

MANEJO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS PLUVIAIS NO MEIO URBANO: O CASO DE BRASÍLIA

SUSTAINABLE MANAGEMENT OF PLUVIAL WATERS IN THE URBAN ENVIRONMENT: THE CASE OF BRASÍLIA

Tereza Cristina Esmeraldo de Oliveira, Eng. Civil , PPGFAU/UnB.

E-mail: terezaesmeraldo@yahoo.com.br

Maria do Carmo de Lima Bezerra, Arq. Dra. Professora do PPGFAU UnB

E-mail: mdclbezerra@gmail.com

Resumo

Este artigo apresenta a evolução dos sistemas de drenagem urbana até o momento atual onde os sistemas de manejo sustentável das águas pluviais passam a ser o paradigma desejável como solução que articule forma urbana e drenagem, com grande evolução nos países desenvolvidos. Os aspectos relativos à legislação de uso e ocupação do solo e ao saneamento básico são analisados para verificar como interagem aspectos técnicos e base normativa. O caso estudado é o do Distrito Federal, sua base legal e conceitos e técnicas do planejamento urbano e do manejo das águas pluviais adotadas. Como resultado, o exemplo analisado demonstra que a introdução de medidas estruturais e não estruturais de manejo sustentável das águas de chuva é o caminho a ser adotado no enfrentamento dos problemas de alagamentos urbanos, mas ainda existem resistências no âmbito governamental para adoção das soluções não ortodoxas que integrem gestão territorial com soluções de drenagem.

Palavras-chaves: Drenagem sustentável; Distrito Federal; Planejamento urbano.

Abstract

This article presents the evolution of urban drainage systems to the present moment where sustainable urban rainwater management systems become the desirable paradigm as a solution that articulates urban form and drainage with great evolution in developed countries. The aspects related to land use legislation and to basic sanitation are analyzed to verify how technical aspects and normative basis interact. The case studied is that of Brazil's Federal District, its legal basis and concepts and techniques of urban planning and rainwater management adopted. As a result, the example analyzed shows that the introduction of structural and non-structural measures for the sustainable management of rainwater is the path to be used in order to cope with the problems of urban flooding, but there is still resistance in the governmental scope to adopt unorthodox methods that integrate territorial management with drainage solutions.

Keywords: Sustainable drainage; Federal District; Urban planning.

1. Introdução

O solo é utilizado pelas águas das chuvas como espaço para filtração e recarga dos aquíferos, de forma a manter os cursos d'água. São estas águas que serão necessárias para fornecer os insumos para o desenvolvimento econômico, o consumo humano, o tratamento de rejeitos, dentre outros serviços ambientais, além da manutenção da biodiversidade.

A urbanização modifica o ciclo hidrológico devido a impermeabilização e a alteração da cobertura vegetal. A diminuição das áreas de coberturas naturais compromete o ciclo hidrológico porque a vegetação desempenha um controle qualitativo e quantitativo, promovendo a infiltração, a interceptação, o controle de poluentes, o controle de erosão, a evapotranspiração e a diminuição do escoamento superficial (TUCCI, 1997).

A urbanização altera os percentuais de evapotranspiração, infiltração e escoamento superficial no meio e a quantidade de água na bacia hidrográfica, como ilustrado na [Figura 1](#).

