



ESTUDO DO GRAU DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO E PROPOSTAS DE TÉCNICAS DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL EM ÁREA DO RECIFE-PE

Erika Fernanda da Silva Moura¹

Simone Rosa da Silva²

RESUMO

O aumento do escoamento superficial das águas pluviais, como consequência do processo de impermeabilização do solo nas grandes cidades, tem sido apontado como um dos principais fatores responsáveis pelos alagamentos das áreas urbanas. Os constantes episódios de alagamentos que ocorrem no Recife indicam que a cidade possui graves problemas de drenagem urbana. Este trabalho objetiva expor o problema do excesso de impermeabilização dos solos através da análise da evolução da impermeabilização dos solos ocorrida em trecho da zona sul da cidade de Recife e propõe uma aproximação do seu planejamento urbano com a temática da drenagem urbana sustentável, através da exploração do uso da técnica dos jardins de chuva e dos pavimentos permeáveis. Como resultado observou-se um aumento significativo da impermeabilização dos solos ocorrida na área objeto de estudo, o que intensifica os episódios dos alagamentos na área pesquisada. Por outro lado, verificou-se que a aplicação das técnicas dos jardins de chuva e de pavimentos permeáveis em calçadas pode ser adotada a fim de minimizar os problemas dos alagamentos causados pelo excesso de impermeabilização.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem Urbana Sustentável, Impermeabilização dos solos, Jardim de Chuva, Pavimento Permeável.

¹ Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela UFPE (2006), Especialista em Avaliação e Risco Ambiental pela UPC Barcelona (2010) e Mestre em Tecnologia Ambiental pelo ITEP (2014), Uninassau - Professora erikamoura.arquiteta@gmail.com

² Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1989), mestrado em Engenharia Civil pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS (1993) e doutorado em Engenharia Civil com ênfase em Recursos Hídricos e Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco (2006), UPE - Professora Adjunta, simonerosa@poli.br



STUDY WATERPROOFING SOIL AND PROPOSALS FOR TECHNICAL LEVEL OF SUSTAINABLE URBAN DRAINAGE AREA IN REEF-PE

ABSTRACT

Increased runoff of rainwater, as a result of soil sealing process in large cities, has been touted as one of the main factors responsible for the flooding of urban areas. The constant episodes of flooding occurring in Recife indicate that the city has serious urban drainage problems. This work aims to expose the soil sealing excess of the problem by analyzing the evolution of soil sealing stretch occurred in the southern city of Recife and proposes an approximation of its urban planning with the theme of sustainable urban drainage, through exploration the use of the technique of rain gardens and permeable pavements. As a result there was a significant increase in soil sealing occurred in the area studied, which intensifies the episodes of flooding on the surveyed area. Moreover, it was found that the application of the techniques of rain gardens and permeable pavements in the sidewalks can be adopted to minimize the problems of flooding caused by excess proofing.

KEYWORDS: Sustainable Urban Drainage, Waterproofing of Soils, Rain Graden, Permeable Pavement.

ESTUDIO DE IMPERMEABILIZACIÓN DEL SUELO Y PROPUESTAS DE NIVEL TÉCNICO DE DRENAJE SOSTENIBLE ÁREA URBANA EN ARRECIFE-PE

RESUMEN

El aumento de la escorrentía del agua de lluvia, como resultado del proceso de sellado del suelo en las grandes ciudades, ha sido promocionado como uno de los principales factores responsables de la inundación de las zonas urbanas. Los episodios constantes de las inundaciones que ocurren en Recife indicar que la ciudad tiene serios problemas de drenaje urbano. Este trabajo tiene como objetivo exponer el exceso de sellado del suelo del problema mediante el análisis de la evolución del tramo sellado del suelo ocurrió en la sureña ciudad de Recife y propone una aproximación de su planificación urbana con el tema de drenaje urbano sostenible, a través de la exploración el uso de la técnica de jardines de lluvia y pavimentos permeables. Como resultado de ello se produjo un aumento significativo en el sellado del suelo se produjo en la zona de estudio, lo que intensifica los episodios de inundaciones en la zona estudiada. Por otra parte, se encontró que la aplicación de las técnicas de jardines de lluvia y pavimentos permeables en las aceras se puede adoptar para reducir al mínimo los problemas de las inundaciones causadas por el exceso de pruebas.

