AVALIAÇÃO DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM COBERTURAS MODELOS

Rodrigo Boeing Althof[1]; Ivone Gohr Pinheiro[2] & José Alexandre Borges Valle[3]

RESUMO --- O aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis constitui uma importante ação de manejo de águas em construções sustentáveis. Entretanto, é necessário se dimensionar o sistema de captação e aproveitamento de água de chuva, destacando-se o reservatório de armazenamento devido à questão da eficiência de atendimento e custo. O índice pluviométrico local, a área de coleta da cobertura, a demanda e a eficiência, devem ser consideradas no seu dimensionamento. O presente trabalho tem como objetivo analisar o coeficiente de escoamento superficial em diversas coberturas, permitindo assim cálculos mais precisos no dimensionamento dos sistemas de aproveitamento de água de chuva. Um dispositivo experimental foi montado, composto de áreas de captação com telha cerâmica, fibrocimento, metálica, cimento, e com material proveniente da reciclagem de tetra-pak e uma cobertura com telhado verde. Foi instalado um pluviógrafo para monitoramento da precipitação. As águas do escoamento superficial são coletadas por calhas metálicas e destas são transportadas por tubos extensíveis de PVC até bombonas plásticas. Nas precipitações de baixa intensidade verificam-se grande variação do coeficiente de escoamento superficial das coberturas modelos, principalmente as coberturas com telhas cerâmicas. Nas precipitações de elevada intensidade observou-se uma redução dos valores de C, provavelmente devido a perdas por respingamento.

ABSTRACT --- The needs to search other alternatives to ensure the sustainability of water resources, and which aim attend the demands of less restrictive quality, preserving the supply of drinking water primarily to the domestic use, is extremely importance. In this sense, the use of rainwater emerges as an effective alternative, mainly when it comes to use for non-potable ends, such as discharges from toilets, watering gardens, washing sidewalks, etc., since in efficient quantities and qualities to supply the needs of users, allowing the system implementation and helping to control the superficial runoff flow in cities. However, for so, it is necessary to scale the capture system and rainwater use, emphasizing if the storage tank due to the security issue in the efficiency of care and its cost. The local rainfall, covering collection area, demand and efficiency are variables that must be considered in their scale. The study present aims to analyze the runoff coefficient in different coverings, thus allowing more accurate calculations in the system scales for the rainwater use.

Palavras-chave: Aproveitamento de água de chuva; Coeficiente de escoamento superficial.

[1] *Eng. Civil, Eng. De Segurança do Trabalho, aluno do mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Regional de Blumenau, email rodrigoalthoff@hotmail.com;*

[2] *Doutora, professora do Departamento de Física da Universidade Regional de Blumenau, rua São Paulo, 3250, 89030-000, Blumenau, SC, email. ivonegp@furb.br*

[3] *Doutor, professor do Departamento de Engenharia Química da Universidade Regional de Blumenau, rua São Paulo, 3250, 89030-000, Blumenau, SC, email. alex@furb.br*

INTRODUÇÃO

O aproveitamento de água de chuva constitui uma importante alternativa para satisfazer às demandas de água de qualidade menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o consumo humano e animal. As águas de qualidade inferior como os efluentes, as águas de chuva, as águas de drenagem agrícola e águas salobras devem, sempre que possível, ser consideradas como fontes alternativas para os usos menos restritivos (HESPANHOL, 2002).

Os procedimentos necessários à disponibilização de água em condições de consumo se tornam cada vez mais oneroso, devido a uma série de fatores, dentre eles a expansão urbana a degradação ambiental. Neste contexto surge como uma boa alternativa o aproveitamento da água de chuva.

A água da chuva é de fácil acesso e sua utilização para fins não potáveis consiste em uma medida para evitar o racionamento em regiões sujeitas a déficit hídrico, além de contribuir com a redução da demanda hídrica da fonte. O aproveitamento da água de chuva reduz os custos do consumidor, como também do prestador de serviços de saneamento. Pode inclusive contribuir com a redução dos riscos de enchentes urbanas, pois reduz a quantidade de água lançada ao sistema de drenagem durante a ocorrência de eventos pluviosos, dando ênfase a conservação da água, podendo-se dizer que a captação de água de chuva vai ao encontro das políticas de segurança hídrica.