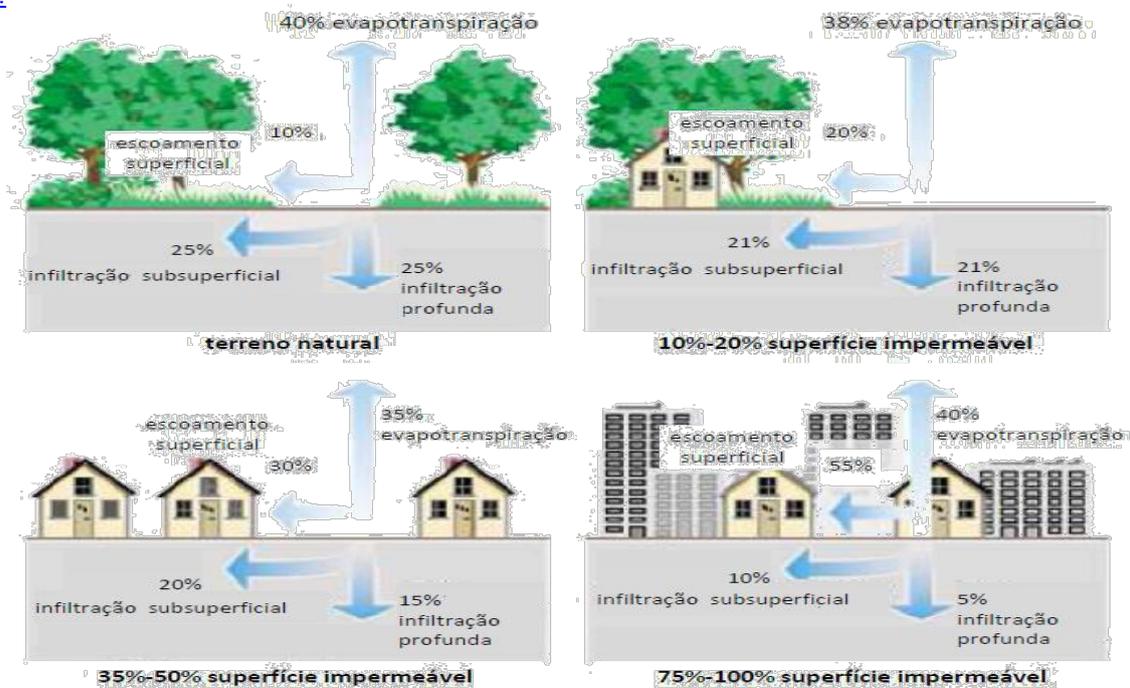


Figura 1: Alterações nas parcelas do ciclo hidrológico em diferentes fases da urbanização. Fonte: FISCRWG, (2001)

Camapum e Lelis (2010) enfatizam que a expansão urbana desordenada ou mal planejada gera impactos ambientais como: desmatamento, erosão, assoreamento de rios e reservatórios, acúmulo de resíduos sólidos em áreas inapropriadas, contaminação do lençol freático e impermeabilização excessiva do solo.

A impermeabilização do solo provoca a redução da capacidade de infiltração natural das águas de chuva gerando a redução nos volumes das águas subterrâneas. Aumenta o volume e a velocidade do escoamento das águas de chuva, gerando erosões. Estimula o transporte de sedimento pelas águas de chuva, gerando assoreamento dos corpos hídricos. Gera o comprometimento da qualidade das águas dos cursos d'água e lagos devido ao transporte da poluição urbana pelas águas de chuva. Provoca enchentes e inundações.

Segundo Tucci (2005, p. 19) o escoamento pluvial transporta sedimentos e resíduos cuja quantidade depende do estágio em que se encontra o desenvolvimento urbano, quais sejam:

- a) estágio de pré-desenvolvimento: a bacia hidrográfica naturalmente produz uma quantidade de sedimentos transportada pelos rios em razão das funções naturais do ciclo hidrológico;
- b) estágio inicial de desenvolvimento urbano: quando ocorre modificação da cobertura da bacia, pela retirada da sua proteção natural, o solo fica desprotegido e a erosão aumenta no período chuvoso, aumentando também a produção de sedimentos. Exemplos dessa situação são: enquanto um loteamento é implementado, o solo fica desprotegido; ruas sem pavimento; erosão pelo aumento da velocidade do escoamento a montante por áreas urbanizadas; na construção civil por falta de manejo dos canteiros de obras onde ocorre grande movimentação de terra. Esse volume é transportado pelo escoamento superficial até os rios. Nessa fase, existe predominância dos sedimentos e pequena produção de lixo;
- c) estágio intermediário: parte da população está estabelecida, ainda existe importante movimentação de terra por causa de novas construções. Em virtude da população estabelecida, existe também uma parcela de resíduos sólidos que se soma aos sedimentos;
- d) estágio de área desenvolvida: nessa fase praticamente todas as superfícies urbanas estão consolidadas, resultando numa produção residual de sedimentos em razão das áreas não-impermeabilizadas, mas a produção de lixo urbano chega ao seu máximo com a densificação urbana.

O manejo sustentável das águas de chuva tem como objetivo diminuir os impactos da expansão urbana em relação a quantidade e a qualidade da água pluvial, privilegiando à integração da água à cidade, recuperando seus valores ambientais e paisagísticos.

2. Evolução dos sistemas de drenagem no meio urbano

No século XX houve um avanço significativo nas técnicas e na gestão das águas pluviais no meio urbano devido aos problemas e desafios causados pelo aumento e concentração populacional, pelo crescimento industrial e pela deterioração das condições ambientais, em especial, das águas.

Até 1970 os sistemas de drenagem urbana foram baseados no rápido escoamento do excesso pluvial pelas ruas até os rios por *canalização*, fornecimento de água para consumo com retirada à montante e coleta de esgotos e despejo, sem tratamento, à jusante. A preocupação era retirar para longe das pessoas os riscos de proliferação de doenças. Essa fase é denominada *higienista* (TUCCI, 2005; KOIDE, 2016).

O despejo sem tratamento dos esgotos sanitários nos rios, o transporte da poluição urbana pelas águas de chuva, os depósitos de resíduos sólidos urbanos que contaminam as águas superficiais e subterrâneas e a contaminação das águas subterrâneas por despejos industriais e domésticos, promoveram o chamado *ciclo de contaminação das águas*. Uma das consequências desta forma de expansão urbana sem visão ambiental é a deterioração dos mananciais e a redução da cobertura de água segura para a população, ou seja, *a escassez qualitativa* (TUCCI, 2005).

