

ÁGUAS PLUVIAIS E RESILIÊNCIA URBANA OU OS IMPACTOS DA VULNERABILIDADE HÍDRICA EM ÁREAS RURAIS E URBANAS NO BRASIL.

1º AUTOR

ROLA, Sylvia Meimaridou; D.Sc; Doutorado em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro; Docente da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro; Rio de Janeiro; Brasil; sylviarola@fau.ufrj.br

2º AUTOR

SILVA, Neilton Fidelis; D.Sc; Doutorado em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro; Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte e pesquisador do Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais - COPPE/UFRJ; neilton@ivig.coppe.ufrj.br

3º AUTOR

VAZQUEZ, Elaine Garrido; D.Sc.; Doutora pela da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro; Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana - UFRJ; Rio de Janeiro; Brasil; elainevazquez@poli.br

RESUMO

As Mudanças Climáticas Globais têm provocado nos recursos hídricos a intensificação de ocorrência de eventos extremos. Cenários para 2050 apresentados no 5º. Relatório do IPCC (REVI et al, 2014) destacam para o risco de agravamento da falta da água em regiões que hoje já apresentam sensibilidade à seca e ao excesso destas nas áreas de cheias. O uso direto de águas pluviais pode mitigar os impactos de eventos extremos de seca e enchente. A análise comparativa das técnicas de aproveitamento de águas pluviais em áreas rurais e urbanas permite diagnosticar tanto potencialidades de convivência com o semiárido, quanto alternativas para grandes centros urbanos mais resilientes. Aprofunda-se a questão em 2 estudos de caso. O primeiro se dá na região do Semiárido Brasileiro, cuja convivência recorrente com problemas de stress hídrico, possibilitou a implementação do Programa Governamental P1MC - Programa de 1 Milhão de Cisternas, que já conta com mais de 500 mil cisternas construídas (ASA, 2014), resultando na alteração da oferta de água às famílias da zona rural nordestina. O segundo ocorre em área urbana e discute o potencial para o desenvolvimento de técnicas de naturalização de superfícies construídas (superfícies vegetadas) captando águas pluviais e superficiais estimulando tanto o aproveitamento em usos não-nobres, quanto o uso estratégico, pela sua retenção em reservatórios de retardo, mitigando a sobrecarga no sistema de drenagem urbana e colaborando com a redução de enchentes. Neste contexto, seja em meio urbano ou rural, a captação de águas pluviais se mostra como uma alternativa indutora de ambientes mais resilientes.

Palavras-chave: Águas Pluviais; Captação de águas pluviais; Aproveitamento de águas pluviais.

ABSTRACT

The Global Climate Change on water resources has led to intensification of extreme events. Scenarios for 2050 presented on the 5th IPCC report (REVI et al, 2014) to highlight the risk of worsening water shortage in regions, which currently have sensitivity to drought and excess of these areas of flooding. The direct use of rainwater can mitigate the impacts of extreme events of drought and flood. The comparative analysis of rainwater harvesting techniques in rural and urban areas allows both diagnose potential coexistence with the semiarid region, as alternatives to large more resilient cities. Deepens the issue in two case studies. The first takes place in the Brazilian semiarid region, whose recurring living with water stress problems, enabled the implementation of the Government Program P1MC - Program 1 Million Cisterns, which already has more than 500,000 built cisterns (ASA, 2014), resulting in the change of water supply to the families of the northeastern countryside. The second occurs in urban areas and discusses the potential for development of greening techniques in constructed surfaces (vegetated surfaces) capturing rain and surface waters stimulating both the use of non-noble uses, as the strategic use, the retention of a reservoir retardation, mitigating the burden on urban drainage system and collaborating with the reduction of flooding. In this context, whether in urban or rural areas, rainwater harvesting shown as an alternative inducing more resilient environments.

Key-words: Rainwater; Rainwater harvesting; use of Rainwater.

RESUMEN

El Cambio Climático Global en los recursos hídricos ha llevado a la intensificación de los fenómenos extremos. Escenarios para 2050 presentados en la quinta. Informe del IPCC (REVI et al, 2014) para resaltar el riesgo de empeoramiento de la escasez de agua en las regiones que actualmente tienen la sensibilidad a la sequía y el exceso de estas áreas de inundación. El uso directo de agua de lluvia puede mitigar los impactos de eventos extremos de sequía e inundación. El análisis comparativo de las técnicas de recolección de agua de lluvia en las zonas rurales y urbanas permite tanto diagnosticar convivencia potencial con la región semiárida, como alternativas a las grandes ciudades más resilientes. Profundiza el tema en dos estudios de caso. La primera tiene lugar en la región semiárida de Brasil, cuya recurrentes que viven con problemas de estrés hídrico, permitió a la ejecución del Programa de Gobierno P1MC - Programa 1 Millón de Cisternas, que ya cuenta con más de 500.000 cisternas construidas (ASA, 2014), dando como resultado el cambio de suministro de agua a las familias de las zonas rurales del noreste. El segundo se produce en las zonas urbanas y se analiza el potencial de las técnicas de naturalización de desarrollo superficies construidas (superficies con vegetación) la captura de aguas pluviales y superficiales estimular tanto el uso de usos no nobles, como el uso estratégico, la retención de un depósito retraso, mitigar la carga en el sistema de drenaje urbano y colaborar con la reducción de las inundaciones. En este contexto, ya sea en áreas urbanas o rurales, la recogida de aguas pluviales se muestra como una alternativa inducir ambientes más resistentes.

Palabras clave: Aguas pluviales; Recogida de aguas pluviales; uso de agua de lluvia.

ÁGUAS PLUVIAIS E RESILIÊNCIA URBANA: OS IMPACTOS DA VULNERABILIDADE HÍDRICA EM ÁREAS RURAIS E URBANAS NO BRASIL

INTRODUÇÃO

Como essência ao desenvolvimento e manutenção da vida da biosfera, a água tem sido foco de atenção crescente, por se tratar de um recurso estratégico e um bem comum a ser compartilhado por toda a humanidade. No entanto, deriva desta mesma humanidade, através da complexidade de seus usos múltiplos, a crescente degradação deste recurso, bem como a diminuição de sua disponibilidade em qualidade adequada para o seu consumo pelos mais diversos ecossistemas.

O efeito paradoxal das ações humanas tem resultado na sistemática deterioração dos recursos hídricos, pois, de um lado, se utilizam deste recurso para a sua sobrevivência e desenvolvimento econômico e, de outro, poluem suas fontes e comprometem o seu ciclo hidrológico através do despejo de resíduos líquidos e sólidos nos rios, lagos e represas, alterando o uso do solo em áreas alagadas e destruindo florestas e matas ciliares.

Com o aumento progressivo da população humana no planeta, cada vez maior tem sido a demanda por água de qualidade e em quantidade para atender esse crescente contingente. E mais crescente ainda tem sido os níveis de tensão oriundos dos usos diversos, os quais são conflitantes, uma vez que têm demandado água para o abastecimento público, a geração de energia elétrica, a agricultura, o transporte, a recreação e o turismo, a indústria e, não menos importante, para a disposição de resíduos. Ademais, com a degradação dos mananciais de água, proliferam os casos de problemas de saúde por doenças de veiculação hídrica, que quando epidêmica afeta todo o desenvolvimento socioeconômico de uma população. Este quadro se agrava quando se tratam de países em desenvolvimento, onde o

alto índice de pobreza é uma realidade, a qual está diretamente relacionada com a proliferação de epidemias (BLOOM & CANNING, 2006).