Com a água de chuva se consolidando como uma fonte alternativa para suprimento em edificações residenciais (Peters, 2006; Ghisi e Ferreira, 2007; Malqui, 2008), comerciais (Silva, 2007) e industriais (Valle et al., 2007), municípios e estados têm instituído leis que tratam da captação, armazenamento e utilização da água de chuva. A obrigatoriedade para instalação de um sistema de aproveitamento desse recurso hídrico está muitas vezes condicionada à implantação em grandes áreas construídas, que representam a menor fatia do total das edificações, sendo executada ainda de forma tímida e muito limitada nos contextos culturais, sociais, geográficos e econômicos, dependendo muito da aceitação popular, da aprovação do mercado e da vontade política para se efetivar como tecnologia sistemática.

A viabilidade do sistema está condicionada à relação custo-benefício e a sua eficiência depende de fatores locais. No dimensionamento do sistema de captação e aproveitamento de água de chuva, destaca-se o reservatório de armazenamento devido à questão da eficiência de atendimento a demanda e ao seu custo.

O superdimensionamento do reservatório pode inviabilizar economicamente o uso da água de chuva para fins não potáveis em uma edificação (Ghisi e Oliveira, 2007).

A NBR 15527 (ABNT, 2007) apresenta seis métodos que podem ser empregados para o dimensionamento de reservatórios de armazenamento de água de chuva.

De acordo com Tomaz (2003), para efeito de cálculo, o volume de água de chuva que pode ser coletada não é o mesmo que o precipitado, relação considerada através do coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de *runoff, C*, obtido através do quociente entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado. É um valor adimensional no qual estão incluídas as perdas, que podem ocorrer no sistema.

Para Vaes e Berlamont (1999), a área de coleta é muito importante para o sistema de aproveitamento de água de chuva, sendo que, o coeficiente de escoamento superficial da água de chuva é influenciado por muitos parâmetros locais, que são difíceis de avaliar.

Diversas pesquisas e trabalhos técnicos referentes aos sistemas de aproveitamento de água de chuva utilizam para fins de cálculos do dimensionamento de reservatórios valores tabelados do coeficiente de escoamento superficial, sendo que a NBR 15527 (ABNT, 2007) orienta a utilização de um coeficiente de escoamento superficial igual a 0,8.

Cavalcanti (2010) realizou na estação experimental da Caatinga, da Embrapa Semiárido, experimentos visando determinar o coeficiente de escoamento superficial em diferentes tipos de cobertura. Foram utilizada cobertura de argamassa de cimento e areia, de telha de cerâmica, de telha de fibrocimento, e cobertura de lona plástica de polietileno. Os resultados indicaram que os maiores coeficientes de escoamento superficial ocorreram nas áreas com cobertura de telhas de fibrocimento e lona plástica de polietileno.

Além da interferência sobre o coeficiente de escoamento superficial, o tipo de cobertura pode contribuir na qualidade da água de chuva, como Tordo (2004) mostrou no estudo da qualidade da água de chuva captada através de três diferentes tipos de cobertura, fibrocimento, cerâmica e metálica.

O telhado verde é um tipo de cobertura que também contribui na qualidade da água de chuva, através do solo que poderia cumprir o papel de um biofiltro. Desta forma pode-se evitar o uso de dispositivos como peneiras e grades, entre outros, para remoção de sólidos grosseiros, bem como o descarte do volume correspondente aos primeiros milímetros de chuva, responsável pela lavagem da superfície coletora (FERREIRA; MORUZZI, 2009). Porém, o coeficiente de escoamento superficial deste tipo de cobertura sugere se mostrar menor, pelo menos em determinadas condições.

