



<sup>1</sup> Estudante do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. Rua A, sn. Bairro São Raimundo. CEP 78.390-000, Barra do Bugres, MT. E-mail: angeldallabona@hotmail.com

<sup>2</sup> Prof. Dr. Depto. Eng. Produção Agroindustrial – DEPA/UNEMAT

<sup>3</sup> Prof. M. Sc. Depto. Arquitetura e Urbanismo – DARU/UNEMAT

**RESUMO:** Objetivou-se com este trabalho avaliar a possibilidade de utilização do excesso de água da chuva para irrigação de telhados ecológicos, no período de estiagem, na região de Fortaleza, CE. O Volume de Excesso (Balanço Hídrico Climatológico) da Estação chuvosa foi comparado com o volume de Déficit da estação seca. Estimou-se o volume e área da seção transversal de um reservatório para acumulação do Excesso, bem como o volume de água complementar para irrigação. Uma regressão linear foi gerada para estimar o volume do reservatório em função da área coletora do telhado. Os resultados mostraram que o volume armazenado pode atender à 98,65% da necessidade de irrigação na estação seca. A área da seção transversal do reservatório deve ser de 12,5% da área do telhado. Conclui-se que não há limitação para utilização de telhados ecológicos na região de Fortaleza, CE.

**Palavras-Chave:** Sustentabilidade, Tetos Ecológicos, Conforto Térmico.

## **IRRIGATION OF “GREEN ROOF” IN THE REGION OF FORTALEZA, CE**

**ABSTRACT:** The objective of this work is to evaluate the possibility of the use of surplus rain water on irrigation of green roofs, in the dry season in the region of Fortaleza, CE. The surplus volume (Climatologic Hydride Balance) of the rainy season was compared to the volume of deficit of the dry season. It was estimated the volume and area of cross section of a reservoir for accumulation of excess, and the volume of additional water for irrigation. A linear regression was generated to estimate the volume of the reservoir according to the collector area of the roof. The results showed that the volume stored can meet to 98.65% of the need for irrigation in dry season. The area of cross section of the tank must be of 12.5% of the area of the roof. It follows that there is no limitation for use of green roofs in the region of Fortaleza, CE.

**KEYWORDS:** Sustainability, Green Roofs, Thermal Comfort.

## INTRODUÇÃO

Na busca pelo conforto o ser humano tem feito inovações em todos os setores, com destaque nas últimas décadas para os sistemas que economizam energia e água. Nas construções civis das regiões tropicais a busca tem sido pelo conforto térmico utilizando-se de técnicas que permitam a diminuição da temperatura interna dos ambientes. Uma solução que vem sendo adotada é a utilização de telhados ecológicos com mantas isolantes, reflexivas e até com a utilização de vegetação para interceptação da radiação solar amenizando os ganhos térmicos pelo edifício, principalmente no verão dos trópicos (ADAM, 2001).

Os telhados que utilizam gramíneas sobre a cobertura são chamados de telhados verdes. A técnica de teto ecológico surgiu na Alemanha, por volta do ano de 1950, apresentando um crescimento considerável e tornando-se popular pelo mundo inteiro, principalmente devido ao apelo ecológico. A utilização desse tipo de telhado tem as vantagens de reduzir a temperatura interna das edificações, aumentar a inércia térmica, decorar o ambiente, interceptar parte da precipitação diminuindo o escoamento superficial o que pode, se utilizado em larga escala, diminuir o problema dos alagamentos que são comuns nas grandes cidades. Contribuem ainda, com a redução das ilhas de calor, filtragem de ar e ruídos externos. Uma desvantagem que pode ser citada é a necessidade de irrigação constante no período da estiagem. A irrigação neste caso é preocupante pois a água disponível nas cidades é, na maioria dos casos, água potável advinda do sistema de abastecimento urbano, portanto água tratada, de elevado custo, escassa e restrita.

No Brasil, ocorrem ao longo do ano duas estações bem definidas: uma seca e outra chuvosa, podendo haver Déficit ou Excesso de água no balanço anual. Para contabilizar Excessos e Déficits é utilizado o Balanço Hídrico Climatológico de Thornthwaite e Mather (1955) que considera o solo como um reservatório fixo, no qual a água armazenada, até o máximo da capacidade de campo, somente será removida pela ação das plantas. Mesmo não representando com fidelidade a dinâmica da água no sistema Solo-Planta-Atmosfera o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) pode ser utilizado para estimativas na área da Irrigação, Drenagem e Recursos Hídricos.

O BHC é feito para uma Capacidade de Água Disponível (CAD) que depende das características físicas do solo e da profundidade útil do perfil de interesse. Para o caso do telhado ecológico a espessura da camada porosa que suporta a vegetação é pequena com o objetivo de reduzir o carregamento aplicado à estrutura do telhado. Este fato é uma limitação, pois, o volume de água armazenado é pequeno o que leva à necessidade de irrigações frequentes e um alto coeficiente de escoamento do telhado.