Se a água em qualidade e quantidade é fundamental para a vida humana e para a manutenção de suas atividades, tanto no meio rural, quanto no meio urbano, o aumento populacional e o êxodo rural que provocam o adensamento das cidades, geram uma série de problemas relacionados diretamente a este recurso. O aumento da demanda por água sobrecarrega os mananciais, cujos níveis de poluição e escassez comprometem a capacidade de atendimento por parte do sistema de abastecimento público. Somado a isso, o aumento da impermeabilização do solo urbano diminui consideravelmente as áreas de percolação de águas pluviais e o sistema urbano de drenagem obsoleto e deficitário, o qual já não atende à demanda de escoamento das águas pluviais cada vez mais intensos, são situações que potencializam as inundações.

A alternativa seria a adaptação da prática da coleta da água de chuva em meio rural para o meio urbano. No meio rural, principalmente em regiões que sofrem com déficit hídrico, a proliferação em larga escala desta antiga prática incrementa a fixação do homem no campo e o desenvolvimento da economia agropecuária familiar em regiões semiáridas. No meio urbano, tal prática pode contribuir para solucionar tanto a falta de água sentida nos grandes centros urbanos, quanto de minorar os eventos de enchentes e seus efeitos nocivos.

No entanto, é nos grandes centros urbanos que o ar atmosférico encontra-se mais poluído, devido, às atividades antropogênicas. Dependendo dos fluxos das massas de ar, esta poluição pode afetar a qualidade de vida da população e em eventos de precipitação, esta poluição interfere na qualidade da água de chuva que incide em áreas urbanas, periurbanas e até rurais, a qual provoca danos em construções e monumentos, na vegetação, degradando parques e colheitas, podendo vir a comprometer os aspectos socioculturais e econômicos da região.

Destarte, este artigo pretende abordar os aspectos do ciclo hidrológico na formação da chuva, dando mais ênfase em precipitações continentais. Ademais, serão abordados os aspectos históricos de captação de água de chuva e das técnicas de seu armazenamento em cisternas, para depois apresentar dados de consumo e qualidade. Por fim, serão

apresentados 4 estudos de caso de captação de água de chuva: dois exemplos brasileiros em meio rural e dois em meio urbano, sendo um brasileiro e um alemão.

1. ÁGUA DE CHUVA: ANTECEDENTES

1.1. O CICLO HIDROLÓGICO

O processo de circulação da água pelos sistemas da Terra, chamado de ciclo hidrológico, é um modelo físico quase estável e auto-regulável, configurando a relação interdependente do movimento contínuo de toda a água existente na Terra nas suas três fases: sólida, líquida e gasosa, a qual perpassa de um reservatório a outro, em ciclos complexos. Tais receptáculos são: a umidade atmosférica, os rios, os lagos, os solos saturados, os lençóis freáticos, os aquíferos subterrâneos, as calotas polares e os oceanos. Para TUNDISI (2003), o ciclo hidrológico é o princípio unificador fundamental de tudo o que se refere à água no planeta e compõe-se de:

1. Precipitação: originada da condensação do vapor d'água, podendo ser líquida (chuva) ou sólida (neve ou gelo) é a água que se soma à superfície da terra, desde a atmosfera.
2. Evaporação: advinda principalmente dos oceanos e também dos rios, lagos e represas é o processo de transformação da água na sua fase líquida em vapor d'água.
3. Transpiração: oriunda da vegetação é o processo de perda de vapor d'água, o qual se soma à atmosfera.
4. Infiltração: é o processo no qual a água é absorvida pelo solo.
5. Percolação: advinda da infiltração no solo, é o processo pelo qual a água se insere nas formações rochosas até o lençol freático.
6. Drenagem: entretanto que a chuva precipita, é toda a movimentação de deslocamento da água pela superfície da terra.

A formação das nuvens tem sua origem na condensação do vapor d'água presente na atmosfera, vapor este que por sua vez advém do processo de evaporação de diversas fontes tais como: oceanos, solos, córregos, vegetação e transpiração. Do volume condensado, uma parte é precipitada nos continentes e a outra parte é precipitada nos oceanos.

Os fluxos de evaporação, precipitação e drenagem para os oceanos, expressos em volume (km³) permitem o entendimento dos quantitativos da água existente no planeta. O volume anual de água evaporada dos oceanos é da ordem de 505.000 km³, no entanto apenas 458.000 km³ de água são precipitados de volta aos oceanos. Os demais 47.000 km³ de água evaporada dos oceanos são transferidos aos continentes, onde se somam aos 72.000 km³ de vapor de água advindos da transpiração e evaporação nos continentes, resultando no quantitativo de precipitação de 119.000 km³ (TUNDISI, 2003 e SETTI et alli, 2001) (figura 1).

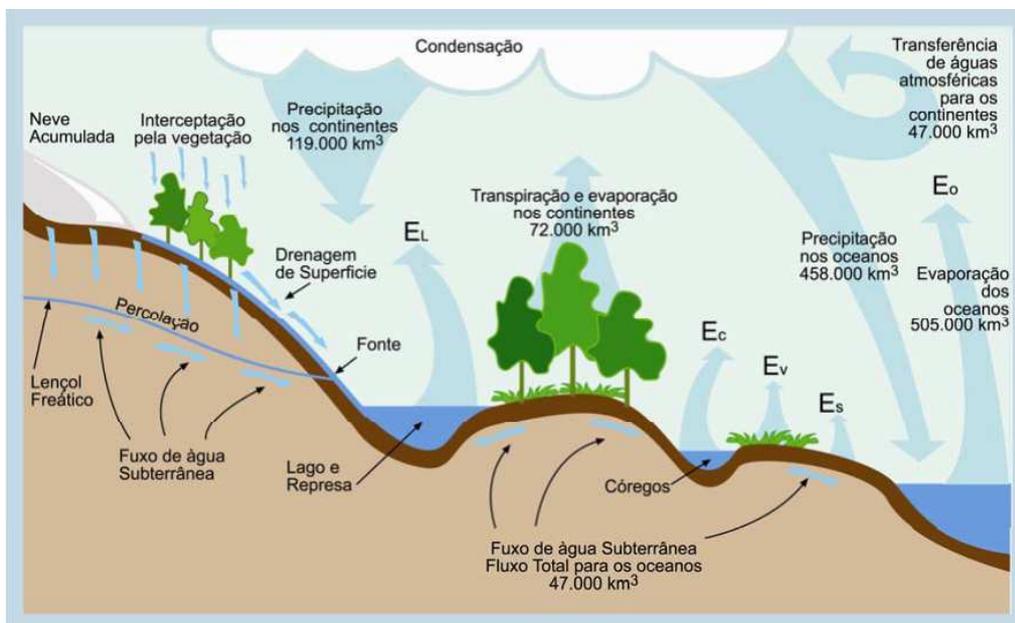


Figura 1: Fluxos anuais do Ciclo Hidrológico (volume/ano). Fonte: Ilustração elaborada por Sylvia Rola, a partir de dados de TUNDISI, 2003 e SETTI et alli, 2001.