PALABRAS CLAVE: Drenaje Urbano Sostenible, Impermeabilización de los Suelos, Jardín de Lluvia, Pavimento Permeable.

1. OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa foi analisar a evolução da impermeabilização dos solos e relacioná-la ao aumento do escoamento superficial, tendo como objeto de estudo área da zona sul da cidade Recife. Como forma de auxiliar a direção e desenvolvimento desta pesquisa, foram determinados os seguintes objetivos específicos: quantificar o aumento da área de solo impermeabilizado em dois momentos históricos, utilizando ferramentas de Sensoriamento Remoto, SIG e levantamentos de campo em área urbanizada da cidade de Recife sinalizada como ponto crítico de alagamento em mapa elaborado pela EMLURB (Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana) e sugerir a implantação de técnicas de drenagem urbana sustentáveis na área de estudo com o intuito de compensar o aumento da impermeabilização do solo.

2. INTRODUÇÃO

Impermeabilização do solo é a inserção permanente de materiais artificiais impermeáveis, como asfalto e cimento, na superfície de um terreno.

Fontes (2003) afirma que o processo de urbanização acarreta profundas modificações no uso do solo, que por sua vez causam impactos permanentes nas respostas hidrológicas das áreas urbanizadas. Os efeitos mais notáveis desta transformação do solo natural em impermeável são o aumento do escoamento superficial e a diminuição da infiltração, e tem como consequência direta a ocorrência de inundações urbanas. O escoamento superficial é uma das fases mais importantes para dimensionamentos hidráulicos e manejo da bacia hidrográfica. Nesta fase é que são tratados a ocorrência e o transporte da água na superfície terrestre, visto que, boa parte dos estudos hidrológicos está ligada ao aproveitamento da água superficial e à proteção contra os fenômenos provocados



pelo seu deslocamento (JUSTINO, 2011). Segundo Silva *et al.* (2005) o escoamento superficial abrange desde o excesso de precipitação que ocorre após uma chuva intensa e se desloca livremente pela superfície terrestre, até o escoamento de um rio, que pode ser alimentado tanto pelo excesso de precipitação como pelas águas subterrâneas. Portanto, a condição de escoamento de uma bacia hidrográfica sofre grande alteração, quando se transforma um solo, outrora permeável numa superfície impermeabilizada.

O impacto de impermeabilização do solo na drenagem urbana já é reconhecido largamente e considerado para efeito de cálculos de projetos, porém a caracterização destas áreas impermeáveis apresenta ainda algumas questões a serem elucidadas. Entre estas questões, a mais relevante é a distinção entre área total impermeabilizada e a área efetiva. A área total impermeabilizada representa toda a área de uma bacia ou sub-bacia urbana recoberta por materiais e construções que impedem a infiltração da água da chuva no subsolo. Já a área impermeabilizada efetiva é definida como área impermeabilizada diretamente conectada ao sistema de drenagem urbana. Estas áreas contribuem efetivamente com o escoamento superficial direto não passando por áreas permeáveis, nem tendo oportunidades de infiltração no solo, ou seja, áreas impermeáveis diretamente conectadas (AIDC) são aquelas que despejam água pluvial diretamente na rede de drenagem sem que existam perdas entre o ponto, a superfície e a saída da bacia. (LA LAINA PORTO, 1995). São exemplos de AIDC's, ruas, calçadas, estacionamentos pavimentados, telhados, canteiros e jardineiras com pavimento abaixo da área verde.

Segundo Lee e Heaney (2003), o coeficiente de escoamento superficial deve ser proporcional à área impermeabilizada diretamente conectada (AIDC). De acordo com esses autores, na versão original britânica do Método Racional³, utilizava-se como coeficiente de escoamento a porcentagem de área impermeabilizada

3 O Método Racional é um método amplamente utilizado no ocidente para cálculos necessários em projetos de drenagem urbana. Foi originalmente desenvolvido para estimar vazões máximas de escoamento em pequenas bacias urbanas, cuja proporção de área impermeável é grande.



diretamente conectada, ou seja, era considerado 100% o escoamento provindo dessas áreas. Desta forma, para a realização de um eficiente projeto de drenagem urbana com a adoção de técnicas adequadas se faz necessária o levantamento das áreas impermeáveis diretamente conectadas (AIDC) através de medidas diretas em fotografias aéreas ou imagens de satélite associadas ao levantamento de campo.

