

O rio, a inundação e a cidade

A várzea do Tietê

como situação crítica

NELSON BRISSAC PEIXOTO¹

NOS LIMITES da cidade, os conflitos potenciais incluem grandes investimentos em obras de infraestrutura metropolitana, ocupações por assentamentos precários e a necessária proteção ao meio ambiente (Mostafavi, 2014, p.17). A várzea do Tietê, na zona leste de São Paulo, configura uma situação crítica, onde se impõe reequacionar as relações entre o rio e a cidade, entre a enchente e o urbano.

Trata-se de avaliar abordagens, atentas para as dinâmicas próprias dos fluxos e do terreno, que possam contribuir para desenvolver a infraestrutura de águas em áreas sujeitas a inundações. Modos de entender a rede fluvial que incorporem as variações de intensidade dos escoamentos, os desenhos curvilíneos dos meandros e os alagamentos na várzea dos rios. O manejo de águas que assimile a turbulência dos fluídos, o escoamento num território sem bordas, em contraposição aos trajetos retificados, ao adutor de águas, ao sistema convencional de drenagem.

Pensar o dreno e os aparatos de contenção – necessários ao manejo de águas, à proteção das ocupações em áreas de risco – a partir de uma lógica distinta do estancamento, da rígida separação entre o rio e a cidade. Alternativas ao dique como um muro, uma margem estanque, ao dispositivo dedicado a conter as águas pela canalização. Os fluxos têm andamento ondulante, que escapa à contenção. Recolocar as relações entre o rio e a cidade através do transbordamento, da enchente.

A superfície terrestre é formatada por vários processos, como erosão por água e vento, deslizamentos e inundações. Mas as redes fluviais são o esqueleto da paisagem. Daí que entender a evolução das redes de escoamento tem sido um dos maiores desafios da hidrologia. Uma bacia fluvial é formada por dois sistemas, as encostas (escoamento da água de chuva) e os vales (rede de drenagem). A estruturação dinâmica das encostas e dos vales é que determina a evolução da paisagem. A escala dos declives e o formato das calhas dos rios resultam de um estado de equilíbrio dinâmico (Rodriguez-Iturbe e Rinaldo, 2001, p.38).

Qual é a dinâmica pela qual evolui a rede de rios? O sistema evolui espontaneamente para o estado mais conveniente, de energia mínima, impulsionado por fluxos de água e energia vindos de tempestades, avalanches e transporte

de sedimentos. Trata-se de um processo de auto-organização da paisagem. A dinâmica possui um limiar crítico, um grau de transportação de sedimentos, para além do qual se intensifica o processo de erosão. Instabilidades levam ao crescimento dos canais. As redes de rios são a manifestação de que o relevo se organizou num estado crítico, formando paisagens fora de equilíbrio (Bak, 1996, p.83).

A evolução da paisagem fluvial possui um limite crítico de erosão. As perturbações intensificam os fluxos, aumentando a erosão e reordenando a drenagem, o que acentua os declives. Menor dispêndio de energia corresponde a maior estabilidade estrutural: o sistema encontra seu estado estável quando a elevação média é baixa. O efeito da redução da elevação é aumentar o meandramento do rio, provendo a emergência de padrões de organização.

A intensidade dos fluxos fluviais é variável, entre o laminar e o turbulento, resultando em diferentes padrões de leito dos rios. O Tietê é um rio de meandros. Os meandros são curvas sinuosas resultantes de fluxo relativamente mais vagaroso, formando áreas de erosão e de deposição sedimentar. Em rios de fluxo laminar, com velocidade lenta e uniforme, os processos erosivos são limitados e a capacidade de transporte é reduzida. Em fluxos turbulentos, por outro lado, a erosão e a capacidade de transporte são grandes, mas a deposição só se dá a jusante, junto à foz do rio. Já em leito de padrão meândrico, a zona máxima de velocidade e turbulência localiza-se nas proximidades das margens côncavas, decrescendo em direção à margem convexa, onde se dá a deposição.

O meandro é um mecanismo pelo qual o rio transborda. Ele introduz um desvio no curso laminar, uma curva que varia continuamente. O rio se configura, devido à oscilação da intensidade do fluxo, através de inundações e retificações periódicas. Os processos combinados de erosão e deposição fazem que o traçado do rio mude sem parar, num processo de modulação permanente. Implicam um alto grau de sinuosidade, de curvatura, do rio. Maior intensidade de escoamento produz maior concavidade, acentuando as curvas, ampliando os terrenos alagáveis, a área de várzea.

Os meandros configuram uma organização extremamente complexa da paisagem, a repartição de terra e água, formando um limite entrelaçado. Uma margem espessa e movente. O modelo básico de rede fluvial, com córregos desaguando em rios maiores, remete à curva de Peano. Trata-se de uma curva que preenche por completo um plano. É um exemplo de limite: todos os pontos da região são partilhados entre a terra e a água em proporções iguais. O lado de dentro e o de fora se interpenetram. Há uma correspondência contínua entre os pontos do perímetro e o interior – uma dimensão topológica, fractal.