O volume de água advindo da precipitação é considerável quando se trata de seu aproveitamento frente à escassez e o seu controle frente às enchentes urbanas. Para o caso do Brasil, devida à sua vasta extensão territorial e à complexidade de sua topografia,

este apresenta diferentes regimes de precipitação, abrangendo desde a região equatorial até latitudes subtropicais e uma grande variedade de climas com características regionais díspares. A região nordeste concentra o menor índice pluviométrico, cujas médias pluviométricas variam entre 600 e 900 milímetros por ano. No entanto, segundo dados do Ministério da Integração Nacional (MINISTÉRIO, 2005), os eventos de chuva oscilam entre 300 e 700 milímetros de precipitação ao ano. Já, segundo Merlino (2007), a cidade de Cabaceiras, no centro do Cariri Paraibano, apresenta o menor índice pluviométrico do País, com 278 milímetros ao ano, onde o período chuvoso se concentra em apenas dois meses. Em contrapartida, as maiores pluviometrias estão no litoral do Amapá, na foz do rio Amazonas e no setor ocidental da região norte e chegam a 5.000 milímetros ao ano (SILVA DIAS & MARENGO, 1999).

1.2. ASPECTOS HISTÓRICOS DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

A água de chuva armazenada em grandes folhas da vegetação circundante parece ter sido a primeira forma de armazenamento de água de chuva, servindo de fonte de água potável para o homem primitivo, quando longe de receptáculos maiores como lagos e rios.

Com a passagem do nomadismo ao sedentarismo, através do domínio das técnicas de agricultura e de criação de animais, os povos foram se organizando e se estabelecendo em áreas férteis e próximas aos mananciais de água. Com a proliferação desses núcleos populacionais, outras áreas começaram a ser ocupadas, já não tão próximas destes mananciais, e o abastecimento de água para consumo humano tornou-se uma atividade cada vez mais pesada, por se dar em trajetos cada vez mais distantes. Este quadro agravou-se quando estas áreas foram atingidas por períodos de estiagem fazendo com que estes mananciais diminuíssem as suas vazões. Como alternativa à falta de água, surgiu a prática da coleta de água de chuva e seu armazenamento, em pequenos vasilhames de cerâmica, para a sobrevivência de núcleos familiares.

Com a organização das sociedades e para enfrentar os longos períodos de estiagem, os pequenos vasilhames de armazenamento de água foram dando lugar a receptáculos maiores como barragens, que por sua vez, para enfrentar os altos índices de evaporação ou contaminação por animais de criação, deram lugar às cisternas cobertas e semienterradas

Inventada independentemente em muitas partes do mundo, o aproveitamento da água de chuva é uma prática em uso já há milhares de anos (GNADLINGER, 2000) e o primeiro registro escrito na história da humanidade, da prática da captação da água de chuva e armazenamento em cisternas, data de 850 a.C., registro este, feito em uma pedra de basalto negro, mais conhecida como a Pedra Moabita, onde, segundo Wahlin (1995) e Tomaz (2003), estava inscrita, além das bravuras de guerras vencidas, a recomendação do Rei Mesha de Moabe, na Jordânia, para a construção de cisternas de armazenamento de água de chuva.

De acordo com Wahlin (1995), esta talvez tenha sido a primeira vez em que as cisternas tenham sido mencionadas, no entanto, o dispositivo em si foi inventado muito antes e, de fato, de acordo com Negev e Gibson (2001), as primeiras cisternas foram cavadas na metade para o final da Idade do Bronze (2200-1200 a.C.). A água da chuva coletada e armazenada nelas durante uma curta estação chuvosa era suficiente para, pelo menos, uma estação seca. Em alguns lugares da Palestina a cisterna era a principal, quando não era a única, fonte água para consumo humano, tanto em tempos de paz, como também em tempos de guerra. Logo no início da Idade do Ferro (1200-1000 a.C.) as paredes das cisternas começaram a ser cobertas com gesso, o que prolongava consideravelmente o tempo de armazenamento da água. Tal técnica tornou-se uma importante inovação, pois possibilitou estender as áreas de ocupação nas regiões montanhosas.

Segundo Wahlin (1995), datar as primeiras cisternas na metade da era do bronze pode ser muito recente, pois na cidade de Jawa, no deserto de lava preta no nordeste da Jordânia, existe um sofisticado sistema de coleta de água que foi planejado e construído antes de 3000 a.C. Helms (1981), comenta que enquanto as cisternas artesanais não fizeram aparentemente parte disto, uma caverna natural foi utilizada como um recente antepassado das estruturas posteriores, as cisternas construídas ou artificiais.

Ainda de acordo com Wahlin (1995) as cisternas domésticas mais antigas também encontradas na Palestina pertencem ao período calcolítico⁸, antes do ano 3000 a.C. Porém, as cisternas não seriam construídas em grande quantidade antes da Idade do Ferro.

Segundo Evenari et al. (1971) as cisternas de Negev, no deserto de Israel, datadas do segundo período da idade do Ferro foram cavadas em solo argiloso e forradas com uma

camada de pedras grandes para assegurar a estabilidade das paredes. Além destas, cisternas esculpidas em rochas começam a aparecer na era nabateana, nos últimos dois séculos antes de nossa era (200 a.C.).

A construção das cisternas variou no tempo e no espaço e nas civilizações seguintes como a grega e a romana, a captação de água de chuva fazia parte da estrutura do telhado da casa. No caso da *domus* romana, na parte central havia um átrio com uma abertura no telhado, chamado de *compluvium*, cuja água da chuva que por ali entrava era armazenada em uma cisterna aberta, quase uma piscina, chamada de *impluvium* (MALISSARD, 1996).

Com o domínio do processo construtivo do concreto hidráulico, com pozolana e cal, grandes cisternas foram construídas para abastecerem as vizinhanças, como a comunal cisterna de Cosa, colônia republicana ao norte da Itália (BROWN, 1980).

Segundo Gnadlinger (2000), na Província de Ganzu, na China, poços de armazenamento de água de chuva já existiam, no Planalto de Loess, há 2000 anos. Tal situação resolveu o problema de falta de água no local e resultou no desenvolvimento econômico e social da região.

Na Índia, um projeto de pesquisa, desenvolvido pelo Centro de Ciência e Meio Ambiente, intitulado Dying Wisdom listou diversas experiências tradicionais de aproveitamento de água de chuva e armazenamento em *kunds* (cisternas) em 15 zonas ambientais deste país (AGARAWAL & NARAIN, 1997).

No Irã, ainda é possível encontrar os *abambars*, que são os sistemas tradicionais de coleta e armazenamento de água de chuva para as comunidades (GNADLINGER, 2000). A sua cobertura oval permite que a água evaporada se condense na superfície interna e escorra pelas paredes de volta ao montante armazenando em estado líquido.

No México, esta prática também foi muito usada e ainda hoje existem vestígios da época dos Maias e dos Astecas, onde os Chultuns ou Cenotes garantiam o abastecimento de água para a irrigação e de beber à população da cidade de Oxkutzcab, localizada no pé da montanha Puuc, na península do Yucatán.

Segundo Wahlin (1995), as cisternas antigas foram vistas como notáveis e pitorescas, mas raramente como eficientes e pertinentes em um contexto moderno. Com o aumento da

demanda por água surge o aqueduto como alternativa de traslado, por gravidade, de grandes volumes de água de mananciais longínquos para o abastecimento de núcleos populacionais, onde as cisternas passam a ser apenas áreas de armazenamento de uma água já não mais da chuva.