Pompêo (2000) fala sobre a evolução do conceito de drenagem urbana no Brasil e destaca que foi somente a partir do século XXI que os debates sobre a drenagem urbana passam a incorporar o conceito de sustentabilidade e assim ultrapassaram a visão de construção de estruturas por onde as águas da chuva serão transportadas, passando a considerar um conjunto de medidas que minimizem o escoamento superficial através da manutenção de áreas permeáveis em espaços públicos e nos lotes urbanos diminuindo os riscos e prejuízos causados por enchentes. Buscando caracterizar esta nova fase conceitual da drenagem urbana, Tucci (2005) também chama de “sustentável” o momento atual do estudo de drenagem urbana iniciado na última década do século XX que tem como uma de suas características principais a recuperação da capacidade de infiltração da água no solo.

Segundo Yasaki *et al.* (2013), os jardins de chuva são estruturas que utilizam a atividade biológica de plantas e microorganismos para remover os poluentes das águas pluviais, e contribuem para a infiltração e retenção dos volumes de água precipitados. Em geral, podem ser descritos como rasas depressões de terra, que recebem águas do escoamento superficial. Os fluxos de água se acumulam nas depressões formando poças, e gradualmente a água é infiltrada no solo. Os poluentes são removidos por adsorção, filtração, volatilização, troca de íons e decomposição. A água limpa pode ser infiltrada no terreno para recarga do lençol freático ou coletada em um dreno e descarregada no sistema de drenagem pluvial das ruas. Faz-se necessário o desvio da água dos jardins de chuva para as galerias quando ocorrem eventos de chuva que excedem a capacidade para a qual a estrutura foi projetada. O uso dos jardins de chuva é recomendado em áreas de

planícies, o solo do local deve ter capacidade de infiltração entre 7 e 200 mm/h, o nível máximo do lençol freático deve ser de até 1m, deve haver saneamento para evitar a contaminação da água antes da infiltração e a área que terá suas águas pluviais direcionadas para cada jardim deve ser menor do que 1 ha, ou seja, 10.000 m² (YASAKI *et al.* 2013). Os Jardins de Chuva têm como característica um design bastante flexível, permitindo sua aplicação em diversas situação e escalas, como: canteiros e calçadas em vias públicas, lotes, parques, praças. Podem ser projetados no formato de valas, bacias, ou pequenos espaços retangulares com estrutura elevada ou encaixada em calçadas como ilustrado na figura 01. (DELETIC *et al* 2011).

Figura 01: Jardim de Chuva em calçadas



Fonte: Monash University, (Deletic et al, 2011)

Figura 02: Pavimento permeável monolítico



Fonte: Melbourne Water (2005).