Em 1975, a “Clean Water Act” (Lei da Água Limpa) nos Estados Unidos, definiu que todos os efluentes deveriam ser tratados com a melhor tecnologia disponível para recuperação e conservação dos rios. Isso permitiu melhorar as condições ambientais, evitar a proliferação de doenças e a deterioração de fontes de abastecimento. Verificou-se que era insustentável continuar a construção de obras de drenagem que aumentassem o escoamento em razão da urbanização, como a canalização de rios naturais. Os sistemas de drenagem então avançaram para realizar o tratamento do esgoto doméstico com implementação de

total cobertura de coleta e tratamento e o controle de inundações com técnicas de *amortecimento*. Essa fase é denominada *corretiva* e ocorreu no período de 1970 a 1990 (TUCCI, 2005; KOIDE, 2016).

Tucci (2005) esclarece que a qualidade das águas pluviais escoada pela canalização depende da limpeza urbana e sua frequência, da intensidade da precipitação e sua distribuição temporal e espacial, da época do ano e do tipo de uso da área urbana. Com o adensamento urbano e o aumento do consumo, ocorreu o aumento da impermeabilização do solo, da geração de resíduos e sua disposição inadequada. O escoamento pluvial acaba transportando estes resíduos para o sistema de drenagem, agravando a poluição nos rios.

Verificou-se que não bastava atuar sobre o problema no fim do processo, faz-se necessário trabalhar *preventivamente na origem*. Essa fase é denominada *sustentável* e teve início em 1990. Consiste no planejamento da ocupação do espaço urbano *obedecendo aos mecanismos naturais de escoamento*; no controle dos micro-poluente, no controle da poluição difusa e a recuperação da *infiltração* (TUCCI, 2005; KOIDE, 2016).

Estes períodos refletem os avanços alcançados pelos países desenvolvidos. Os países em desenvolvimento estão tentando sair da primeira fase para uma ação corretiva dentro da fase sustentável. Tucci (2005) nos informa também que o Eng. Saturnino de Brito, no início do século 20, planejou algumas cidades brasileiras segundo a concepção sustentável e estava adiante do seu tempo.

Com a impermeabilização do solo a água de chuva que infiltrava, passa a escoar pela canalização de drenagem urbana, aumentando o volume do escoamento superficial. O volume que escoava lentamente pela superfície do solo e ficava retido pelas plantas, com a urbanização, passa a escoar através de superfícies impermeáveis, condutos e canais, exigindo maior capacidade de escoamento e aumento do diâmetro das tubulações e declividade da canalização. Segundo Tucci (2005) a *canalização* tende a representar custos de 6 a 10 maiores que o *amortecimento* do escoamento. As medidas de *infiltração* tendem a ter custos ainda 25% inferiores ao amortecimento.

Camapum e Lelis (2010) preconizam algumas medidas preventivas importantes para o desenvolvimento urbano sustentável que podem minimizar os impactos da impermeabilização do solo, dentre elas a *definição do traçado urbanístico levando-se em conta as características geomorfológicas, climáticas e o controle do escoamento superficial*, de modo a favorecer a infiltração e reduzir os efeitos dos picos de chuva, além da *definição da taxa de ocupação apropriada às condições ambientais vigentes*.

O planejamento do desenvolvimento urbano e das suas infraestruturas sobre bases sustentáveis exige abordagens multidisciplinares que permitam antecipar e avaliar os impactos das intervenções na bacia hidrográfica, em detrimento de tratamentos tradicionais, que impedem uma compreensão das interações e da dinâmica dos processos sócio-ambientais que ocorrem no território. A adoção dessa estratégia visa realizar a implantação urbana com menor impacto negativo possível, de modo a gerar menor custo financeiro e ambiental, presentes e futuros, garantir meio ambiente equilibrado e qualidade de vida a população.

3. Planejamento urbano e sistemas de drenagem no Brasil

O Brasil tem avançado no estabelecimento de legislação e programas para estimular o desenvolvimento sustentável no planejamento urbano e na gestão das águas pluviais.

O Estatuto da Cidade ([Lei nº 10.257/2001](#)) define que o plano diretor é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana. Dentre suas diretrizes gerais tem a garantia do direito a *idades sustentáveis*; o planejamento do desenvolvimento das cidades de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e *seus efeitos negativos sobre o meio ambiente*; a ordenação e controle do uso do solo, *de forma a evitar os usos excessivos ou inadequados em relação à infraestrutura urbana* e a poluição e a degradação ambiental, dentre outros; a adoção de padrões de produção e consumo de bens e serviços e de expansão urbana *compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental* do Município e do território sob sua área de influência.

A [Lei nº 12.608/2012](#), que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, introduziu no Estatuto da Cidade a obrigatoriedade dos municípios com áreas de riscos a adoção de *medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos* de desastres; a identificação e diretrizes para a preservação e ocupação das áreas verdes municipais, quando for o caso, *com vistas à redução da impermeabilização das cidades* e que *o conteúdo do plano diretor* deverá ser *compatível* com as disposições dos *planos de recursos hídricos*, formulados de acordo com a legislação de recursos hídricos (Lei nº 9.433/1997).

