesota Press, 1993, p. 30 e 31.
- (2) LIMA, Walter de P.; ZAKIA, Maria José B. Hidrologia de Matas Ciliares. In: RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; FREITAS FILHO, Hermógenes de. *Matas ciliares: Conservação e recuperação*, 2000, p. 33.
- (3) Idem, op. cit., p. 35.
- (4) HOUGH, Michael. Op. cit., 1995, p. 40.
- (5) LIMA, Walter de P.; ZAKIA, Maria José B. Op. cit., 2000, p. 36.
- (6) LOBO, Patrícia Carneiro; JOLY, Carlos Alfredo. Aspectos Ecofisiológicos da Vegetação de Mata Ciliar do Sudeste do Brasil. In: RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; FREITAS FILHO, Hermógenes de. *Matas ciliares: Conservação e recuperação*, 2000, p. 144.
- (7) ODUM, H. T. et al. *Environmental systems and public policy*. Cap. 11 – Estuaries, 1988. Disponível em: leia@fea.unicamp.br.
- (8) ODUM, H. T. et al. *Environmental systems and public policy*. Cap. 12.4 – Lakes and Streams. Disponível em: leia@fea.unicamp.br. 1988.
- (9) MANN, Roy. *Rivers in the city*. Nova York, Washington: Praeger Publishers, 1973, p. 13.
- (10) FILHO, Ailton P. Alves. As enchentes. In: TARIFA, José Roberto; AZEVEDO, Tarik Rezende de (Orgs.). *Os climas na cidade de São Paulo. Teoria e prática*. São Paulo: GEOUSP / FFLCH-USP, 2001, p. 105 (Novos Caminhos, n. 4).
- (11) SPIRN, Anne W. *O Jardim de granito. A natureza no desenho da cidade*. São Paulo: Edusp, 1995, p. 183.