O padrão de meandramento dos rios articula o lado de dentro ao lado de fora, ocupa o espaço. Ao contrário da esfera, que minimiza a superfície que contém um volume determinado, essa configuração maximiza a margem. Ela tem a capacidade de preencher o espaço. Cresce a área de fronteira com o exterior,

com relação ao volume encerrado no interior. A ampliação da borda favorece o intercâmbio de materiais entre o dentro e o fora do sistema.

As bacias fluviais se estendem em ramificações de córregos. Os padrões da geomorfologia fluvial, como as redes das bacias de drenagem, se formam por espraiamento, em sucessivas bifurcações, fazendo emergir uma conformação agregada, sem dentro ou fora, sem limite. É um dispositivo que remete às dendrites, mecanismo de constituição de agregados. É um processo não linear: ocorrendo de dentro para fora, o limite é muito instável. A pressão do volume que se expande gera uma tensão de superfície, estabelecendo uma estabilidade precária. O fluxo, em vez de buscar uma superfície lisa, que demanda menos dispêndio de energia, transforma o limite numa ponta, que adquire várias ramificações. É um fenômeno de não equilíbrio (Nicolis; Prigogine, 1989, p.28).

Essa é a questão: como estabilizar um limite instável? A zona de meandros é instável. Uma determinada extensão de terra ou água, de contorno indefinido, é configurada por elementos sinuosos, linhas que preenchem o espaço passando por todos os seus pontos. Estruturação do terreno a partir de suas próprias linhas de movimento, das articulações criadas pelos fluxos e escoamentos. O problema da medida do comprimento de um litoral está relacionado a como compreender a formação e a estabilização de aglomerados cujas bordas são extremamente indefinidas, irregulares e instáveis.

Como compreender configurações altamente variáveis, mutantes, cujos padrões e estruturas não são perceptíveis à observação imediata? Que extensão tem um litoral? Um litoral sinuoso, apesar de sua imensurabilidade em extensão, tem um grau característico de rugosidade, que permanece constante em todas as escalas. O comprimento da linha costeira depende do comprimento da unidade de medida escolhida (Mandelbrot, 1983, p.25). Cada medida numa escala mais aproximada, fazendo aparecer mais contornos, amplia a extensão da costa. Medidas progressivamente mais precisas de um litoral não se estabilizam em nenhum ponto. A linha costeira, um limite preciso entre a terra e a água, não pode nunca ser definitivamente estabelecido. A várzea é como a linha do litoral.

É o problema da contenção, da constituição de uma formação heterogênea. É um fenômeno de espessamento: entre o interior e o exterior fica o limite, que regula as trocas entre o lado de dentro e o lado de fora. É o que permite estabelecer uma relação entre centro e borda. Esse dispositivo complexo adquire consistência devido à capacidade que tem de integrar num conjunto materiais diferenciados. Uma operação de composição entre o lado de dentro e o de fora, através de sua complexa região de fronteira.

A questão da contenção é chave em terrenos que evidenciam grandes perturbações topográficas e hidrológicas. Como circunscrever esses sítios desordenados, sem limites? Como essas formações desconfiguradas, de materiais não consolidados, ganham consistência? Como se pode conter esses sítios sem margens? (Smithson, 1996, p.111). É a questão da várzea dos rios.

Como compreender, em vista do fluxo que se expande por turbulência, transbordando canais e diques, a noção de contenção? Dispositivos de canalização não visam justamente conter o escoamento, direcionar o movimento, limitar a velocidade? Contenção significa reter determinada massa, colocá-la num recipiente ou escorá-la, como um muro de arrimo. Mas o elemento a ser contido se desloca, desintegra, desmorona. Já os fluídos remetem às inundações e deslizamentos, o que torna difícil estabelecer seus limites e formas. O material está sempre se soltando, rompendo e escorrendo. Há uma tensão entre a massa informe e as estruturas de contenção, entre a dispersão e a estruturação. O que dá consistência a essas formações de materiais dispersos ou diluídos, em permanente desequilíbrio?

O que mantém juntas essas conformações territoriais? É uma questão de consistência: o manter-se junto de elementos heterogêneos. A sustentação dessa coexistência de heterogêneos pode ser garantida por uma estrutura de estancamento. Temos, porém, outro modelo, em que não há uma forma que se impõe, mas uma articulação de dentro. Não se trata de impor um dique a uma margem, mas de elaborar um território cada vez mais consistente. O que dá consistência ao material é aquilo que faz que os heterogêneos se mantenham juntos sem deixar de ser heterogêneos (Deleuze; Guattari, 1980 p.407). Como então se consolidam esses terrenos fluídos, inundáveis, permanentemente atravessados por fluxos?