A Lei de Saneamento (Lei nº. 11.445/2007) define que o saneamento básico é composto por abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais. Esta Lei prevê que os serviços prestados pelas cidades devem *atender a legislação de recursos hídricos* (art. 4º, parágrafo único). Segundo esta lei, *os planos de saneamento básico deverão ser compatíveis com os planos das bacias hidrográficas em que estiverem inseridos* além de serem articulados com as *políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de proteção ambiental*, dentre outras.

O Ministério das Cidades, por meio do Programa de Drenagem Urbana Sustentável, procura promover articulação da gestão da drenagem urbana com as políticas de desenvolvimento urbano, de uso e ocupação do solo e de gestão das respectivas bacias hidrográficas. Estimula a gestão sustentável da drenagem urbana com ações estruturais e não-estruturais dirigidas à recuperação de áreas úmidas, à prevenção, ao controle e à minimização dos impactos provocados por enchentes urbanas e ribeirinhas (Ministério das Cidades, 2012).

O programa apóia diretrizes de drenagem que sejam previstas no Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) e compatíveis com o Plano Diretor Municipal, com o Plano de Saneamento Básico, com o Plano de Bacia Hidrográfica e com os Planos de Desenvolvimento Regional, ou equivalentes, quando existentes. Em casos de municípios que não tenham o PDDU, os recursos concedidos deverão ser utilizados em sua elaboração, devendo este necessariamente atender aos princípios de Manejo Sustentável das Águas Pluviais Urbanas, apresentados pelo programa (Ministério das Cidades, 2012).

A gestão dos recursos hídricos tem sido realizada por bacia hidrográfica, no entanto a gestão do uso do solo é realizada pelo município ou grupo de municípios numa região metropolitana. O desafio é realizar a gestão de acordo com a definição do espaço geográfico externo e interno a cidade, em harmonia com o meio físico e biótico. Desta forma busca-se garantir a disponibilidade hídrica com qualidade para todos os usos; manter a qualidade da água dos rios a jusante e evitar impactos devido à urbanização na drenagem urbana e nas áreas ribeirinhas.

4. Princípios do manejo sustentável de águas pluviais no meio urbano

No esforço de elaboração da gestão sustentável das águas urbanas surgiu na década de 80 o conceito de Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (Low Impact Development), nos Estados Unidos, a abordagem australiana de Water Sensitive Urban Design (WSUD) e a abordagem britânica de Sustainable Drainage Systems (SuDS). Estas abordagens propõem uma forma de planejamento urbano sustentável por meio do emprego de planejamento multidisciplinar integrado, da busca de soluções locais e nas práticas de tratamento e controle das águas pluviais em pequena-escala para replicar o comportamento hidrológico natural em configurações urbanas. (SOUZA, CRUZ, TUCCI, 2012).

O desenvolvimento urbano de baixo impacto tem como princípios o uso e ocupação do território elaborado de forma integrada com princípios de manejo sustentável dos recursos naturais. Evita padronizações e estimula a elaboração de projetos que respeitem peculiaridades locais naturais e assegurem a proteção de toda a bacia hidrográfica. Promove a integração entre o projeto de implantação e as funções das infraestruturas e não apenas a busca de espaço para as infraestruturas dentro do design de um projeto (SOUZA, CRUZ, TUCCI, 2012).

Este planejamento busca promover o controle do escoamento superficial onde a chuva atinge o solo (controle de escoamento na fonte) utilizando técnicas de manejo de forma integrada ao ambiente para recriar processos hidrológicos naturais. Trabalha a integração das áreas verdes no processo de controle do escoamento com a preservação de vegetação e solo nativos, o emprego de áreas permeáveis e a manutenção de caminhos naturais de drenagem. Privilegia a manutenção da permeabilidade do solo, a reservação, a infiltração e a utilização das águas pluviais. Estimula o uso das águas de chuva como fonte de água para diversos fins, tanto dentro como fora dos lotes, pelos entes públicos e privados. Desta forma, há diminuição dos volumes escoados e da necessidade de fornecimento de grande volume de água captada dos mananciais. Recomenda o uso de medidas tanto estruturais como não-estruturais tais como a educação ambiental, a participação e capacitação dos cidadãos (inclusive de profissionais), o desenho urbano e a regulação do uso do solo (SOUZA, CRUZ, TUCCI, 2012).

O objetivo é que a área urbanizada tenha um comportamento aproximado às condições hidrológicas de pré-desenvolvimento, com maior tempo de detenção do escoamento pluvial, maior infiltração e recarga dos aquíferos, menor escoamento superficial, menores níveis de erosão e de poluição das águas e, conseqüentemente, menores impactos negativos, menores custos para a mitigação de impactos, recuperação sócio-econômica e ambiental e menores investimentos para fornecimento dos recursos ambientais necessários ao desenvolvimento sócio-econômico (SOUZA, CRUZ, TUCCI, 2012).