Gnadlinger (2000), comenta o processo de invasão e colonização destas civilizações antigas que introduziu novos sistemas de agricultura, várias espécies novas de animais domésticos, espécies vegetais exóticas e métodos construtivos importados, não eram adaptados à realidade ambiental e cultural do Yukatan. Ademais, o processo colonizador Britânico na Índia foi mais além com a criação de impostos no uso da água, além de forçar a população a abandonar os vilarejos baseados na prática da coleta da água de chuva, causando o colapso de um sistema milenar.

Estima-se que esteja aí o marco zero do longo processo de obsolescência das cisternas em aglomerações urbanas. Ademais, pode-se considerar que o advento da Revolução Industrial, no final do século XVIII e o progresso técnico nos séculos XIX e XX, foram determinantes neste processo, pois tanto viabilizaram o desenvolvimento de práticas modernas de irrigação adequadas a zonas temperadas as quais, através das práticas de colonização agrícola, foram impostas em áreas de clima árido; quanto o desenvolvimento técnico de bombas elétricas de bombeamento de poços de água, passando pela construção de grandes reservatórios, e a produção em larga escala de tubos e conexões, possibilitando a consolidação do sistema público de abastecimento de água nas aglomerações humanas, sistema este que se tornou norma a ser obedecida em áreas urbanas.

1.3. ÁGUA DE CHUVA PARA CONSUMO HUMANO

A qualidade da água depende do ambiente natural ou antrópico onde ela se encontra e é através da composição da água que se avalia a sua qualidade e dependendo do uso dado, a qualidade pode atingir elevados graus de complexidade. A qualidade da água da chuva dependerá da característica da atmosfera, a qual ela atravessa, antes de cair na Terra. A massa de ar presente na atmosfera é composta por partículas sólidas e gases, de variadas origens, os quais são dissolvidos e lixiviados na chuva que cai na terra. A captação desta água atmosférica, principalmente em áreas densamente urbanizadas, resulta em uma água

poluída e ácida e, portanto, imprópria para o consumo humano. Para torná-la própria para o consumo humano, sua qualidade deve ser analisada e deve atender aos parâmetros de potabilidade de cada país (REBOUÇAS et al., 1999).

No ambiente doméstico, as necessidades humanas primordiais em relação à água são para beber e cozinhar. Sequencialmente, têm-se os usos tais como: descarga em bacias sanitárias, banho e uso pessoal, lavanderia e lavagem na cozinha. E finalmente, os demais usos, e também relacionados ao consumo per capita, são: rega de jardim, piscina, lavagem de carro e da casa. Segundo a norma ABNT NBR 5626/82, a qual apresenta uma lista com o consumo predial diário de água para diversos tipos de edificações, determina que uma unidade familiar de padrão baixo, médio e alto devem ter uma capacidade de abastecimento em água diário e per capita de 150, 250 e 300 litros, respectivamente. Segundo Tundizi (2003), a utilização da água por um núcleo familiar se dá com 560 litros diários e per capita.

No entanto, alguns destes usos exigem níveis de potabilidade, enquanto que outros não, sendo assim chamados de usos “não nobres”, para os quais se poderia muito bem usar a água de chuva. Para Tomaz (2003) os possíveis usos para a água de chuva são: descarga em bacias sanitárias, irrigação de gramados, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios e espelhos d’água.

1.3.1. APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO MEIO RURAL

Ainda hoje a prática da captação de água de chuva e o seu armazenamento em cisternas são muito populares e têm sido muito usados, principalmente, em áreas onde o sistema público de abastecimento de água é precário ou inexistente. A localização tem se dado especialmente, em regiões áridas e semiáridas do planeta, que segundo GNADLINGER (2000), chega a quase 30% da superfície da Terra.

O Brasil possui uma extensa área geográfica semiárida que cobre quase toda a região nordeste, abrangendo uma área de 969.589,4 km², com 1.131 municípios nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2005).

Nessa região o volume de água precipitado é em grande parte consumida pela evapotranspiração e a fração restante é relativamente pequena para compor o escoamento superficial direto, a infiltração e, posteriormente, o escoamento subterrâneo (VIEIRA, 1999).

Desta maneira, no semiárido brasileiro a prática da captação da água de chuva para o abastecimento humano mostra-se, ainda na atualidade, como uma alternativa de convivência do trabalhador e da trabalhadora rural com a seca.

1.3.1.1. O CASO DAS CISTERNAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.

A rotina de uma família de trabalhadores rurais, típica do nordeste semiárido brasileiro, começa com o despertar matutino da mulher e das crianças que saem de casa em busca de água para fazer o café para que o marido se alimente e saia para trabalhar no roçado. Com a ampliação dos períodos de estiagem, mais longos são estes percursos e a tarefa de carregar vasilhames de água na cabeça se torna mais árdua, cansando as mulheres e extenuando as crianças, as quais não conseguem dar continuidade às atividades escolares. A sobrecarga prolongada do peso desta tarefa também compromete a saúde física e nas crianças isso é mais grave, pois comprometem o crescimento uma vez que estas adquirem problemas de coluna. Ademais, outros problemas de saúde são muito frequentes no semiárido tais como a hipertensão provocada pela ingestão de água salobra e com a alimentação precária, a qual é suplantada pelo excesso de açúcar na nutrição diária, tem gerado número crescente de indivíduos com problemas de diabetes.

Para reverter tal quadro, surge durante a 3ª Conferência das Partes da Convenção de Combate à Desertificação e à Seca - COP3, realizada em Recife, em julho de 1999, a ASA (Articulação do Semiárido) (ASA, 2007) que hoje atua como um fórum de organizações da sociedade civil e que trabalha em prol do desenvolvimento social, econômico, político e cultural do Semiárido, contando com a participação de mais de 700 organizações de diversos segmentos tais como igrejas católicas e evangélicas, organizações não governamentais de desenvolvimento e ambientalistas, associações de trabalhadores rurais e urbanos, associações comunitárias, sindicatos e federações de trabalhadores rurais. Como instância máxima da articulação está a coordenação executiva da ASA, a qual é

composta por dois membros de cada estado do Semiárido (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) e cujas instâncias subsequentes são os Fóruns ou ASAs Estaduais e os grupos de trabalho (ASA, 2007).

Como atuação, dois projetos estão em desenvolvimento pela ASA, com o apoio do Governo Federal, para sanar a problemática da falta de água para consumo humano no Semiárido Brasileiro: Cisternas para beber e cozinhar (P1MC) e plantar (P1+2).

1.3.1.2. PROGRAMA P1MC

Com o objetivo de beneficiar quase a totalidade de 5 milhões de pessoas em toda região semiárida brasileira, com água potável para beber e cozinhar, a ASA criou, em 2003, o Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC). Desde então a ASA vem desenvolvendo todo um trabalho de articulação e de convivência com o ecossistema semiárido, o qual se dá por meio do fortalecimento da sociedade civil, da mobilização desta, do envolvimento e capacitação das famílias, com uma proposta de educação processual. Os componentes das ações integradas do P1MC são: Mobilização, Capacitação, Construção de cisternas, Controle Social, Fortalecimento Institucional e Comunicação. Ademais, a ASA vem contando com o apoio da FEBRABAN, ANA, MMA e MDS, Diaconia e UNICEF.