Yazaki (2013) descreve os pavimentos permeáveis como revestimentos dotados de superfície permeável que permitem a infiltração e a detenção temporária da água pluvial. Este revestimento tem grande potencial de aplicabilidade, visto que não necessita de espaço urbano extra para seu uso, além de atender a dupla função de melhorar qualidade da água como de reduzir a quantidade do escoamento superficial. Eles estão disponíveis no mercado sob duas formas: estrutura modular e monolítico, conforme figura 02.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa analisou a evolução da impermeabilização do solo em uma área com 785.540m² ou 78,54ha do bairro de Boa Viagem, na cidade de Recife, com pontos críticos de alagamentos mapeados pela EMLURB, conforme figura 03. O dimensionamento e a delimitação da área de estudo desta pesquisa tomou como base trabalhos de levantamento de áreas impermeáveis diretamente conectadas realizadas anteriormente por Lee e Heaney (2003) e Garotti e Barbassa (2010). Essas duas pesquisas também utilizaram, além das imagens de satélite, o levantamento de campo detalhado para quantificar as áreas impermeabilizadas de espaços densamente ocupados. Lee e Heaney (2003) realizaram um estudo sobre estimativa de impermeabilização e análise de seus impactos no sistema de drenagem urbana e este detalhamento foi aplicado a uma área residencial de 5,81 hectares em Boulder, Colorado, EUA. Lee e Heaney (2003) afirmam em sua pesquisa que a maioria das técnicas sensoriamento remoto que têm sido aplicadas para analisar a impermeabilidade dos solos urbanos não conseguem distinguir a área total impermeável adequadamente, pois a resolução da imagem e a área espacial da copa das árvores de grande porte limitam a sua precisão. Durante a pesquisa de campo realizada neste estudo foi possível verificar vários pontos em que as áreas abaixo de copa de árvores de grande porte estavam completamente impermeabilizadas. Lee e Heaney (2003) concluíram, em sua pesquisa, que a verificação em campo das áreas impermeáveis mapeadas por satélite é um procedimento extremamente importante para se obter estimativas precisas de AIDC, embora possa tomar adicional esforço. Além da imprecisão do sensoriamento remoto afirmada por Lee e Heaney, a pesquisa de campo feita se justifica pela necessidade da classificação das áreas impermeabilizadas da área de estudo como diretamente conectadas com o intuito de quantificar adequadamente o impacto delas no escoamento superficial.

Figura 03: Delimitação da área de Estudo com 78,54ha dentro do bairro de Boa Viagem



Fonte: Prefeitura do Recife
Elaborado por: Érika Moura (2013)

A área de estudo está localizada em uma parte da bacia do rio Tejipió, próxima ao Parque dos Manguezais e aos Rios Pina, Jequiá e Jordão. Em conjunto com o rio Jiquiá, o rio Tejipió é o responsável pela drenagem da quase totalidade da área urbanizada situada nos setores oeste do município de Recife. Além disso, recebe as contribuições ao escoamento geradas no setor sul, através das linhas de drenagem do rio Jordão e do seu afluente o Canal Setúbal. A estimativa de áreas impermeáveis na região de estudo foi feita para dois momentos históricos. Foram definidas datas para a análise onde as características de ocupação urbana fossem bem distintas a fim de caracterizar os níveis de impermeabilização dos solos que a ocupação urbana intensa gera. O primeiro momento considerado foi o ano 1975, onde foram vetorizadas ortofotocartas em formato Tif com escala de 1:2000 representadas na figura 04, pertencentes ao acervo da CONDEPE/FIDEM (Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco). Para a interpretação das feições cartográficas e elaboração de mapas de áreas impermeabilizadas utilizou-se

o software de GIS e mapeamento AutoCAD Map 3D. Com do AutoCAD Map 3D foi possível fazer uma estimativa das áreas impermeáveis (áreas dos lotes, calçadas e vias) por meio do uso da ferramenta de edição do software, e, após demarcadas as áreas de interesse, utilizou-se a ferramenta de cálculo a fim de obter os quantitativos das áreas demarcadas. O segundo momento considerado no estudo foi o ano de 2007. Utilizando-se da mesma metodologia de análise gráfica adotada para as ortofotocartas de 1975, obtiveram-se os quantitativos estimados de área impermeável para o ano de 2007, porém agora utilizando como base imagens com alta definição fornecidas pela Prefeitura do Recife captadas pelo satélite Quickbird (2007) e representada na figura 05.

Figura 04: Montagem com ortofotocartas em escala de 1/2000 do bairro de Boa Viagem



Fonte: CONDEPE-FIDEM (1975)

Figura 05: Montagem com imagens de satélite em escala de 1/2000 do bairro de Boa Viagem



Fonte: Prefeitura do Recife (2007)