A constituição de configurações heterogêneas é uma questão da relação entre o dentro e o fora. É uma operação contínua de mistura, de expansão e contração, aglutinação e dissolução. Constituição do espaço por integrações que se fazem de um ponto a outro no interior de um mesmo campo, de modo que o espaço de dentro está topologicamente em contato com o de fora, independentemente das distâncias (Deleuze, 1988, p.93). O dispositivo que conjuga o dentro e o fora é o oposto do dique: tem sempre um exterior incluído.

Como o dentro e o fora se configuram, já que não são demarcados e estabilizados? O lado de fora não é um limite fixo, mas uma matéria móvel, animada por movimentos de dobraduras. A dobra dá uma curvatura ao lado de fora e constitui o lado de dentro. Opera em variação constante, desenhando uma configuração topológica. O lado de fora, mais longínquo, é também o mais próximo. Todo o espaço do lado de dentro está topologicamente em contato com o espaço do lado de fora, independentemente das distâncias e do tempo. Terra e água permanecem topologicamente articuladas, sem se deixarem reduzir por completo.

A questão da estabilização de formações heterogêneas, da contenção de configurações formadas por deposição ou escoramento, em que o lado de dentro e o de fora não se demarcam por um limite, pode ser tratada através da noção de meio. O território é desprovido de centro e propaga-se por prolongamentos e variações. Não tem começo nem fim, mas sempre um meio pelo qual ele cresce e transborda. Ao oposto a uma estrutura, que se define por um conjunto de

pontos e posições, está sempre no meio: é uma região contínua de intensidades, vibrando sobre ela mesma (Deleuze; Guattari, 1980, p.31).

O meio é o lugar onde as coisas adquirem velocidade. É o modelo hidráulico, das curvaturas, das turbulências: um rio que tudo carrega, rói suas margens e adquire velocidade pelo meio. As linhas podem ir de ponto a ponto, medir distâncias, estabelecer contornos, limites entre interior e exterior – têm-se aí espaços construídos pelo estancamento. Mas o espaço pode também ser constituído por dentro. Não pelo que o delimita, por suas bordas, mas por linhas de movimento, que se espraiam em todas as direções, como um fluxo turbulento. A partir do meio, de um dentro sem fora, sem limites, engendrado por essas próprias linhas. O movimento consiste em fazer do fora parte do território.

A linha que constitui o território é uma linha que nada delimita, que não cerca contorno algum, que não para de desviar, mudando constantemente de direção. Ela descreve um espaço sem fora nem dentro (ibidem, p.623). Essa linha que não traça um contorno permite tratar de outro modo a questão da contenção, dos limites – em geral entendidos como muro de arrimo, borda, fronteira. Essa linha giratória escapa da geometria pela espiral ou por um turbilhão. Não estabelece uma divisória entre o dentro e o fora. Contém por dentro, passando pelo meio, preenchendo todo o espaço. É a linha que constitui a costa do litoral, as várzeas dos rios. É uma linha frenética de variação, em espiral, em zigzague, em S.

A hidráulica é uma ciência que desenvolveu procedimentos técnicos, como os dispositivos de escoamento, em que prevalecem as noções de variação contínua e turbulência. O modelo hidráulico instaura-se pela introdução de uma declinação na trajetória retilínea dos fluídos. Um desvio que configura o declive que determinará o escoamento. Estão dadas as condições para que se formem, na corrente laminar, as turbulências, as espirais.

Trata-se de uma teoria dos fluxos, do comportamento dos fluídos: uma hidrologia. Quando se forma um ângulo, o rio passa a ser entendido como um plano inclinado, um declive. O escoamento laminar torna-se turbulento. O fluxo desce, espalhando-se em todas as direções, escorrendo por um leito sem bordas. Tudo flui sem parar, em movimento acelerado, sem qualquer contenção.

Mas os fluxos são logo retidos num trajeto delimitado, enquadrados por uma mecânica dos fluídos, pelo controle do escoamento, a construção de barragens e canais. Há, desde o início, uma ligação entre a física e a hidráulica: os estudos sobre as turbulências nas correntes, os meandros, a canalização e a regularização dos rios, o problema da vazão nos diversos condutos. A física foi primeiro uma mecânica de construtores de pontes, poços e aquedutos. O dispositivo tecnológico é uma física de adutor de águas, de sistemas de drenagem (Serres, 1997, p.132).

A turbulência, porém, é justamente o que recusa o escoamento forçado, o dreno. Temos aqui uma ciência associada às transições e aos turbilhões, resis-

tente à regulação, operando no limite da padronização imposta pelos códigos científicos e técnicos. Sempre tratou-se de subordinar a força hidráulica através de canos, canais e diques que impeçam a turbulência, que imponham ao movimento ir de um ponto a outro, direcionando o fluxo em trajetos retificados. O modelo hidráulico, ao contrário, consiste em se expandir por turbulência num espaço aberto, um campo sem canais (Deleuze; Guattari, 1980, p.449).