4.1 Elementos de Manejo das Águas Pluviais na Composição da Paisagem Urbana

Os sistemas de manejo sustentável das águas de chuva podem ser implantados no tratamento paisagístico dos espaços abertos, de todos os tamanhos e em todos os locais. É uma forma de emprego de áreas com vegetação para exercerem funções infraestruturais relacionadas ao manejo das águas urbanas e da biodiversidade, além de promover o embelezamento local. Souza, Cruz e Tucci (2012) enfatizam que as práticas paisagísticas usuais não encorajam a preparação adequada de áreas de plantio para readquirir benefícios hidrológicos do solo natural. Como resultado, solos em áreas abertas podem gerar escoamento de forma similar a áreas impermeáveis.

Existem diversos sistemas de drenagem que auxiliam na execução das funções de manutenção da permeabilidade do solo, da infiltração das águas de chuva, do controle do escoamento e da utilização das águas pluviais que podem ser empregados na composição da paisagem urbana. Podem ser de infiltração, retenção ou detenção.

Os *sistemas de infiltração* capturam um volume de escoamento superficial e infiltram no solo. Tem como finalidade o controle da quantidade e da qualidade da água e a recarga dos aquíferos. Utilizam como meio de filtração material granular tais como areia, o solo, material orgânico, ou uma membrana para eliminar a poluição difusa transportada pelo escoamento. Fatores naturais, como porosidade do solo, geomorfologia, cobertura vegetal, e fatores antrópicos, como desmatamento e impermeabilização, são fatores determinantes na taxa de infiltração do solo (CAMAPUM, LELIS, 2010). Neste sistema temos: jardins de chuva, canteiros pluviais, biovaletas, bacias de infiltração, pavimento permeável, trincheiras de infiltração, poços de infiltração etc. (Figura 2).



Figura 2. Foto da esquerda mostra rua em forma de onda e sem meio fio que permitem a infiltração de parte do escoamento nas laterais com vegetação. Na foto da direita é apresentada uma área de infiltração num canteiro. Fonte: Weinstein, (2003), apud Tucci, (2005)

Os *sistemas de retenção* capturam um volume de escoamento e mantêm esse volume até que seja infiltrada em parte. Podem utilizar a vegetação para melhoria na qualidade e controle da quantidade de água. Também podem ser implementados a nível de lote. Os volumes retidos podem ser aproveitados para irrigação, lavagem de superfícies e outros usos. Incluem dispositivos como lagoas pluviais, coberturas verdes, poços e cisternas.

Os *sistemas de detenção* capturam um volume escoado e retêm temporariamente esse volume para posterior liberação gradual para o sistema de drenagem. São projetados para esvaziar completamente após as chuvas e, portanto, fornecer, principalmente, o controle da quantidade de água. Quando secas, podem ser integradas a outros usos como recreação e lazer. Podem ser abertas ou subterrâneas.

5. Manejo das águas pluviais em Brasília - modelo tradicional e suas consequências.

O Distrito Federal foi criado em 1957 com o objetivo de transferir a capital do país e de interiorizar seu desenvolvimento. O Plano Piloto de Brasília foi planejado e construído com outras regiões administrativas (cidades) que serviram inicialmente de apoio ao seu desenvolvimento. O planejamento da infraestrutura de saneamento do DF é posterior às ocupações iniciais do território. Foi realizado pelo Planidro – Plano Diretor de Água, Esgoto e Controle da Poluição (1970). Em 1975 foi estabelecido um zoneamento sanitário que possuía como foco a regulação da ocupação do Lago Paranoá onde está localizado o Plano Piloto (SO/DF, 2008). Coimbra (2016) esclarece que todo o Plano Piloto de Brasília

(área tombada do DF) é coberto com rede de drenagem e que o sistema implantado foi concebido com conceitos tradicionais, no entanto, devido a crescente impermeabilização do solo, o sistema inicialmente implantado tornou-se subdimensionado.

O destino final da maior parte do escoamento urbano de Brasília é o Lago Paranoá, [lago artificial](#) construído junto com a cidade com o objetivo de aumentar a umidade relativa do ar. Este corpo hídrico tem usos múltiplos (lazer, energia, drenagem, esgoto tratado) e está sendo preparado para servir de manancial para o abastecimento de Brasília e outras regiões administrativas (SO/DF, 2008). No entanto, o aumento da impermeabilização, o recebimento das cargas de poluição difusa transportadas pela drenagem urbana e a ocupação das margens do Lago estão provocando seu assoreamento e degradando a qualidade das suas águas.

Costa e Koide (2013) concluíram que as cargas de poluição difusa que chegam ao Lago Paranoá oriundas do sistema de drenagem da Asa Norte nos meses de novembro a janeiro podem ser mais significativas do que a cargas lançadas pelo efluente tratado da ETE que recebe o esgoto doméstico desta área. Menezes (2010) mostra que o assoreamento do Lago vem diminuindo sua área ao longo dos anos. (Figura 3).