Assim, o objetivo desse trabalho foi de avaliar o coeficiente de escoamento superficial em diferentes tipos de coberturas, em dispositivos experimentais construídos especificamente para esta finalidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Os valores do coeficiente de escoamento superficial foram avaliados em diferentes tipos de coberturas, utilizadas dez construções denominadas de coberturas modelo, localizadas junto ao estacionamento do campus II da Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB), em Blumenau, Santa Catarina, (Figura 1).

Figura 1 – Local da construção das coberturas modelos

Foram utilizados tipos de coberturas comuns na região de Blumenau, contemplando cobertura com telha cerâmica, fibrocimento, metálica e telhas de cimento, além de telhas com material proveniente da reciclagem de tetra-pak e uma cobertura com telhado verde.

Construção das coberturas modelos

A escolha do local para a construção das coberturas modelos considerou a proximidade das edificações e vegetações existentes, escolhendo-se posicioná-las em local aberto, de forma que as edificações e vegetação existentes não interferissem nas condições de precipitação.

A delimitação das áreas das coberturas teve sua largura determinada levando-se em conta as larguras úteis das telhas a fim de que todas essas estruturas possuíssem a mesma dimensão. Esta dimensão foi determinada pela cobertura de fibrocimento, fazendo com que as coberturas modelos tenham sido executadas com uma área de captação de 1,05 m de largura e 2,00 m de comprimento, representando uma área de cobertura de 2,10 m^2.

Foram construídas dez coberturas modelos, sendo cinco com inclinação de 20% e outras cinco coberturas com inclinação de 40%. As coberturas com inclinação de 20%, sendo as coberturas com telha metálica, telha de fibrocimento, telha tetra-pak, telha de vidro e o telhado verde, tiveram seus volumes de água de chuva escoados denominados, respectivamente, de A1, A2, A3, A4 e A5, sendo que A6 é a denominação do volume de água de chuva infiltrado no telhado verde.

As coberturas de telha romana, telha tetra-pak, telha de cimento, telha de vidro e telha germânica, com inclinação de 40%, tiveram seus volumes de água de chuva escoados denominados, respectivamente de B1, B2, B3, B4 e B5. Estas denominações visam a facilitar a identificação das coberturas e das bombonas que recolhem o volume escoado nos diferentes tipos de coberturas, principalmente no caso das coberturas de vidro e tetra-pak presentes nas duas inclinações (Quadro 1).

Quadro 1 - Identificação das coberturas modelos

	Cobertura									
	A1	A2	A3	A4	A5-A6	B1	B2	B3	B4	B5
Inclinação	Metálica	Fibrocimento	Tetra-pak	Vidro	* Verde	Romana	Tetra-pak	Cimento	Vidro	Germânica
20%	X	X	X	X	X					
40%						X	X	X	X	X

* A5 refere-se ao escoamento superficial e A6 ao escoamento de drenagem

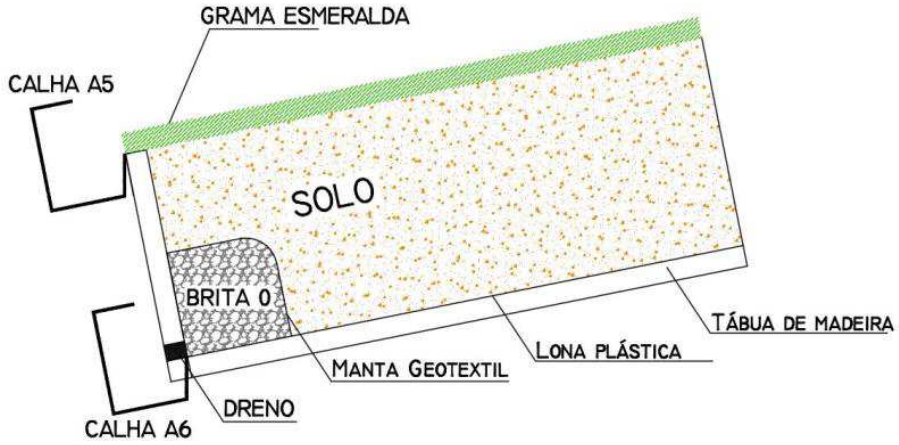
As coberturas modelos foram construídas lado a lado, sobre uma mesma estrutura de base, utilizando-se pilares, vigas e sarrafos em madeira, obedecendo-se um distanciamento de 50 cm entre cada cobertura modelo, respeitando-se as duas diferentes inclinações (Figura 2).