É a questão da dinâmica do escoamento. A engenharia não cessa de tentar capturar os fluxos, subordinando a força hidráulica a condutos e diques. A canalização significa trajetos fixos, controle da velocidade, manutenção da corrente no leito, contenção. A infraestrutura de águas não é, porém, necessariamente, uma engenharia da canalização. A física é constituída de duas ciências: uma teoria dos caminhos e uma teoria dos fluxos. A primeira considera o leito do rio, o percurso, a trajetória. O referencial é o nível d'água, o fio de prumo, a régua. A regra é o equilíbrio, a estabilidade. O percurso é concebido em relação a barreiras, entraves, freios. Tudo é cálculo de otimização, todo movimento refere-se à passagem contínua da água. Já a teoria das correntes enfoca o comportamento dos fluídos: o escoamento num canal sem borda, a inclinação, a turbulência e as espirais. Configura um espaço desprovido de limites ou margens (Serres, 1997, p.73).

Os pôlderes construídos nas margens de rios, com diques e reservatórios de retenção de águas, são uma infraestrutura que reconfigura inteiramente a paisagem, determinando as relações da cidade com o rio. Esses dispositivos, de relativa eficiência na contenção de enchentes, impactam fortemente o território, ao criar barreiras estanques, estriando o terreno da várzea.

Os sistemas convencionais de drenagem visam acelerar o fluxo da água, provocando o esvaziamento de áreas de retenção e o rápido acúmulo nos pontos de destinação, onde acabam ocorrendo enchentes. O dreno escoar mais rápido, imprime maior velocidade aos fluxos. Toda a rede fluvial é acelerada.

Um rio meândrico, no entanto, alcança uma elevação crítica, em que o dispêndio de energia é o menor possível, estabilizando a paisagem. Uma rede de drenagem natural encontra um ponto de equilíbrio entre elevação e a velocidade dos fluxos. É um sistema que reduz, naturalmente, a velocidade de escoamento, que acelera o território fluvial. Temos, portanto, no manejo dos fluxos de água, o recurso a diferenciais de velocidade, acelerações e retardamentos. A rede fluvial atinge um estado crítico em que o sistema de drenagem se auto-organiza.

Os terrenos inundáveis são fundamentais para a relação do rio com a cidade, para a constituição de dispositivos não estanques de contenção e drenagem. Terrenos de transição, que podem reter as águas em períodos de cheia e servir de áreas de lazer quando o rio reflui. Um território poroso entre o rio e o urbano.

A noção de “infraestrutura mole” implica estratégias alternativas para conter ou absorver inundações. Trata-se de operar no solo de águas rasas, entendendo a beira d'água como um limite fluído e temporário entre a água e a terra. Mu-

dar a compreensão da dinâmica da água em condições urbanas. Uma margem porosa, uma transição mais gradual da água para a terra, cria uma borda mais resistente. A operação consiste em espessar esse limite, criando um gradiente de estruturas, como terraços de áreas inundáveis. Restabelecer os processos costeiros naturais, reconstruir a várzea (Nordenson; Seavitt, 2010, p.52).

O que possibilita a estabilização de conformações atravessadas por escoamento intensivo? É a questão da demarcação da margem, da contenção de uma determinada massa em relação à água. Os dispositivos de retenção, a agregação de material não consolidado. Manejo de águas: organizar terrenos inundáveis em áreas de várzea. Buscar formas propícias para a constituição de configurações heterogêneas estáveis em condições de não equilíbrio.

A várzea de um rio de meandros é um sistema altamente complexo. A questão dos terrenos inundáveis está relacionada com o princípio da acumulação sedimentar produzida pelo fluxo meandrante. Como estabilizar essas conformações de agregados e água, altamente instáveis?

O processo de terraceamento é importante na configuração dos terrenos de várzea. Os terraços fluviais são antigas planícies de inundação abandonadas, bancos de sedimentos que se elevam nas proximidades de um curso de água. Eles têm uma encosta muito gradual e uma elevação muito próxima do nível da água – uma topografia quase plana. Terraços limitam o desenvolvimento de curvas, reduzindo a sinuosidade crítica a que o rio é capaz de chegar. Em princípio, são estruturas próximas do equilíbrio.

A várzea de rio de meandros é, porém, uma área de acumulação de material agregado. Ela apresenta o comportamento de solos moles, formados por sobreposição de materiais heterogêneos. As condições de estabilidade de aterros são críticas, o solo não consegue sustentar as construções. É um solo movediço. A flutuação é inerente ao comportamento dos corpos sólidos na água, eles pendem, inclinam, deslizam. Há uma perda da fixação no chão, dos alicerces. Como um terreno de várzea se estabiliza?