A construção no semiárido das cisternas cilíndricas feitas com placas pré-moldadas, com dimensões de 2,40m de altura e 1,5m de raio permite o armazenamento de 17 m³ de água, que pode ser captada das chuvas, por meio da instalação de calhas no beiral dos telhados das casas já existentes. Segundo Silva (1988), este volume equivale à manutenção de uma família de 5 pessoas ao longo de 8 meses de estiagem com 14 litros de água/pessoa/dia. O Programa P1MC tenciona garantir a independência e autonomia em água de cada família beneficiada. Tal fato se mostra importante, pois liberta o trabalhador rural dos compromissos de uma política assistencialista para que ele venha a escolher por si próprio os seus gestores públicos. Ademais, tal situação permite, a este mesmo trabalhador, buscar e aprender novas técnicas de convivência com o semiárido, sempre com mais saúde e mais tempo para o desenvolvimento de outras atividades, tais como o cuidado com as

crianças, os estudos e outras ações de integração e de desenvolvimento socioeconômicos da região.

O Programa P1MC forma e capacita tanto os pedreiros da própria localidade em que as cisternas serão instaladas, quanto os familiares beneficiados. O processo se dá inicialmente através do apoio das entidades de base que gerenciam o financiamento do material empregado na fabricação das placas, montagem das cisternas e das calhas de captação de água de chuva. Por sua vez as cisternas são construídas pelos pedreiros, os quais são remunerados, mas sempre em parceria com a família beneficiada a qual, atuando como contrapartida no processo, é responsável pelos serviços gerais de escavação do buraco onde será instalada a cisterna, além do fornecimento de areia, água e alimentação dos pedreiros durante os três dias de fabricação das placas e montagem das cisternas. O cadastramento da cisterna se dá com o CPF do chefe de família, muitas vezes, o arrendatário das terras. Por sua vez, a cisterna valoriza a terra arrendada, resultando no encarecimento e expulsão desta família para outras terras e posteriores candidaturas à novas cisternas, resultando na duplicação do CPF, problema, este, identificado pela ASA.

Para sanar tais problemas a ASA, em articulação com o Ministério do Desenvolvimento Social passa a adotar medidas de visita e monitoramento aos empreendimentos com mais de um ano de concluídos, para o aprofundamento nas questões sociais e técnicas de qualidade da estrutura das cisternas e qualidade da água nelas armazenada. Além disso, no que tange os aspectos fundiários do semiárido, a ASA passa a desenvolver o programa P1+2, como forma de transformar esta prática “feudal” em uma realidade mais justa e emancipatória.

1.3.1.3. PROGRAMA P1+2

O Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido: Uma Terra e Duas Águas (P1+2) tem como objetivo:

...ir além da captação da água da chuva para consumo humano, avançando para a utilização sustentável da terra e o manejo adequado dos recursos hídricos para produção de alimentos (animal e vegetal), promovendo a segurança alimentar e a geração de renda. (ASA, 2007).

O número “1” da sigla (P1+2) representa a quantidade de terra suficiente para a que uma família possa desenvolver os processos produtivos, os quais visem a sua segurança alimentar e nutricional. O número “2”, por sua vez, está diretamente relacionado às duas maneiras de uso da água: água potável para o consumo humano e água para a produção agropecuária. A integração destes fatores, “uma terra e duas águas”, tenciona promover a qualidade de vida, digna e saudável para as famílias de agricultores e o contingente por ela influenciado.

Baseado em programa similar desenvolvido na China o “Programa 1-2-1” (onde o governo auxilia na construção de uma área de captação, dois tanques de armazenamento e uma terra para o plantio de culturas comercializáveis), a construção do P1+2 também se inspira nas dinâmicas sociais, comunitárias e territoriais, estimuladas, fortalecidas e criadas com o P1MC, as quais se fundamentam na imensa variedade de exemplos de manejo sustentável do solo e da água.

O P1+2 inicia seus trabalhos, ainda em fase demonstrativa, no início de 2007, em todo o semiárido, mais especificamente em 96 municípios de 10 Estados (AL, BA, CE, MA, MG, PB, PE, PI, RN, SE), cujos resultados da interação entre experiências de manejo produtivo e sustentável da terra e dos recursos hídricos servirão de base para a implantação do programa em larga escala. Para exemplificar o programa P1+2 da ASA, a parceria com a EMBRAPA Semiárido resultou no desenvolvimento de estudos de captação de água e seu armazenamento em duas cisternas onde uma é para beber e cozinhar e a outra é voltada para experimentos de irrigação para a produção de alimentos.



Figura 2: Exemplo do P1MC associado ao P1+2, no campo experimental da EMBRAPA SEMIÁRIDO, Petrolina, PE. Fonte: Foto de Sylvia Rola.

1.3.2. APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO MEIO URBANO

O aproveitamento de água de chuva no meio urbano se mostra, a priori, como algo desnecessário, dado todo o conjunto de benefícios, entre eles água potável encanada (além de luz elétrica, coleta de lixo, tratamento de esgoto etc.), que as cidades oferecem aos seus usuários, sejam eles visitantes ou moradores. Entretanto, o adensamento das áreas construídas está tornando as cidades cada vez mais impermeabilizadas e com menos áreas de percolação de águas pluviais. Conseqüentemente, o volume que antes era infiltrado no solo, agora se soma ao que é drenado para o sistema de drenagem urbana, sobrecarregando-o e cuja inadequação perante o volume e inoperância dada ao desgaste do próprio sistema resulta em enchentes que afetam diretamente a população e a economia da cidade.

Ou seja, não é recente o problema gerado com as enchentes que matam e desabrigam pessoas localizadas, principalmente, em áreas de risco, tampouco são hodiernos os

prejuízos causados pelas enchurradas ao comércio e à indústria em vigor nos grandes centros urbanos. Pois no que se refere ao ecossistema urbano, o impacto adverso provocado pelas enchentes ocorre por que a água da chuva, que lava primeiramente a atmosfera, lava, por conseguinte, uma grande quantidade de sujeira contida na superfície construída das cidades. Sujeira esta que, segundo PRODANOFF (2005), advém tanto da enorme quantidade de resíduos sólidos produzidos na atualidade pela sociedade urbana contemporânea, bem como das atividades de uso e ocupação do solo de maneira desordenada, que, por sua vez, culmina na poluição de rios e lagoas locais.

As grandes enchurradas que intensificam as águas de drenagem superficial podem ter seu volume reduzido através da existência de sistemas diversos tanto de captação das águas pluviais quanto de redução do fluxo superficial das águas de chuva. Segundo PRODANOFF (2005), no gerenciamento integrado das cheias urbanas a descentralização na captação das águas de chuva é uma prática internacional, onde quanto mais espalhadas forem as cisternas que compõem o sistema de controle de cheias e qualidade de água da chuva, menores serão as probabilidades de insucesso. No caso do Brasil, a redução do IPTU poderia ser um forte incentivo à construção de cisternas individuais, principalmente, em áreas de maior vulnerabilidade da cidade, pois reduziriam em demasia o volume de água na drenagem superficial e evitariam as já “tradicionais” enchentes. Ademais, esta água de chuva armazenada e usada para usos não-nobres resulta em uma economia no consumo da água da concessionária. Segundo PRODANOFF (2005), água na cisterna é água fora das ruas e dos rios e algum dinheiro no bolso do contribuinte e menos dinheiro de impostos gastos para limpar as ruas e construir piscinões.