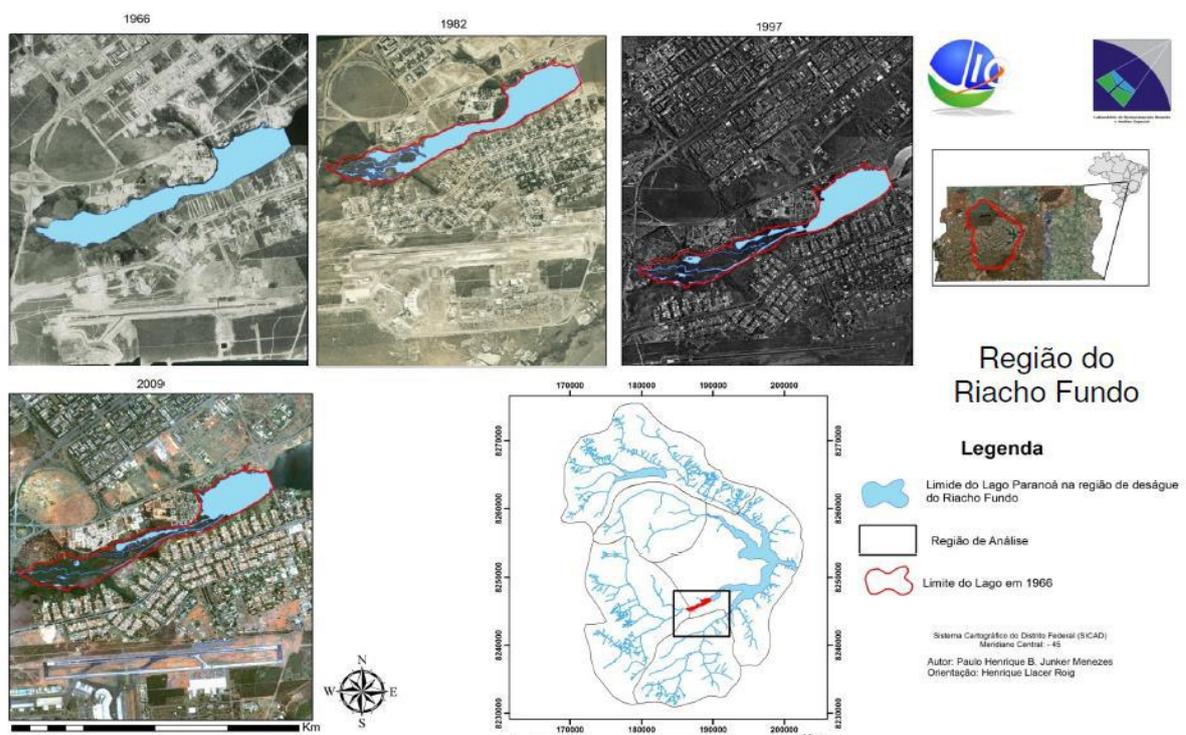


Figura 3 Variação da área do espelho d'água do lago Paranoá utilizando fotos aéreas ortorretificadas e imagens de satélite ortorretificadas. Fonte: MENEZES, (2010).

5.1. Novas intervenções previstas no PDTU-DF frente às novas concepções de drenagem e os problemas existentes no DF.

Desde os anos 90, A NOVACAP, empresa responsável pela execução e manutenção da infraestrutura de drenagem do DF, numa tentativa de rever e incorporar conceitos de sustentabilidade em relação às águas pluviais, está projetando e executando novos sistemas com a previsão de construção de bacias de retenção e detenção, com o objetivo de reduzir a

carga de poluentes e a vazão de pico das águas pluviais a serem lançadas nos corpos hídricos receptores. Atualmente estes projetos estão sendo executados a partir das diretrizes fornecidas pelo Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal - PDDU-DF e da Resolução nº 09/2011, da ADASA, que estabelece como vazão máxima de 24,4 l/s/ha para lançamento das águas da drenagem urbana em corpos hídricos. Existem cadastradas 51 bacias de retenção no DF distribuídas nas diversas Regiões Administrativas (COIMBRA, 2016).

O PDDU-DF foi elaborado em 2008 em cumprimento a lei de saneamento. Esse Plano definiu como objetivo atuar sobre os impactos existentes e a prevenção de impactos futuros. O Relatório 3 do PDDU-DF faz uma análise da articulação existente no DF entre planejamento urbano e o sistema de drenagem. No seu diagnóstico analisa as diretrizes estabelecidas pelo Plano de Ordenamento Territorial do DF - PDOT. O PDOT propôs maior adensamento das áreas já urbanizadas, otimizando a infraestrutura existente. O PDDU-DF considera este tipo de ação razoável desde que não envolva a perda de espaço verde e da infiltração existente, caso contrário a densificação poderá agravar a impermeabilização. Considera também que não é razoável a existência de lotes inferiores a 300m² pois tendem a total impermeabilização da área. Analisou que no PDOT não existem parâmetros de expansão que levem em conta os condicionantes de águas pluviais e considerou que o planejamento urbano deveria utilizar os indicadores das águas urbanas, disciplinando o espaço de acordo com os limitantes destes componentes da infraestrutura (SO/DF, 2008).

A NOVACAP, buscando compensar os efeitos da urbanização e eliminar locais de alagamento, está implementando o Programa Drenar-DF que tem o objetivo de melhorar os sistemas de drenagem urbana, solucionando os problemas recorrentes de inundações, proteção de nascentes e erosões. Neste programa são previstas bacias de retenção e de retenção a serem construídas em trechos da Asa Sul, Asa Norte e no Parque da Cidade (COIMBRA, 2016).