O processo de constituição de meandros e terraços é diferente do aterramento, o acúmulo de materiais provocado pela construção de diques ou pela ocupação urbana desregrada – em que a deposição é vertical, o material sendo vertido. Aterrar é a prática mais recorrente nesses terrenos instáveis. Elevar o solo para permitir a drenagem e a ocupação. A reurbanização das ocupações na várzea é realizada, em geral, partindo de um alteamento da superfície construída. Mas haveria outro modo de tratar o caráter movediço dessas áreas em desequilíbrio? A questão é: como lidar com a instabilidade própria desses terrenos? Estabilizar elementos em solo instável.

Em geral, apontam-se os seguintes problemas causados pela urbanização da várzea: o descarte de resíduos sólidos (entulho, materiais de demolição, restos recicláveis não utilizados), a ocupação por edificações precárias e o desmatamento. Normalmente, o aterro de áreas alagáveis é feito com entulho, o que impede

a regeneração da vegetação nativa e causa o assoreamento dos cursos d'água. O aterramento facilita a construção na várzea, ao possibilitar a impermeabilização de solo hidromórfico, que em condições naturais encontra-se saturado por água (Pereira, 2012).

O sistema do rio Tietê na zona leste de São Paulo (meandros, afetado pela implantação de pôlder, ocupações na várzea e poluição das águas, além de articulação com os córregos afluentes) é um caso exemplar para analisar até que ponto um sistema fluvial pode ser impactado por grandes intervenções urbanas até perder resiliência e se desestruturar irreversivelmente. Como um sistema natural complexo, que opera longe do equilíbrio, no limite do caos, pode sofrer uma transição catastrófica?

O sistema dos meandros, mecanismo de estabilização do rio, pode ter sido perturbado a ponto de impedir que alcance o equilíbrio crítico? Existe a possibilidade de todo o sistema da várzea ter sido completamente desestruturado, resultando numa situação desordenada, sem mais qualquer padrão de funcionamento organizado? As recentes grandes enchentes, que ocorreram inclusive em áreas já reurbanizadas, podem indicar que a conjunção das oscilações do regime do rio com as obras de contenção e drenagem e o assoreamento da calha principal, córregos e canais afluentes tenha resultado, em determinados momentos, num comportamento caótico de todo o sistema.

A várzea do Tietê foi extensamente escavada para a extração de areia e argila. As cavas da mineração foram posteriormente inundadas, tornando-se lagos, ligados ao rio. Toda a região foi revolvida por atividades extrativas, criando um vasto território entremeado por concavidades e muros de arrimo instáveis. Cavas preenchidas com material inerte, como o usado para recobrir áreas de alagamento na várzea, resultando num terreno em processo de acomodação, sobre o qual não se podem construir edificações que requeiram fundações estáveis. Apenas aquelas que sejam lastreadas, equilibradas em balastro: fincadas em chão movediço.

A várzea do Tietê tem características de áreas pós-mineradas. São terrenos afetados por atividades industriais, escavações, extrações, ocupações desordenadas. Qual a possibilidade de, partindo de configurações extremamente degradadas pela atividade industrial e intervenções urbanas de grande porte, reencontrar a dinâmica da paisagem? Isso não é assegurado na natureza – eventos catastróficos, ocasionados por forças externas, podem eventualmente desagregar irreversivelmente os sistemas dinâmicos existentes. Por outro lado, é através de acontecimentos catastróficos que sistemas naturais, quando no estado crítico, se auto-organizam e se transformam. Perturbações abruptas, como deslizamentos e enchentes, é que permitem ao sistema se estabilizar em condições extremas.

Compreender as variáveis em ação em situações tão complexas e desagregadas quanto a várzea do Tietê é essencial para qualquer tentativa de formular propostas de infraestruturas sustentáveis integradas ao meio ambiente. Projetos

de manejo de águas e drenagem, nas diferentes escalas, devem ser desenhados para áreas cujos regimes fluvial e pluvial sejam essencialmente previsíveis, ainda que sujeitos a grandes variações. O funcionamento cada vez mais intensivo dessas dinâmicas, somado ao aumento das perturbações externas, faz que projetar dispositivos de infraestrutura para essas áreas seja um enorme desafio.

Seria possível desenvolver estratégias que se contraponham à maneira como comumente se lida com a paisagem alagável – impondo diques estanques? Conceber operações que conduzam essas configurações a estados distantes do equilíbrio, em que emergem todas as suas propriedades potenciais. Contribuir para que a paisagem se ponha no estado crítico, no limite extremo de permeabilidade à água, em que processos auto-organizativos possam se acionar e novas configurações serem engendradas. No rio Tietê, na zona leste de São Paulo, preservar ainda que parcialmente os processos de meandramento, as sinuosidades que se espriam pelas margens, que comandam a morfologia do rio. Recuperar uma paisagem urbana significa seguir a dinâmica para o estado em que ela se auto-organiza.