Segundo Viola et al. (2007), diversos são os impactos positivos diretos advindos do aproveitamento da água de chuva em meio urbano, tais como: redução do risco de enchentes, redução da erosão de leitos de rios e consequente assoreamento de áreas planas, redução dos gastos públicos em assistência aos desabrigados das enchentes, segurança hídrica descentralizada e autossuficiência local, recarga subterrânea e manutenção do lençol freático em nível elevado, minimização na demanda de água tratada para fins não nobres.

Destarte, como a manutenção do funcionamento deste sistema complexo, chamado cidade, é de responsabilidade de todos os usuários, cujas ações a impactam diretamente, serão apresentados dois exemplos de captação de água de chuva no meio urbano, sendo um nacional, no Rio de Janeiro e outro internacional, em Berlim, na Alemanha.

1.3.2.1. UM EXEMPLO BRASILEIRO: A CIDADE DO SAMBA

Desde 2003, a zona portuária da cidade do Rio de Janeiro, situada no bairro da Gamboa, abriga as obras do complexo arquitetônico da Cidade do Samba que, inaugurada no início de 2006, reúne os centros de produção de carros alegóricos, adereços e fantasias das escolas de samba do grupo especial, da cidade do Rio de Janeiro (figura 3).



Figura 3: Vista aérea da Cidade do Samba. Fonte: Imagem de satélite do Google Earth 2015.

No que se refere ao aproveitamento da água de chuva, o empreendimento foi pensado para não só captá-la, mas também para usá-la. Dos 37.800m² de área de telhado dos 14 barracões, apenas sete deles, com 21.000m² de área de telhado, estão adaptados para captar a água de chuva, e drená-la para o seu armazenamento nos reservatórios subterrâneos com capacidade para 300m³ cada um (MAGALHÃES JÚNIOR; BASTOS, 2006 e VIOLA et al., 2007). Somados a estes, cada um dos 14 barracões possui dois reservatórios com capacidade para 10 mil litros cada, sendo um com água de chuva e o outro com água tratada da CEDAE, perfazendo, na Cidade do Samba, um total de 740 mil litros de capacidade de armazenamento de água.

Os usos dados a esta água captada são para limpeza interna e externa e para o sistema de combate a incêndio o qual reserva o montante de 125m³ de água. Sobre os aspectos regulatórios da captação de água de chuva no Brasil, variam de cidade para cidade. No caso do Rio de Janeiro têm-se o Decreto Municipal nº 23940 de 30 de janeiro de 2004, que decreta em seu artigo primeiro:

Art. 1º - Fica obrigatória, nos empreendimentos que tenham área impermeabilizada superior a quinhentos metros quadrados, a construção de reservatórios que retardem os escoamentos das águas pluviais para a rede de drenagem (Decreto 23940/04).

No entanto, Prodanoff (2005) alerta que a exigência na Lei carioca (o decreto 23940/04) só se aplica para as novas construções que tenham áreas impermeabilizadas superiores a 500m², excluindo, então, as construções antigas. Comparada ao que expressa a Lei Municipal Paulista nº 13.276, de 04 de janeiro de 2002, este autor afirma que já no município paulista, a Lei se aplica também às construções antigas.

E mais recentemente foi publicada, em 24/09/2007, a norma ABNT NBR 15527:2007 - Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Desta maneira, esta norma, a qual se aplica aos usos não-nobres, onde as águas pluviais podem ser utilizadas, após tratamento adequado, para descargas em bacias sanitárias, irrigação de parques e jardins, lavagem de veículos, limpeza de pátios, calçadas e ruas, espelhos d'água e usos industriais, é mais uma iniciativa que somada às demais normativas, já em vigor, visam a mitigação das enchentes e seus efeitos adversos e revela o comprometimento da sociedade civil na cogestão de cheias urbanas com a descentralização da captação de águas pluviais.

Por fim, além da Cidade do Samba outros empreendimentos, recentemente construídos na cidade do Rio de Janeiro, também usam esta técnica de captação e uso de águas pluviais, prática esta que resulta em uma economia relevante de água tratada, tais como a Arena do Pan, o Novo Terminal do Aeroporto Santos Dumont e o Engenho14 os quais economizam mensalmente 1.15, 1.0 e 0.95 milhões de litros de água tratada da concessionária, respectivamente (EPPRECHT, 2008).

1.3.2.2. UM EXEMPLO ALEMÃO: O INSTITUTO DE FÍSICA MAX PLANCK

País integrante da Comunidade Europeia, industrializado e com fortes preocupações ecológicas, a Alemanha vem desenvolvendo a mais de três décadas práticas de captação de água de chuva, principalmente para conter o problema das enchentes em suas cidades com impermeabilização crescente, mas também para o seu uso em edificações, seja em descargas em bacias sanitárias ou na climatização de edifícios.

Em uma “Área de Proteção de Águas Subterrâneas”, onde para garantir a qualidade da água é somente permitida a infiltração natural de superfície, e próximo aos poços de captação da estação de tratamento do sistema público de abastecimento urbano em água potável, no distrito de Adlershof, no sudeste de Berlin, situa-se o novo campus da Universidade Humboldt de Berlim e, nele, o prédio do Instituto de Física Max Planck (figura 4), o qual é um projeto de desenvolvimento urbano ecológico, que comporta várias inovações de construção sustentável.

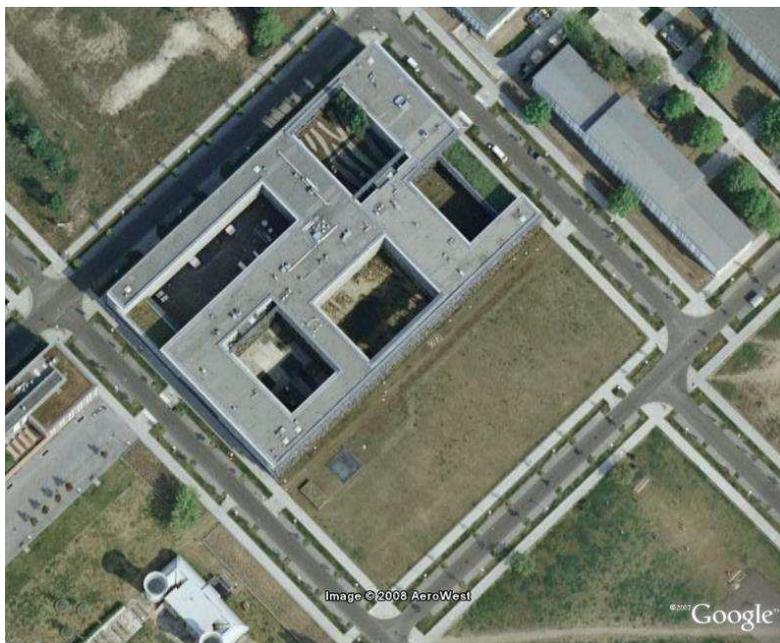


Figura 4: Vista aérea de situação do Instituto de Física Max Planck. Fonte: Google Earth, 2015.

Com cinco pátios internos, o edifício tem a sua cobertura totalmente voltada para a captação de água pluvial, além de duas áreas rebaixadas e cobertas com telhados verdes.

O foco deste projeto está no conceito de gestão de água pluvial descentralizada, consorciando o enverdecimento de superfícies construídas com elementos de refrigeração e ventilação, que resulta na economia de energia, uma vez que estes sistemas são supridos pela água da chuva.