Foram feitas pesquisas de campo para a confirmação das áreas permeáveis abaixo das copas de grandes árvores além da classificação das áreas impermeáveis. Foram consideradas impermeáveis no levantamento, as áreas de telhado, calçadas e vias asfaltadas, por serem classificadas como diretamente conectadas. Os demais tipos de cobertura do solo não foram contabilizados como impermeáveis apesar de ter-se conhecimento de que a pavimentação em paralelepípedo e solo compactado não são totalmente permeáveis, possuindo,

segundo Araújo *et al.* (2000), coeficiente de escoamento 0,60 e 0,66, respectivamente. Em contrapartida, o coeficiente de escoamento para o asfalto é de 0,95. As áreas sombreadas encontradas nas imagens do satélite Quickbird também foram verificadas em visitas de campo, inclusive ao interior dos lotes quando autorizadas. Neste estudo as seguintes categorias foram levantadas, conforme o quadro 01:

Quadro 01: Categorias de solo levantadas e suas caracterizações

Categoria Levantada	Caracterização
1	Solo Permeável
2	Solo Impermeável Lotes
3	Solo Impermeável Vias
4	Água

Elaboração: Érika Moura (2014)

Após a vetorização foi feita uma classificação das categorias de solo nos mapas, também utilizando o AutoCad Map, e as áreas correspondentes a cada categoria foi preenchida com uma superfície colorida. Foram levantados os valores em m² das áreas impermeáveis para os dois anos considerados, 1975 e 2007, usando a ferramenta (comando) LIST do Autocad Map para o cálculo de área de superfícies. Os dados quantitativos das áreas de solo impermeável diretamente conectadas nos dois momentos temporais foram compilados em gráficos e foi analisada a evolução das AIDCs e o conseqüente impacto no escoamento superficial.

4. RESULTADOS

No ano de 1975 a área de estudo possuía um caráter residencial com predominância da tipologia residência unifamiliar, além de um parcelamento do solo em lotes com áreas médias em torno de 500m². Após a vetorização da área através da ortofotocarta do ano de 1975 obtida na FIDEM/CONDEPE, observa-se que na área delimitada havia muitos terrenos ainda sem construções o que fez com que a

porcentagem de áreas permeáveis nos lotes ultrapassasse 50% da área total pesquisada neste momento como ilustra a figura 07. Mesmo nas áreas de lotes com edificação, sendo as mesmas da tipologia residência unifamiliar situadas em lotes com grandes dimensões, estes dois fatores associados contribuíram para o aumento da área de solo permeável como comprovado por Ribeiro (2006) em sua pesquisa. Também seguindo Ribeiro (2006) a tipologia "residência unifamiliar" conserva mais áreas permeáveis nos lotes, pois nestas tipologias não são necessárias grandes áreas de estacionamento e infraestrutura predial. Sendo a base de estudo uma ortofotocarta monocromática com resolução regular não foi possível classificar com precisão se todas as ruas e calçadas já se encontravam pavimentadas naquele momento, sendo assim, nesta pesquisa todas estas áreas foram consideradas impermeáveis diretamente conectadas (AIDC). No segundo mapa vetorizado e ilustrado na figura 08, o do ano de 2007, observou-se um aumento significativo das áreas impermeáveis diretamente conectadas, subindo de 37,17% para 73,13% como representado na figura 06. Este aumento se deu em maior parte dentro dos lotes, devido ao número de edifícios de grande porte que foram construídos ao longo dos anos na área. A porcentagem das áreas impermeáveis das ruas e calçadas variou pouco de 1975 a 2007, e esta variação se deu devido aos seus alargamentos. Sendo a declividade da área de estudo considerada baixa e a porcentagem de suas AIDC's chegando a 73,13% da área total pesquisada, número muito próximo ao considerado impermeável na área do lote convencional pesquisado por Barbassa e Campos (2010), fica evidente a afirmativa de que o aumento da ocupação e conseqüente impermeabilização do solo ocorrida com o passar dos anos impacta diretamente no escoamento superficial e nos picos de vazões, fazendo com que na mesma estejam mapeados alguns dos pontos críticos de alagamento da cidade. Barbassa e Campos (2010) monitoraram o escoamento superficial de dois tipos de lote planos em sua pesquisa, classificando um deles como natural, totalmente permeável e o outro como convencional, com 75% de sua área impermeabilizada diretamente conectada. Após a análise em vários eventos de precipitação elevada