Figura 2 – Vista frontal das coberturas modelos

A utilização de duas diferentes inclinações objetivou atender as recomendações dos fabricantes para cada tipo de telhado, sendo que as coberturas modelos de inclinação de 20% são mais utilizadas em coberturas industriais e comerciais e as telhas de inclinação de 40% mais utilizadas em coberturas residenciais.

O telhado verde foi executado com grama esmeralda (*Zoysia japônica)* sobre uma camada de solo de 20 cm. As faces interiores (fundo e laterais) da caixa em madeira que contém a camada de solo foram impermeabilizadas com quatro camadas de lona plástica e foi executado um dreno de brita zero, com altura de 10 cm na parte inferior frontal da cobertura verde. Esta brita está envolvida por uma manta geotextil para drenagem, permitindo, desta forma a captação da água escoada no solo (Figura 3).

Figura 3 – Detalhe da Cobertura Verde.



A calha superior identificada por A5 é destinada a coletar a água proveniente do escoamento superficial da cobertura verde, e a calha inferior, identificada por A6 tem por objetivo captar a água escoada no solo (Figura 3).

As águas provenientes do escoamento superficial são coletadas por calhas metálicas com as dimensões de (5x10x108)cm, (Figura 4a), e destas são transportadas por tubos extensíveis de PVC até bombonas plásticas com capacidade para 50 litros (Figura 4b).

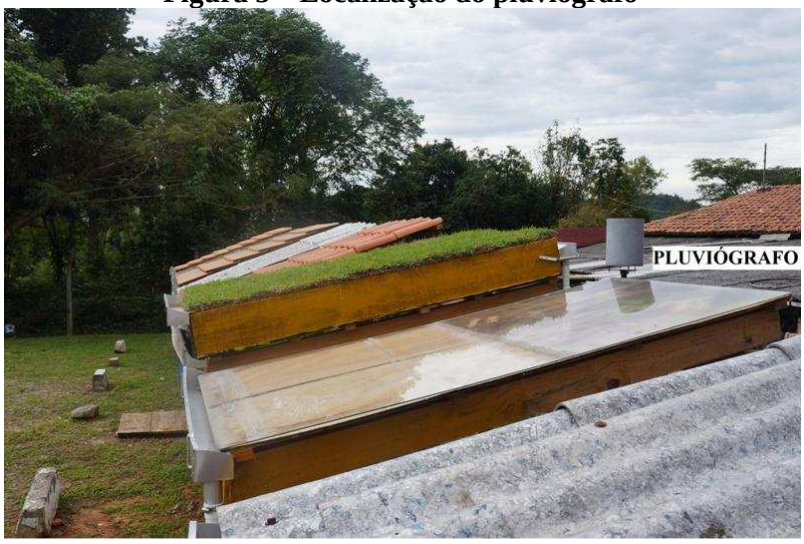
Figura 4a – Detalhe da calha.

Figura 4b – Bombona plástica de 50 litros.

Determinação do coeficiente de escoamento superficial

As medidas de precipitação ocorrida em um intervalo de tempo são realizadas com o auxílio de um pluviômetro de escala de 0 a 40 mm e de um pluviógrafo com área de captação de 198 mm de diâmetro, sensibilidade de 0,2 mm de chuva, instalados junto às coberturas modelo. A utilização do pluviômetro permite verificar com facilidade se os volumes coletados nas bombonas plásticas são condizentes com a precipitação ocorrida, identificando-se assim possíveis distorções, fato que na utilização do pluviógrafo, isto somente seria possível após os dados serem transferidos e tratados com auxílio de um computador.