A área de captação de água de chuva é de 4.700m², onde 6,4% desta advém das duas áreas de telhados verdes, em um total de 216,2m². A água da chuva é armazenada em cinco cisternas subterrâneas, localizadas em dois dos cinco pátios internos, e é utilizada, em parte, para a irrigação dos telhados verdes e do sistema de jardineiras nas fachadas (figura 5), perfazendo um total de 151 pontos de irrigação, para a geração de refrigeração adiabática dos oito sistemas de ar condicionado, no interior do edifício sem troca térmica com o exterior e para os usos não nobres dentro da edificação, tais como descarga em bacia sanitária e lavagem de piso (SCHMIDT, 2003; CENTGRAF & SCHIMIDT, 2005).



Figura 5: Telhados verdes do Instituto de Física Max Planck. Fonte: foto de Sylvia Rola, em 2004.

As diversas espécies vegetais usadas nas jardineiras, localizadas em cada andar das fachadas envidraçadas, são trepadeiras que recobrem as fachadas e os benefícios resultantes estão no sombreamento gerado durante o verão e no inverno, quando a perda de suas folhas, permite a passagem de radiação solar, resultando em uma economia de energia pela iluminação natural e aquecimento, uma vez que perpassa a fachada de vidro. O sombreamento criado pelas plantas e sua evapotranspiração refrescante influenciam no balanço energético do edifício.

A demanda hídrica tanto da vegetação, que é diferenciada por causa das diferentes espécies ali adaptadas, quanto da refrigeração adiabática dos oito sistemas de ar-condicionado são monitorados pela Universidade Técnica de Berlim (TU-Berlin), que tem como seu coordenador o professor Marco Schmidt, desde 2003.

O monitoramento da vegetação se dá através do grau de umidade do solo das jardineiras e cujos sensores instalados dentro das jardineiras acionam o sistema automatizado de irrigação somente quando necessário e para a hidratação suficiente do substrato.

Observam-se nesta foto os tubos de água (mais finos) que conduzem a água para irrigar as jardineiras e a tubulação (o tubo de maior diâmetro) por onde passam os fios dos termo sensores. Ainda nesta foto, o cabo mais fino funciona como guia das plantas trepadeiras que ao subir por ele, preencherão o vão e proporcionarão o sombreamento desejado no verão. Outra observação é que as jardineiras estão destacadas um pouco mais de 50 centímetros da fachada de vidro. Tal artifício permite o fácil acesso às jardineiras para a sua manutenção, seja de cunho botânico ou técnico, no ajuste ou troca de algum termo-sensor etc.

Segundo Schmidt et al. (2007), as medições de temperatura, evapotranspiração e radiação da vegetação trepadeira e das unidades de ventilação auxiliam na identificação dos benefícios econômicos e ecológicos.

O efeito de refrigeração proporcionado pelo uso da água de chuva foi calculado e, tem-se que, a cada 1m³ de água usada para a irrigação das jardineiras das fachadas, a economia nos gastos com energia elétrica é de 100 €, onde o custo do kWh é de 0,13 €, na Alemanha de 2004 (CENTGRAF & SCHMIDT, 2005).

A parte restante, da água coletada, é encaminhada para um lago artificial de retenção infiltração com área de 225m², o qual é situado em um dos cinco pátios internos, cuja água evapora ou, quando o volume desta aumenta, já que a sua capacidade é de 64m³, transborda para a área marginal permeável, onde infiltra no solo e percola para o lençol freático. Segundo (SCHMIDT, 2003), o lago artificial só é capaz de reter 2,5% da precipitação anual (que é de 590mm/a), o que pode ser uma taxa muito baixa, especialmente ao se considerar o seu importante papel tanto na irrigação, quanto no resfriamento.

Os pátios internos são permeáveis e sua localização amplia as áreas de parede que recebem a iluminação natural.

Dos aspectos regulatórios da Alemanha, tem-se que a “Lei Nacional de Conservação da Natureza” reduz o impacto ambiental ao definir medidas descentralizadas, como, por exemplo, a adoção de telhados verdes nas construções. Por outro lado, a administração municipal de águas de Berlim tem o respaldo legal para recusar a drenagem de águas pluviais pelo sistema de esgoto, ou águas superficiais, dos lotes particulares. Para isso, foi criada em 2000 uma taxa, em Berlim, pela introdução da precipitação, volume este advindo das áreas particulares, no sistema de esgoto. Esta taxa veio a substituir a taxa de tratamento de esgoto, a qual era calculada pelo volume consumido de água tratada da concessionária. Atualmente, esta taxa de tratamento de esgoto é acrescida de uma taxa anual por cada metro quadrado de área impermeabilizada e como a expansão urbanística da Alemanha é de 1km² ao ano, tal quadro se mostra como incentivo fiscal para a implementação de projetos de captação e manejo de água de chuva (SCHMIDT et al, 2007).

Ademais, outros grandes empreendimentos que contribuem para a intensa revitalização urbanística da Potsdamer Platz, uma importante praça que comportava, nos anos de 1920 e 1930, um frenético tráfego no centro de Berlim, que foi completamente devastada durante a II Guerra Mundial e que, durante os anos de Guerra Fria, foi partida ao meio pela construção, em 1961, do muro de Berlim, são hoje projetos ecologicamente sustentáveis e comprometidos com a gestão e manejo de águas urbanas.

O exemplo mais marcante é o complexo arquitetônico de 19 prédios da Daimler Chrysler (1998), projeto do arquiteto italiano Renzo Piano que, em uma área de 57.800 m², soluciona o manejo de 23.000m³ de água pluvial anual, por causa da exigência municipal de que nesta área só poderia haver escoamento máximo de 3 litros, por segundo, por hectare (3 lts/seg/ha) nos sistemas de drenagem públicos, representando apenas 1% da água pluvial em períodos de chuvas torrenciais. Assim, para cumprir o manejo desta água pluvial anual, foram adotados telhados verdes (totalizando uma área de 40.000m², que tanto consomem, quanto evapotranspiram), coleta e aproveitamento da água de chuva para usos não nobres das edificações armazenados em uma cisterna com capacidade para

3.500m³ e abastecimento de um lago artificial com área de 13.042m² e com um volume de 15.000m³ de água.

CONCLUSÃO

O aproveitamento da água de chuva tem se mostrado ao longo da história como parte fundamental para a sobrevivência do humano e dos ecossistemas. Na atualidade, os problemas relacionados à escassez ou ao excedente hídrico, em meio rural ou urbano, afetam a qualidade de vida da sociedade brasileira e o desenvolvimento do Brasil como um estado nacional justo e economicamente competitivo.

Os estudos de caso apresentados no meio rural, com os programas P1MC e P1+2, revelam que muito ainda precisa ser feito para garantir o desenvolvimento sustentável da região semiárida brasileira e a emancipação de um contingente que ainda vive em condições miseráveis.

Os estudos de caso apresentados no meio urbano revelam que os problemas advindos das mudanças climáticas são globais e sentidos de maneira semelhante pelas mais distintas nações.

Sobre a Cidade do Samba, no Rio de Janeiro, Brasil, trata-se, inicialmente, de um projeto inovador de reconhecimento da cultura do carnaval carioca, que resulta na inclusão social, pois dignifica as áreas de trabalho e revitaliza os arredores da tão degradada Zona Portuária. Conseqüentemente, a captação da água de chuva e seu uso em atividades que não necessitam de água potável se mostram como ações educadoras para os usuários e resultam em economia para os gestores do empreendimento. Ademais, o volume de água de chuva captado, reduziu a incidência de enchentes na região.