concluíram que nos lotes convencionais, a cada pico de chuva ocorria também um pico de vazão, sendo eles maiores e em maior número do que no lote natural. Significando que as vazões do lote convencional foram lançadas prontamente nas galerias pluviais das vias. Diversos estudos realizados deste o início do século passado utilizam a quantidade de área impermeabilizada como coeficiente importante para o cálculo do escoamento superficial e vazão de uma sub-bacia hidrográfica. A área pesquisada no presente estudo totalizou 785.400m² e os valores referentes ao AIDC obtidos para os anos de 1975 e 2007 são respectivamente de 291.933m² e 574.363m². Aplicando-se a equação do Método Racional que adota C (Escoamento Superficial) como a fração de AIDC na bacia conforme a equação $C = AIDC / A$, sendo (A) a área total da sub-bacia pesquisada, foram encontrados como resultados, para o ano de 1975, C igual a 0,37, e para o ano de 2007, C igual a 0,73. Esses valores demonstram um aumento de quase 100% no escoamento superficial durante o período considerado na área em estudo. Os Jardins de Chuva e o Pavimento Permeável foram as técnicas consideradas mais viáveis para serem aplicadas na área de estudo a fim de atenuar o problema da impermeabilização excessiva ocorrida nas últimas décadas e os conseqüentes episódios de alagamento. O bairro de Boa Viagem possui relevo plano, lençol freático localizado entre 1 e 5 metros da superfície (COSTA e SANTOS, 1990) e além disso tem as característica de solo que garantiriam o bom funcionamento dos sistemas e estão representadas no quadro 02.

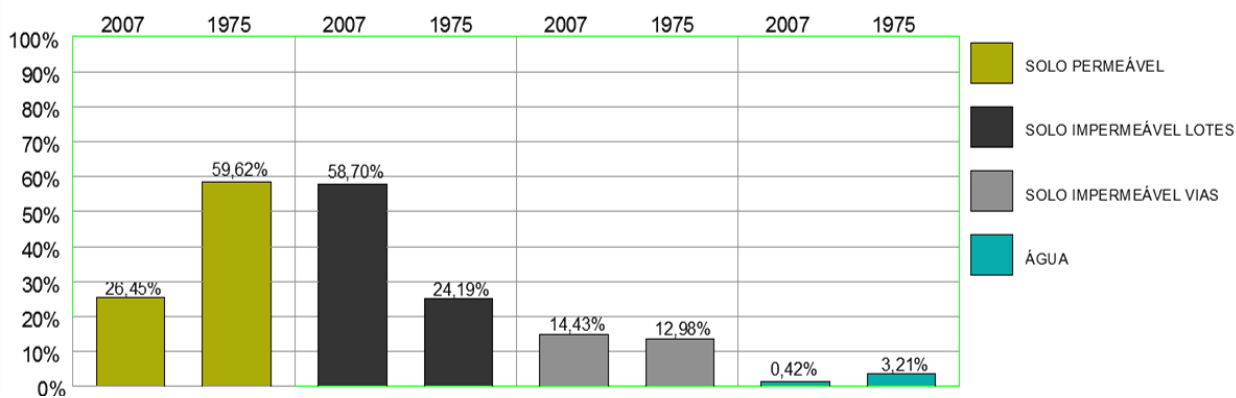
Quadro 02: Características do aquífero Boa viagem

PARAMETROS	CARACTERÍSTICAS
Granulometria dos Sedimentos	Alternância de areias e argilas
Cimentação dos Sedimentos	Argilosa ou ausente
Resistência a Penetração	Baixa resistência
Permeabilidade e Condutividade Hidráulica	Baixa a elevada
Transmissividade	Baixa a média
Coeficiente de Armazenamento ou Porosidade Eficaz	Baixa a elevada

Fonte: Costa et al (1998)

Além de reduzir parte do volume do escoamento superficial de uma área diminuindo a intensidade dos episódios de alagamentos, os Jardins de Chuva contribuem para melhorar a aridez da paisagem urbana que é comum em bairros mais adensados como o de Boa Viagem e contribui para a humanização das calçadas, estimulando ao uso das mesmas pelos pedestres.