O comportamento de um rio de meandros pode ser comparado ao de um lago natural. Rios de planície e extração de areia, cascalho e argila produzem lagos rasos. Perturbações podem levar um lago de águas claras a colapsar num estado turvo. Alterações na carga de nutrientes acarretam a perda de estabilidade dos lagos rasos, que passam abruptamente do estado claro para turbido. Com o desaparecimento da vegetação aquática toda a estrutura do sistema do lago muda. A posterior restauração do estado claro vegetado é muito difícil (Scheffer, 2009, p.110). O sistema do Tietê já teria alcançado esse limiar crítico?

Como usar o conhecimento de que sistemas naturais podem passar por mudanças irreversíveis quando limiares são transpostos? Como manejar os sistemas para prevenir ou promover transições críticas? As políticas de manejo de lagos rasos implicam lidar com um risco difícil de medir de colapso no estado turvo. As dificuldades dizem respeito a tomar decisões relativas a sistemas complexos, com muitos atores, como lagos, rios e seus usuários.

A composição do material não consolidado faz que os terrenos de várzea tenham margens instáveis. As relações água-terra, o limite entre os elementos, passam a ser cruciais. Recorre-se a estruturas de escoramento feitas de terra e cascalho, muretas de pedras, dispositivos de contenção provisória de águas. Essa fronteira demarca a área em relação ao exterior, mas mantendo uma porosidade que garante os fluxos contínuos com o meio. Lidar com o solo instável, com a falta de firmeza do chão nas margens do rio, com estruturas precárias que podem ser levadas pela água. A questão é: como o material vai se organizar, uma vez dadas as condições de limite, tal como ocorre nos meandros.

O problema consiste em como estabilizar essas estruturas de não equilíbrio. Dispositivos de contenção de enchentes e drenagem têm necessariamente de operar por compartimentalização, separando radicalmente o rio da cidade,

como um muro? Pode-se considerar a construção de barragens não estanques, por procedimentos de agregação de material não concretado, de modo a obter dispositivos de contenção mais integrados à paisagem. Os desafios para construir às margens do rio, referentes sobretudo à estabilidade do solo, são grandes. Muratas devem ter uma inclinação, um declive, prevenindo contra a ação da água. Áreas de menor resistência, com potencial para deslizamento, devem ser aterradas, de modo a estabilizar o terreno. Problema da fronteira entre diferentes camadas de materiais, com diferentes graus de consistência.

As cidades enfrentam um novo problema: as mudanças climáticas. Dentre os efeitos previstos, as alterações no regime de chuvas que impactam o comportamento dos rios, intensificadas pela ocupação das margens e pela pavimentação do solo, dificultando a drenagem. As respostas têm sido convencionais: se ocorrem inundações, construir mais canais de drenagem e barragens. Mas esses métodos em geral deslocam o problema para áreas vizinhas. As infraestruturas rígidas, inflexíveis, dependem de um clima estável, com variações limitadas, o que não ocorre mais (Oppenheimer, 2005, p.32).

O desafio de implantar infraestrutura em áreas de várzea é construir no limite da instabilidade. Obras de infraestrutura devem cada vez mais incorporar modos de resiliência, a capacidade de se recompor quando de perturbações. Conviver com condições de indeterminação, que exigem pesquisas e testes. Desenvolver materiais que respondam às variações do regime de águas, modos construtivos adaptados a terrenos instáveis, encostas, várzeas. Construir em situações críticas.

Quais são os dispositivos infraestruturais próprios para a várzea? Aqueles configurados pela composição de elementos heterogêneos, que incorporem disjunção e inadequação. Dispositivos que guardem uma margem de indeterminação, a possibilidade de gerar articulações alternativas, outros encaixes, diferentes conformações. Elementos de contenção ou escoamento podem ser parcialmente redesenhados conforme as dinâmicas do território. Projetos e atividades de diferentes naturezas e em diferentes escalas, articulados frouxamente no território, mas que provoquem ondas de inovação tecnológica, de mobilização social e de transformação urbana.

Um dispositivo é uma articulação operativa de elementos heterogêneos, adquirindo consistência devido à capacidade que tem de integrar num conjunto materiais diferenciados. Extrai os elementos dos contextos originais e os converte em componentes de outros arranjos, permitindo a emergência de novos efeitos sistêmicos. Mas o dispositivo também, ao contrário de uma estrutura, associa elementos portadores de diferença, capazes de acionar processos de mutação. Linhas de fuga, velocidades variáveis de escoamento, com fenômenos de retardamento ou de precipitação, o que faz passar os fluxos (Deleuze; Guattari, 1980, p.10).

O aperfeiçoamento de um dispositivo ou procedimento não corresponde a um aumento do controle dos processos naturais e sociais, mas ao fato do

seu funcionamento comportar uma descontinuidade, um espaço para ajustes, que faz que seja sensível à informação vinda do exterior. Essa sensibilidade à informação é que permite a constituição de conjuntos técnicos complexos. O dispositivo escapa à estrutura – que supõe retroações e ciclos reiterados. Ele implica complementaridade com os outros dispositivos, dependendo de elementos exteriores para poder existir. É acompanhado pela pane, pela crise. Tem uma dimensão suplementar: uma diferença fundada na instabilidade, a prospecção de estados longe do equilíbrio (Guattari, 1995, p.49).