Sobre o Instituto de Física Max Planck, em Adlershof, Berlim, Alemanha, o monitoramento, a avaliação, a otimização e a documentação deste projeto já provém condições básicas para a sua implementação em longo prazo e corroboram para o desenvolvimento tecnológico, inovador e de baixo custo. Ademais serve de exemplo a ser seguido em outras

latitudes, para que, em estudos comparativos, possibilite o aprofundamento do conhecimento científico e sua sequente socialização.

A crescente urbanização gera problemas de impermeabilização do solo e consequente diminuição de áreas verdes as quais são fundamentais tanto para a recarga de águas pluviais nos leitos subterrâneos, quanto para o balanço térmico das cidades que se dá através da evapotranspiração da vegetação. Como alternativa de adaptação das cidades frente aos problemas de enchentes e ilhas de calor, os telhados verdes se mostram como uma técnica de ampliação de áreas verdes úteis nas crescentemente densas e impermeabilizadas cidades, recuperando a capacidade de resiliência destas.

REFERÊNCIAS

- AGARAWAL, A. & NARAIN, S. **Dying Wisdom; rise, fall and potential of India's traditional water harvesting systems**. Centre for Science and Environment (CSE), New Delhi, India www.cseindia.org. 404p, 1997.
- ASA, **Articulação do Semi-Árido**. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/>, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: água de chuva: aproveitamento em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626. Instalação predial de água fria**. 30/09/1998 - ABNT/CB-02 CONSTRUÇÃO CIVIL, Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- BLOOM, D. E. & CANNING, D. **Epidemics and Economics**. Working Paper Harvard School of Public Health, May 2006. Disponível em www.hsph.harvard.edu/pgda/
- BROWN, F. E. **Cosa, the Making of a Roman Town**. Ann Arbor: University of Michigan Press, 150p, 1980.
- CENTGRAF, S. C. & SCHIMIDT, M. **Water Management to Save Energy: a Decentralized Approach to an Integrated Sustainable Urban Development**. Report for Rio5 - World Climate & Energy Event, Rio de Janeiro, 15 - 17th Feb. 7p. Disponível em: http://www.tfh-berlin.de/FB_V/LA/Rio5.pdf, 2005.
- Daimler Chrysler, **Daimler Chrysler Annual Report**. Disponível em: https://www.daimler.com/Projects/c2c/channel/documents/1364408_1998_DaimlerChrysler_Annual_Report.pdf
- EPPRECHT C. Cresce a procura por tecnologia de reutilização de água e coleta da chuva. **O Globo Online**, edição de 25/03/2008. Disponível em:

http://oglobo.globo.com/ciencia/salvevoceoplaneta/mat/2008/03/25/cresce_procur_a_por_tecnologia_de_reutilizacao_de_agua_coleta_da_chuva-426532936.asp

EVENARI, M.; SHANAN, L.; TADMOR, N.; ITZHAKI, Y. & SHKOLNIK, A. **The Negev: The challenge of a desert**. Cambridge: Harvard University, 1971, 345p, 1971.

GNADLINGER, J. **Rainwater Harvesting in Rural Areas**. IRPAA. Juazeiro. Artigo apresentado 2º Fórum Mundial da Água. Haia, Holanda, 2000. Disponível em: <http://www.irpaa.org.br/br/ebooks.htm>. Acesso em: set. 2007.

HELMS, S. W. **Jawa, Lost City of the Black Desert**. London: Methuen, 1st ed., 270p, 1981.

MAGALHÃES JÚNIOR, R. A. de O. & BASTOS, S. de S. **Aproveitamento das Águas das Chuvas em Empreendimentos: Caso da Cidade do Samba**. Artigo de trabalho final da disciplina de Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ. 24p, 2006.

MALISSARD, A. (1996) **Los romanos y el agua: La cultura del agua en la Roma antigua**. Barcelona: Editorial Herder, 1996.

MERLINO, T. Quero ficar mais 40 anos aqui. **Jornal Brasil de Fato**, ed. 222, de 31/5 a 6/6 de 2007. Disponível em:

<http://www.brasildefato.com.br/v01/impresso/anteriores/jornal.2007-06-08.7216416727/editoria.2007-06-08.3448342050/materia.2007-06-15.1368347589>, 2007.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro**.

Ministério da Integração Nacional, disponível em:

www.mi.gov.br/.../cartilha_delimitacao_semi_arido.pdf&nome_arquivo=cartilha_delimitacao_semi_arido.pdf, 2005.

NEGEV, A. & GIBSON, S. **Archaeological Encyclopedia of the Holy Land**. New York, Continuum, 2001.

PRODANOFF, J. H. A. **Avaliação da poluição difusa gerada por enxurradas em meio urbano**. Tese de D. Sc. em Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro: Brasil, 2005.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B. & TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. Escritura Editora, São Paulo, 1999.

RIO DE JANEIRO, RJ. **Decreto nº 23940 de 30 de janeiro de 2004**. Torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem. Disponível em: <http://cm-rio-de-janeiro.jusbrasil.com.br/legislacao/917561/decreto-23940-04>

SÃO PAULO (Município) **Lei Municipal Paulista nº 13.276**, de 04 de janeiro de 2002. Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificadas ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m². Disponível em:

http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=05012002L%20132760000

SCHMIDT, M. **Rainwater Harvesting in Germany: New concepts for reducing the consumption for drinking water, flood control, and improving the quality surface waters**

and the urban climate. Artigo disponível em:

<http://www.roofmeadow.com/documents/MarcoSchmidt-mk4.pdf>, 15 p, 2003.

SCHMIDT, M.; REICHMANN, B. & STEFFAN, C. **Rainwater harvesting and evaporation for stormwater management and energy conservation**. 2nd International Congress on Environmental Planning and Management, Technical University of Berlin. Berlin: 2007.

SETTI, A. A., LIMA, J. E. F. W., CHAVES, A.G. M. C. & PEREIRA, I. C. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional de Águas, 2001.

SILVA DIAS, P.L.; MARENGO, J.A. Águas atmosféricas. In: REBOUÇAS, A.C.R.; BRAGA, B.; TUNDIZI, J.G. **Águas doces no Brasil**. São Paulo: Ed. Escrituras, Cap.3, p.75-115, 1999.

SILVA, A. de S. **Captação e Conservação de água de chuva no semi-árido brasileiro: Cisternas Rurais II: Água para consumo humano**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA/MINTER-SUDENE, 1988.

TOMAZ, P. **Aproveitamento da Água de Chuva**. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a Escassez**. São Carlos: Rima, 2003.

VIEIRA, V. P. P. B. **Água Doce no Semi-Árido**. In **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. São Paulo: Escritura Editora, 1999.

VIOLA, H., NUNES, R. T. S. & FREITAS, M. A. V. de. **Aproveitamento de Águas Pluviais como Potencial Ação Mitigadora dos Efeitos das Mudanças Climáticas: O Caso da Cidade do Samba no Município do Rio de Janeiro**. In: **Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - SBRH e do 8º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa - SILUSBA**. São Paulo, 2007.

WAHLIN, L. **The Family Cistern: 3,000 Years of Household Water Collection in Jordan**. The third Nordic conference on Middle Eastern Studies: Ethnic encounter and culture change, Joensuu, Finland, 19-22 June, 1995.