Figura 5 – Localização do pluviógrafo



Para determinação do coeficiente de escoamento superficial (C) que é a relação entre o volume escoado e o volume precipitado, cujos valores variam de 0 a 1, utilizou-se a equação 1.

$$C = Vesc / Vp \quad (1)$$

onde:

C = coeficiente de escoamento superficial;

Vesc = volume escoado;

Vp = volume precipitado.

O volume precipitado em cada cobertura modelo foi considerado com sendo obtido através da equação 2.

$$Vp = P * A \quad (2)$$

onde:

Vp = volume precipitado em cada cobertura modelo;

P = precipitação;

A = área da cobertura.

Na obtenção da massa específica da água proveniente da coleta em cada cobertura modelo, utilizou-se de uma balança eletrônica digital com capacidade de 100 Kg e sensibilidade de 20 g, com plataforma da base medindo (50x40)cm e bateria recarregável com autonomia de até 60 h, aferida pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro.

Figura 6 – Balança eletrônica digital

Para efeito de cálculo do coeficiente de escoamento superficial (C), adotaram-se os volumes em litros, utilizando-se a tabela 1, contendo a indicação o intervalo das leituras em horas, o volume coletado para cada cobertura modelo.

Tabela 1 – Planilha de anotação dos volumes coletados

Intervalo (h)	Volume (L)	Tipo de Cobertura										
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As alturas das precipitações, do volume escoado Vesc, do volume precipitado Vp e do coeficiente de escoamento superficial C, para cada tipo de cobertura modelo estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Coberturas com inclinação de 20%

Tipo de cobertura				Metálico		Fibrocimento		Tetra-pak		Vidro		Verde	
Leitura	Intervalo (h)	P (mm)	Vp (L)	Vesc (L)	C	Vesc (L)	C	Vesc (L)	C	Vesc (L)	C	Vesc (L)	C
1	96	7,7	16,1	15,2	0,94	11,5	0,72	15,3	0,95	15,5	0,97	0,0	0,00
2	48	4,3	9,0	8,5	0,95	6,4	0,71	8,3	0,92	8,2	0,91	0,0	0,00
3	88	0,5	1,0	0,9	0,96	0,1	0,15	0,9	0,93	0,9	0,98	0,0	0,00
4	29	2,7	5,7	5,3	0,94	5,0	0,88	5,2	0,91	5,3	0,93	0,0	0,00
5	192	10,6	22,2	20,8	0,94	16,5	0,74	20,7	0,93	20,8	0,93	0,0	0,00
6	14	14,2	29,8	26,1	0,88	26,4	0,89	27,1	0,91	25,6	0,86	2,3	0,17
7	4	16,7	35,0	32,1	0,92	33,3	0,95	33,5	0,96	31,7	0,91	4,0	0,24
8	14	14,0	29,3	27,9	0,95	27,8	0,95	28,1	0,96	27,6	0,94	4,0	0,29
9	250	11,0	23,1	20,5	0,89	18,4	0,80	20,9	0,91	20,5	0,89	0,4	0,04
10	10	17,6	36,9	35,5	0,96	35,7	0,97	36,3	0,99	35,6	0,97	0,8	0,05
11	4	6,5	13,7	10,9	0,79	10,7	0,78	10,6	0,77	10,3	0,75	0,3	0,05
12	24	8,8	18,4	18,3	0,99	16,0	0,87	17,7	0,96	18,1	0,98	0,1	0,02
13	47	14,9	31,2	29,8	0,95	28,6	0,92	29,5	0,95	28,8	0,92	0,5	0,03

A tabela 2 apresenta os resultados obtidos para as coberturas construídas com inclinação de 20%. Os valores apresentados na cobertura verde são referentes ao escoamento superficial, sendo que as análises dos valores de infiltração serão objeto de outro estudo. A tabela 3 apresenta os resultados obtidos para as coberturas construídas com inclinação de 40%.

Observa-se que o telhado verde tem grande poder de retenção e começa acusar maiores valores de escoamento superficial com precipitações em torno de 15 mm.