Forças ambientais, além da gravidade e da pressão, estão constantemente fazendo materiais de construção envergar, expandir, contrair, romper e deformar. Os princípios arquitetônicos sugerem limitar o movimento em favor da estabilidade, mas se o movimento for incorporado, mantendo a estabilidade, novas alternativas de projeto serão possíveis (Hoberman; Gupta, 2014, p.560).

Novos procedimentos e técnicas poderiam ser criados e/ou aperfeiçoados para essas condições extremas? Na várzea, toda inovação tecnológica não pode ser exclusivamente técnica. Tem de ser social, antes de ser técnica. Um agenciamento complexo de conhecimentos, instrumentais, práticas produtivas, modos de gestão e legislação, que permita a criação de novas tecnologias. Um dispositivo de infraestrutura urbana será pouco operacional se não se articular com os agenciamentos sociais e ambientais nos quais se inscreve.

As ocupações na várzea do Tietê e a implantação de infraestrutura de contenção de enchentes têm grande impacto no sistema fluvial e na configuração da periferia metropolitana na zona leste. A correlação entre infraestrutura de águas, urbanismo desordenado e preservação ambiental é altamente complexa, podendo levar à emergência de novos arranjos sociais e técnicos: novos modos de lidar com as dinâmicas naturais, de manejo de águas, de construir infraestrutura urbana e de agenciar informação.

O processo construtivo é determinado pelas condições extremas. A estabilidade, a consistência das barragens diante das pressões ambientais, numa zona de meandros. É a questão da agregação de material não coesivo, numa paisagem movente. Lidar com as estruturas resultantes de processos endógenos de aglomeração e sedimentação dos materiais como forma de estabilização de terrenos geológicos. Em vez de projetos estruturantes de estabilização, voltados para a limitação da erosão, procedimentos em que as barragens operam como pontos de aglutinação de material sedimentar. Uma estrutura que se constitui longe do equilíbrio, no limite da estabilidade.

A questão da consistência de taludes e barragens de contenção, essenciais ao manejo de águas, é fundamental. As acumulações de material heterogêneo se estabilizam num estado crítico, na fronteira entre a ordem e o caos, em que a mais leve perturbação pode causar uma reação em cadeia – por exemplo, uma chuva forte desencadeando uma inundação. O dispositivo opera sempre no limite do colapso, mas responde às instabilidades retornando ao seu estado crítico.

Desastres periódicos é que asseguram, paradoxalmente, a estabilidade, crítica, da paisagem (Bak, 1996, p.48).

O princípio da contenção provém do dispositivo da barragem, remetendo aos dispositivos de retenção de águas. Mas também diz respeito às barras de sedimentos nos rios e ao terraceamento, parte do processo de formação dos meandros. A estabilidade deve ser alcançada conservando o estado de não equilíbrio que é próprio da paisagem. Implica lidar com uma massa instável, de pouca coesão, capaz de se movimentar. É um processo de consolidação, que se faz não pela imposição de uma estrutura, mas por flutuação e intensificação: modulação. Um espaço constituído por movimentos em variação contínua. Ponto em que o fluxo reencontra seu andamento curvilíneo e turbilhonar, meio pelo qual ele cresce e transborda.

É também a questão da robustez, a capacidade do urbano de se recompor após o impacto de alterações das condições ambientais, como os alagamentos. Implica a busca de materiais e sistemas construtivos capazes de absorver e expelir umidade, de assentar em solos instáveis. Dispositivos infraestruturais adaptados à grandes alterações do clima e dos terrenos.

Esse partido demanda trabalhar com a água, não contra ela. Operar em função do fluxo da água, em vez de combater sua pressão. Trabalhar com a resistência, erguendo barragens que funcionem como filtros, fronteiras. Conter inundações, mas permitir a vazão, o escoamento. A fronteira é uma zona de trocas, entre a água e a terra firme. Em vez de paredes, que tornam absoluta a resistência ao que está fora, construir muros porosos, membranas que articulam o dentro e o fora. A membrana é um contêiner ao mesmo tempo resistente e permeável. Trabalhar com a resistência em condições de fronteira (Sennett, 2009, p.246).

Os procedimentos do urbanismo são comumente voltados para a estabilização do solo e das estruturas de drenagem e estancamento. Reforçar a consistência estrutural do terreno, as paredes de arrimo dos diques, as barragens de contenção. Aqui, porém, se opera justamente a instabilidade. A abordagem vai, de certo modo, na contramão dos princípios convencionais da engenharia: reforçar processos de longo prazo de acomodação da paisagem, em parte aleatórios e imprevisíveis. Criar configurações – como os terrenos de transição e os terraços inundáveis – que dependem da movimentação do terreno para se consolidarem, de um sistema dinâmico de escoamento.