Maldi, Mendes e Koide (2015) realizaram uma análise da viabilidade das bacias propostas pelo PDDU-DF e uma simulação de alternativas de intervenções para manejo do escoamento superficial em uma das bacias de drenagem do Plano Piloto de Brasília responsável pela maior área drenada do DF. A Sub-Bacia do Centro Olímpico tem como cabeceira o Autódromo Nelson Piquet e como exutório o Centro Olímpico da Universidade de Brasília, abrangendo quadras comerciais, residenciais, o setor de oficinas, escolas e universidades. Foram estudadas as alternativas abaixo visualizadas na figuras 4.



Figura 4 – Na foto à esquerda temos a localização das bacias de retenção do estudo. Na foto à direita a localização das trincheiras de infiltração. Fonte: Maldy, Mendes e Koide (2015)

A tabela 1 aponta os resultados obtidos:

Situações analisadas	Tempo de retorno de 5 anos e duração de 30 min		Tempo de retorno de 15 anos e duração de 60 min	
	Vazão de pico (m ³ /s)	Percentual de abatimento	Vazão de pico (m ³ /s)	Percentual de abatimento
Atual	18,92		23,63	
Alternativa 1 - bacia de detenção na L4 Norte -Bacia 1	2,15	88,64%	2,85	87,94%
Alternativa 2 - bacia de detenção na L3 Norte - Bacia 2	6,03	68,13%	8,37	64,58%
Alternativa 3 - bacia de detenção no Eixão Norte - Bacia 3	14,29	24,47%	20,07	15,07%
Alternativa 4 - bacia de detenção próxima ao Autódromo - Bacia 4	17,27	8,72%	22,79	3,55%
Alternativa 5 - Opção do GDF - bacia 1 + bacia 2	4,06	78,54%	7,49	68,30%
Alternativa 6 - trincheiras de infiltração instaladas na área do autódromo, nas Superquadras (100, 200 e 400) Norte e nas áreas próximas ao exutório	13,70	27,59%	20,14	14,77%
Alternativa 7 - bacia 1 + trincheiras	1,98	89,53%	2,68	88,66%

Tabela 1- desempenho das alternativas. Fonte: adaptado de Maldi, Mendes e Koide (2015)

O referido estudo demonstra a importância da complementaridade entre técnicas tradicionais com soluções de drenagem sustentável apesar do estudo não ter explorado de modo abrangente os elementos de manejo sustentável das águas pluviais. Esta em elaboração um estudo para aplicar o que se denomina infraestrutura verde de modo a verificar como uma gama maior de intervenções na paisagem de Brasília pode aumentar a contribuição dessas soluções para a infiltração das águas decorrentes do escoamento superficial.

O Drenar-DF está fundamentado na adoção de soluções compensatórias de drenagem agindo em conjunto com as estruturas convencionais, ou seja, está implementando a *fase corretiva* no sistema de drenagem. Apesar de possibilitar a melhoria da qualidade e da quantidade do escoamento das águas de chuva, o programa não prevê o *controle do escoamento na fonte*, tampouco a recuperação da *infiltração* em toda área urbana, que são princípios da *fase sustentável*.

6. Considerações finais

Apesar de ter sido inaugurada em 1960 e de ter inicialmente oferta de grandes áreas verdes, Brasília e todo o DF apresentam hoje os impactos causados pelos problemas de planejamento urbano e drenagem como outras cidades brasileiras: enchentes, inundações, erosões, contaminação e assoreamento de corpos hídricos. O desenho urbano e as áreas verdes existentes não foram planejados para favorecer a infiltração do escoamento pluvial oriundo das vias e a urbanização acelerada formal e informal promoveu a perda de áreas verdes para outros usos com aumento da impermeabilização.

Nos últimos 30 anos, o elevado crescimento populacional no DF e a falta de planejamento e controle urbano, foram responsáveis pela ocupação desordenada e, muitas

vezes, irregular das principais áreas de infiltração da água pluvial. Sendo uma região de nascentes, o DF possui uma rede hídrica superficial formada predominantemente de pequenos córregos. A disponibilidade hídrica no DF está em torno de 1.338 m³/habitante/ano o que demonstra uma situação de estresse hídrico, segundo critérios desenvolvidos pela ONU (OLIVEIRA, 2010). Isto demonstra a necessidade do manejo sustentável das águas de chuva para recarga e proteção das águas subterrâneas do DF.

As áreas verdes e os espaços abertos ainda disponíveis dentro e fora das quadras, bem como as vias urbanas e suas áreas marginais (calçadas etc) podem cumprir funções infraestruturais de manejo sustentável das águas pluviais por meio de projetos de readaptações e requalificações, a partir de estudos das características hidrológicas, geomorfológicas, dentre outros, em cada local de intervenção.