Figura 06: Evolução da impermeabilização dos solos da área de estudo entre os anos de 1975 e 2007 após o levantamento



Elaboração: Érika Moura (2014)

Figura 07: Mapa de impermeabilização dos solos da área de estudo no ano de 1975



Fonte: FIDEM/ CONDEPE
Elaboração: Érika Moura (2014)

Figura 08: Mapa de impermeabilização dos solos da área de estudo no ano de 2007



Fonte: PCR
Elaboração: Érika Moura (2014)

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos indicam um aumento significativo das áreas de solo impermeável na área de estudo no período de tempo pesquisado, de 1975 a 2007, (37,17% para 73,13%). As áreas impermeáveis foram classificadas em sua maioria como diretamente conectadas e contribuem para o aumento do escoamento superficial da sub-bacia onde se localiza, agravando os episódios de alagamentos na região. A manutenção das áreas permeáveis de lotes particulares e das vias exercem importante papel na atenuação do escoamento superficial e esta informação deve servir de parâmetro para futuros projetos de ordenamento urbano e para revisões do Plano Diretor da cidade, com a necessidade de projeção de mais áreas permeáveis, da inserção de medidas limitadoras da impermeabilização, além



da previsão de medidas atenuadoras e compensatórias como a implantação de Jardins de Chuva e pavimentos permeáveis nos lotes e nos espaços públicos, como as calçadas.

5. REFERENCIAS

ARAÚJO, P. R., TUCCI, C. E. M., GOLDENFUM, J. A. 2000. **Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial**. RBRH – Revista Brasileira dos Recursos Hídricos. Volume 5, n. 3, Jul/Set 2000. p. 21-29.

COSTA, W.D. ; MANOEL FILHO, J. ; SANTOS, A.C. ; COSTA FILHO, W.D. ; MONTEIRO, A.B. ; E SOUZA, F.J.A. **Gestão Dos Recursos Hídricos Subterrâneos Na Cidade do Recife - PE**. Anais Do Congresso Sul-Americano De Águas Subterrâneas. Montevidéo, 1998.

DELETIC A., Brown R.R., Wong T.H.F. **An Interdisciplinary Research Program for Building Water Sensitive Cities**. Anais da 12ª Conferência Internacional de Drenagem Urbana. Porto Alegre, Brasil, 2011.

FONTES; A. R. M.; BARBASSA, A. P. **Diagnóstico e Prognóstico da Ocupação e da Impermeabilização Urbana**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, São Paulo, v. 8, n.2, abr/jun 2003. p. 137 – 142.

GAROTTI, L. M. ; BARBASSA, A. P. **Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. 2010

JUSTINO, E. A. **Estudo do controle do Escoamento superficial com o uso de Reservatório de Retenção na Bacia do Córrego Lagoinha, município de Uberlândia - MG**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFU. Uberlândia, 2003. 183 p.

LEE, J.G.; HEANEY, J.P. **Estimation of urban imperviousness and its impacts on stormwater systems**. Journal of Water Resources Planning and Management, 2003.

PÔMPEO, C. A. **Drenagem urbana sustentável**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p.15 – 23, 2000.

PORTO, R. La L. **Escoamento superficial direto**. Porto Alegre: ABRH/ Editora da Universidade/ UFRGS. (1995)



RIBEIRO, R. A. **Forma urbana e tipo de uso do solo como fatores determinantes para a geração de áreas urbanas impermeáveis.** Porto Alegre, Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Arquitetura, 2006.

SILVA, B. C.; COLIISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. **Simulação da bacia do Rio São Francisco através do Modelo Hidrológico MGB – IPH.** São Luis. ABRH, v.1, p. 1 – 22, 2005.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas.** Porto Alegre (RS): Curso de Gestão das Inundações Urbanas, junho de 2005.

YAZAKI, L. F. O. L. et al. **Projeto Técnico: Jardins de Chuva. Soluções para Cidades.** 2013. Disponível em: http://solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/04/AF_Jardins-de-Chuva-online.pdf>Acesso em: 01 de abril 2015.

YAZAKI, L. F. O. L. et al. **Projeto Técnico: Pavimentos Permeáveis.** 2013. Disponível em: http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/10/AF_Pav%20Permeavel_web.pdf>Acesso em: 01 de abril 2015.