Realizar experimentações que sigam os fluxos, os processos inerentes ao território. Testar os dispositivos em condições limite, de não equilíbrio. Ao contrário do que prescrevem as políticas de reconversão de áreas de várzea, voltadas para o aplainamento das tensões do relevo, a paisagem só se reconfigura no estado crítico, no manejo de inundações.

Referências

- BAK, P. *How nature works*. The science of self-organized criticality. Copernicus / Springer-Verlag, 1996.
- BRISSAC PEIXOTO, N. *Paisagens críticas. Robert Smithson*; arte, ciência e indústria. São Paulo: Senac; Educ, 2010.
- DELEUZE, G. *Foucault*. São Paulo: Editora Brasiliense, 1988.
- DELEUZE, G.; GUATTARI, F. *Mille plateaux*. Paris: Minuit, 1980.
- GUATTARI, F. *Chaosmosis*. Indiana University Press, 1995.
- HERGARTEN, S. *Self-organized criticality in Earth systems*. New York: Springer-Verlag, 2002.
- HOBERMAN, A.; GUPTA, S. Adaptabilidade em arquitetura. In: *Urbanismo ecológico*. Harvard University Press, 2014.
- MANDELBROT, B. *The Fractal Geometry of Nature*. New York: Freeman and Company, 1983.
- MOSTAFAVI, M. Por que um urbanismo ecológico? In: *Urbanismo ecológico*. Harvard University Press, 2014.
- NICOLIS, G.; PRIGOGINE, I. *Exploring complexity*. New York: Freeman and Company, 1989.
- NORDENSON, G.; SEAVITT, C. Soft infrastructure. In: *Rising Currents*. New York: MOMA, 2010.
- OPPENHEIMER, M. Climate change and world cities. In: *Rising Currents*. New York: MOMA, 2005.
- PEREIRA, D. Territorialização da metrópole paulista: ocupação das várzeas do rio Tietê. In: XII COLÓQUIO DE GEOCRÍTICA. Bogotá, 2012.
- RODRIGUEZ-ITURBE, I.; RINALDO, A. *Fractal river basins: chance and self-organization*. Cambridge University Press, 2001.
- SCHEFFER, M. *Critical transitions in nature and society*. New Jersey: Princeton University Press, 2009.
- SENNETT, R. *The Craftsman*. New Haven: Yale University Press, 2009.
- SERRES, M. *O nascimento da física no texto de Lucrecio*. São Paulo: Editora Unesp, 1997.
- SIMONDON, G. *Du mode d`existence des objets techniques*. Paris: Aubier, 1969.
- SMITHSON, R. *The Collected Writings*. Jack Flam ed. University of California Press, 1996.
- STØLUM, H-H. River Meandering as a Self-Organization Process, *Science*, v.271, March 1996.

RESUMO – As metrópoles brasileiras estão passando por grandes transformações. As periferias se converteram em situações críticas, onde conflitam diferentes políticas públicas, assentamentos de moradia precária e sistemas ambientais desconfigurados. As várzeas dos rios, como o Tietê na zona leste de São Paulo, são paradigmáticas das condições de não equilíbrio, exigindo repensar os fenômenos extremos que afetam a paisagem urbana: as chuvas torrenciais, as inundações; desenvolver estratégias sociais e instrumentos técnicos para lidar com as instabilidades; recolocar as relações entre o rio e a cidade, integrando os dispositivos de contenção de enchentes e o meio ambiente, em outras bases conceituais e operacionais.

PALAVRAS-CHAVE: Situações críticas, Não equilíbrio, Rio, Cidade, Inundações.

ABSTRACT – The Brazilian metropolises are undergoing great transformations. The peripheries have become critical situations, where different public policies, settlements of precarious housing units and disaggregated environmental systems conflict. River floodplains, such as that of the Tietê river in eastern São Paulo, are paradigmatic of a condition of non-equilibrium, requiring a new perspective on the extreme phenomena that affect the urban landscape: torrential rains, floods. It is necessary to develop social strategies and technical tools to deal with climatic instabilities and to re-evaluate the relations between the river and the city, integrating flood containment devices and the environment into other conceptual and operational foundations.

KEYWORDS: Critical situations, Non-equilibrium, River, City, Floods.

Nelson Brissac Peixoto é filósofo, trabalhando com questões relativas à arte e ao urbanismo. É organizador e curador de *Arte/Cidade*, um projeto de intervenções urbanas em São Paulo, desde 1994. Publicou: *Arte/Cidade - Intervenções urbanas* (Senac, 2002); *Paisagens críticas - Robert Smithson: arte, ciência e indústria* (Senac/Educ, 2010); e *Arte/Cidade Zona Leste* (Dardo, Espanha, 2011). Atualmente desenvolve os projetos *ZL Vórtice*, na zona leste de São Paulo, e *Arte/Cidade – Linha Metálica*.
@ – nbrissac@gmail.com

Recebido em 25.9.2017 e aceito em 13.10.2017.

¹Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.