Tabela 3 – Coberturas com inclinação de 40%

Tipo de cobertura				Romana		Tetra-pak		Cimento		Vidro		Germânica	
Leitura	Intervalo (h)	P (mm)	Vp (L)	Vesc (L)	C	Vesc (L)	C	Vesc (L)	C	Vesc (L)	C	Vesc (L)	C
1	96	7,7	16,1	4,4	0,27	14,7	0,91	11,5	0,72	14,0	0,87	3,3	0,21
2	48	4,3	9,0	2,4	0,26	7,8	0,87	6,3	0,70	7,5	0,83	2,3	0,26
3	88	0,5	0,9	0,0	0,02	0,8	0,85	0,1	0,07	0,7	0,77	0,0	0,00
4	29	2,7	5,7	4,7	0,82	5,3	0,93	4,8	0,85	5,0	0,88	4,5	0,79
5	192	10,6	22,2	4,2	0,19	20,2	0,91	17,1	0,77	20,0	0,90	6,7	0,30
6	14	14,2	29,8	20,5	0,69	26,3	0,88	25,8	0,87	25,1	0,84	24,0	0,81
7	4	16,7	35,0	30,9	0,88	31,8	0,91	32,0	0,91	30,4	0,87	31,0	0,89
8	14	14,0	29,3	26,7	0,91	27,3	0,93	27,1	0,93	26,4	0,90	26,6	0,91
9	250	11,0	23,1	7,4	0,32	19,9	0,86	18,1	0,78	19,4	0,84	12,1	0,52
10	10	17,6	36,9	32,3	0,88	35,3	0,96	35,1	0,95	34,4	0,93	34,2	0,93
11	4	6,5	13,7	9,6	0,70	9,6	0,70	9,4	0,68	8,9	0,65	8,6	0,63
12	24	8,8	18,4	14,2	0,77	17,2	0,93	16,4	0,89	17,3	0,94	14,5	0,79
13	47	14,9	31,2	26,0	0,83	28,5	0,91	27,5	0,88	27,3	0,88	26,0	0,83

A tabela 4 e 5 apresenta o cálculo da média dos coeficientes de escoamento superficial para cada cobertura modelo, com a determinação do desvio padrão, indicando a dispersão dos valores em relação à sua média.

Tabela 4 – Coberturas com inclinação de 20%

Tipo de cobertura	Metálico	Fibrocimento	Tetra-pak	Vidro	Verde
Média	0,93	0,79	0,93	0,92	0,07
Desvia padrão	0,05	0,21	0,05	0,06	0,10

Tabela 5 – Coberturas com inclinação de 40%

Tipo de cobertura	Romana	Tetra-pak	Cimento	Vidro	Germânica
Média	0,58	0,89	0,77	0,86	0,60
Desvia padrão	0,32	0,07	0,23	0,08	0,32

A cobertura modelo com telha Tetra-Pak e metálica apresentaram os maiores valores do coeficiente de escoamento superficial com os menores valores de desvio padrão.

Observa-se que a cobertura de vidro liso apresentou valores do coeficiente de escoamento superficial muito semelhante nas duas inclinações, 20 e 40%, sendo que na maior inclinação o valor foi levemente inferior, com valores iguais de desvio padrão. Isto se deve possivelmente porque a sua projeção na horizontal representa uma área de captação levemente menor.

Os valores observados de escoamento superficial das coberturas com telhas cerâmicas, romana e germânica, são muitos próximos e apresentaram resultados bem inferiores as demais coberturas, indicando que apresentam maiores perdas em relação às demais coberturas. Já os

valores de desvio padrão são os maiores, quando comparados com as demais coberturas, sendo de 0,32 para ambas.

Os valores observados para a cobertura com telha de fibrocimento têm resultados bem próximos aos valores encontrados na cobertura com telhas de cimento.