Essas áreas de Brasília podem ser transformadas a favor da sustentabilidade ambiental da paisagem da cidade por meio de elementos de infiltração e retenção das águas de chuva promovendo o *controle do escoamento na fonte* e a recuperação da *infiltração* em toda área urbana. Desta forma podem contribuir para a recuperação dos aquíferos, promover maior disponibilidade hídrica e melhoria da qualidade ambiental sem impactar os corpos hídricos e sem perder suas características de melhoria da paisagem urbana.

Em paralelo a essas mudanças na visão da drenagem no DF esta em curso a elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico e a revisão da Lei de Uso e Ocupação do Solo, do Plano Diretor de Ordenamento Territorial e do Código de Obras. Também está sendo elaborado o Plano de Saneamento Básico. Legislações e planos essenciais para articulação entre o planejamento urbano e a drenagem.

São oportunidades de ações estruturais e não-estruturais fundamentais para que técnicos e a comunidade em geral possam incorporar na legislação e na prática dos projetos e das obras os princípios de planejamento urbano sustentável e de manejo sustentável das águas de chuva já consolidados em pesquisas e usos no Brasil e no exterior.

Referências

CAMAPUM, J. C.; LELIS, A. C. **Cartilha infiltração**. - Brasília, 2010. 36 p. Série Geotecnia UnB; v. 2.

COIMBRA, A. R. S. R. O Projeto Drenar DF. In: [Simpósio: Olhares sobre o Manejo de Águas Pluviais no DF: desafios e oportunidades](#). ABES, 2016. Disponível em http://www.abes-df.org.br/upload/documentos/2016_03_31/apresentacao-abes-ucb-drenar-df.pdf. Acesso em: 16 jan. 2017.

COSTA, M. E. L.; KOIDE, S. O Impacto da Poluição Difusa Oriunda do Sistema de Drenagem Urbana no Lago Paranoá. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves. **Anais**. Porto Alegre: ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013. v. 1. p. 1-8.

FISCRWG - FEDERAL INTERAGENCY STREAM CORRIDOR RESTORATION WORKING GROUP. **Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices**. Federal Interagency Stream Corridor Restoration Working Group, 2001, 637 p.

OLIVEIRA, T. C. E. (Org.). **Uso Sustentável da Água - Utilizar Sabedoria na Interação com a Água**. Brasília. Instituto Brasília Ambiental - IBRAM, 2008. 24 p.

- Disponível em:
<http://www.ibram.df.gov.br/images/Cartilha%20Uso%20sustentavel%20da%20agua%20reduzida.pdf>. Acesso em: 2016.
- KOIDE, S. Medidas de Controle do Impacto a Montante. In: [Simpósio: Olhares sobre o Manejo de Águas Pluviais no DF: desafios e oportunidades](#) - ABES, 2016. Disponível em: http://www.abes-df.org.br/upload/documentos/2016_03_31/controle-cheias-sergio-koide.pdf. Acesso em: 16 jan. 2017.
- MALDI, L. R.; MENDES, L.; KOIDE, S. Manejo de Águas Pluviais no Plano Piloto. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2015, Brasília. **Anais**. Disponível em: http://www.evolvedoc.com.br/sbrh/detalhes-593_manejo-de-aguas-pluviais-no-plano-piloto. Acesso em: 16 jan. 2017.
- LABOISSIÈRE, M. Crescimento urbano seria uma das causas das inundações em Brasília. **Correio Brasiliense**. Disponível em: http://www.correiobrasiliense.com.br/app/noticia/cidades/2014/12/19/interna_cidadesdf_462755/crescimento-urbano-seria-uma-das-causas-das-inundacoes-em-brasilia.shtml. Acesso em: 11 jan. 2017.
- MENEZES, P.H.B.J. **Avaliação do efeito das ações antrópicas no processo de escoamento superficial e assoreamento na bacia do Lago Paranoá**. 123 f., il. Dissertação de Mestrado em Geociências Aplicadas - Universidade de Brasília, 2010.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Manual para Apresentação de Propostas para Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável e de Manejo de Águas Pluviais**, Ministério das Cidades, Brasília, 2012.
- SECRETARIA DE OBRAS DO DISTRITO FEDERAL (SO/DF). Vol. 6. Relatório de Produto 3 in: **Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal**. Brasília, CONCREMAT Engenharia, 2008.
- SOUZA, C. F.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M. Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas. RBBH - **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 17 n. 2 - Abr/Jun 2012, p. 9 -18.
- SOUZA, F. P. **Monitoramento e Modelagem Hidrológica de Sub-Bacia do Lago Paranoá - Brasília/DF - e Avaliação de Bacias de Detenção**. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. FT. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2014.
- TUCCI, C. E. M. **Água no Meio Urbano**. UFRGS, Brasil, 1997. Disponível em : http://www.pec.poli.br/sistema/material_disciplina/fotos/%C3%A1guanomeio%20urbano.pdf. Acesso em: 12 dez. 2016.
- TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas** – Ministério das Cidades – Global Water Partnership - Wolrd Bank – Unesco, 2005. 192p.
- USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Preliminary Data Summary of Urban Storm Water Best Management Practices**. Office of Water (4303) EPA-821-R-99-012. Washington, DC. 1999. 214p.