Nas precipitações de baixa intensidade verificam-se grande variação do coeficiente de escoamento superficial das coberturas modelos, principalmente as coberturas com telhas cerâmicas. Já durante precipitação de grande intensidade observou-se uma redução dos valores de C, provavelmente oriundos de perdas por respingamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação ao melhor tipo de cobertura para maior captação de água de um sistema de aproveitamento de água de chuva, constatou-se que as coberturas de metálica e tetra-pak têm resultado de volume de escoamento maior que as demais, enquanto as coberturas com telhas cerâmicas (romana e germânica) tiveram os menores resultados de volumes de escoamento superficial, e consequentemente maior absorção.

O telhado verde apresenta grande potencial de retenção da água precipitada, fato este que pode ser relevante na redução das inundações urbanas, que ocorrem geralmente nos em precipitações intensas, uma vez que boa parte das coberturas convencionais direciona estas águas por meio dos extravasores para o sistema de drenagem urbana.

Um aumento na intensidade da precipitação reduz as diferenças entre o coeficiente de escoamento superficial dos diferentes tipos de coberturas, mas também em precipitações de elevada intensidade, observa-se a perda por respingamento.

Em períodos de precipitações prolongadas, observa-se que as diferenças do coeficiente de escoamento superficial reduzem-se bastante devido a saturação das coberturas, mesmo assim a cobertura metálica, vidro, tetra-pak apresentam os maiores resultados e os menores valores de desvio padrão, já as coberturas com telhas cerâmicas apresenta os menores valores do coeficiente de escoamento superficial e os maiores valores de desvio padrão, seguidos da cobertura com telhas de cimento e de fibrocimento.

A cobertura verde apresentou elevada capacidade de retenção da água, sendo que o escoamento acontece de forma lenta, mesmo após a saturação da camada de solo.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Água de chuva*: Aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis. NBR 15.527, Rio de Janeiro, 2007.

FERREIRA, C. A.; MORUZZI, R. B. *Considerações sobre a aplicação do telhado verde para captação de água de chuva em sistemas de aproveitamento para fins não potáveis*. In: IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2009, Recife. Anais do V Encontro Nacional e III Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Recife, PE: ELECS, 2009.

GHISI, E.; FERREIRA, D. "*Potential for potable water saving by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil"*. Building and Environment, v.42, n.7, p.2512–2522, 2007.

GHISI, E.; OLIVEIRA, S.M. "*Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil"*. Building and Environment, v.42 n.4 p. 1731–1742, 2007.

HESPANHOL, I. *Potencial de reuso de água no Brasil: Agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, RS, v.7, n.4, p. 75-95, 2002.

MALQUI, F. A. dos S. M. *Captação da água da chuva para utilização residencial*. 2008. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria-UFSM, Santa Maria, 2008.

PETERS, M.R. *Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis e uma unidade residencial.* 2006. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental-PPGEA, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2006.

SILVA, G. da. *Aproveitamento de água de chuva em um prédio industrial e numa escola pública – estudo de caso.* 2007. 87 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e urbanismo, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, Campinas SP, 2007.

SILVA, A. S.; BRITO, L. T. L.; ROCHA, H. M. *Captação e conservação de água de chuva no semi-árido brasileiro: Cisternas rurais II, água para consumo humano*. Petrolina, PE, EMBRAPACPATSA/MINTER-SUDENE, 1988. 80 p. il. (EMBRAPACPATSA. Circular técnica, 16).

TOMAZ, P. *Aproveitamento de Água de Chuva*. 2 ed. São Paulo: Navegar. 2003.

TORDO, O. C. *Caracterização e Avaliação do Uso de Águas de Chuva para Fins Potáveis.* (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.

VAES G.; BERLAMONT J. (1999). *The Influence of Rainfall and Model Simplification on Combined Sewer System Design*. Hydraulics Laboratory, Katholieke Universiteit. Leuven, Leuven, Belgium.

VALLE, J.A.B.; PINHEIRO, A.; FERRARI, A. "*Captação e avaliação da água de chuva para uso industrial*". REA - Revista de Estudos Ambientais, Blumenau, v.9, n.2, p.62-72, jul. /dez.2007.