Neste contexto, o estudo de técnicas de manejo que permitam o uso racional da água e a utilização de fontes não potáveis, como águas servidas e da precipitação local, é fundamental para a viabilização da irrigação de telhados. Este trabalho teve por objetivo avaliar a

possibilidade de utilização de água da chuva para atender à necessidade de irrigação de telhados ecológicos, na região de Fortaleza, CE.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A cidade de Fortaleza, no estado do Ceará, está na região tropical Sul do Brasil próxima à linha do Equador. Suas coordenadas geográficas são: Latitude 3°27'36" S, Longitude 38°21'36" W e Altitude 27 m. O clima de Fortaleza, segundo Classificação de Köppen (1918) é do tipo Awi do grupo de clima tropical chuvoso, com temperatura média do mês mais frio maior ou igual a 18 °C e precipitação do mês mais seco menor que 30 mm, onde a época mais seca ocorre no inverno e o máximo de chuvas ocorre no outono (AGUIAR et al., 2004) sendo de 1643 mm a precipitação média.

Dados históricos (1961-1990) da cidade de Fortaleza, CE, foram obtidos nas Normais Climatológicas (BRASIL, 1992) e utilizados para o BHC de Thornthwaite & Mather (1955) com a Evapotranspiração de Penman-Monteith/FAO (1991). Como a vegetação utilizada é na maioria dos casos uma gramínea a evapotranspiração da cultura (Gramma) foi considerada, neste estudo, igual à evapotranspiração de referência.

O BHC foi feito para uma Capacidade de Água Disponível (CAD) de 12 mm. Para isso foi considerada uma camada de solo de 8 cm de espessura e valores médios para o Ponto de Murcha Permanente ( $\theta_{PMP} = 20 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) e Capacidade de Campo ( $\theta_{CC} = 35 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ).

Foram consideradas casas hipotéticas com 50, 75, 100, 125, 150, 175 e 200 m<sup>2</sup> de Área do Telhado Verde (Atv), sendo o mesmo circundado por um sistema de calhas para coleta do escoamento pluvial. Os valores de Excesso (EXC) extraídos dos BHC foram utilizados para o dimensionamento de um reservatório de acumulação para armazenar água para o período de Déficit (DEF).

O Volume (m<sup>3</sup>) do Reservatório (Vr) foi obtido fazendo o produto do EXC (mm = L.m<sup>-2</sup>) pela Área do Telhado (m<sup>2</sup>). Com os valores obtidos foi feita uma regressão linear para Fortaleza, CE. Foi estimado também o Volume Complementar de Água (Vca) para atender à demanda do telhado verde durante o período de estiagem. O Vca foi obtido pelo produto da Atv pela diferença entre DEF e EXC. Estimou-se também o Diâmetro (D) e a Largura (L) para reservatórios de secção circular e quadrada, respectivamente. Foi considerada para o reservatório uma profundidade de 5 m a fim de evitar a cavitação da bomba e a variação excessiva da altura manométrica com a alteração da lâmina d'água.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 é apresentado o Balanço Hídrico de Thornthwaite e Mether (1955) para a cidade de Fortaleza, CE, obtido com os dados das Normais Climatológicas (1961 – 1990).

Observa-se, pelos dados da Tabela 1, que em Fortaleza, há 7 meses (Jan, Jul, Ago, Set, Out, Nov e Dez) com Déficit de água (632,3 mm) havendo necessidade irrigação suplementar. As chuvas são concentradas no período que vai de Fevereiro a Junho fornecendo um Excesso de 623,8 mm. Este resultado mostra que mesmo considerando uma eficiência de armazenagem do Excesso de 100% o volume possível de ser armazenado em reservatório não é capaz de suprir a demanda de água no período da estiagem (supre 98,65%).

Na Tabela 2 são mostrados os resultados de volume e dimensões de reservatórios em função da área do telhado verde que funciona como superfície coletora do Excesso.

Tabela 1. Temperatura (T), Precipitação (P), Irradiação (I), Evapotranspiração Potencial (ETP), Negativo Acumulado (NE-AC), Armazenamento (ARM), Alteração (ALT), Evapotranspiração Real (ETR), Déficit (DEF) e Excesso (EXC) do Balanço Hídrico Climatológico de Thornthwaite e Mether (1955).

Mês do Ano	T (°C)	P (mm)	I (N/n)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	NE-AC (mm)	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	27,3	130,0	13,1	157,31	-27,3	-644,3	0,00	0,00	130,0	27,3	0,0
Fev	26,7	216,0	12,6	130,17	85,8	0,0	12,00	12,00	130,2	0,0	73,8
Mar	26,3	339,0	12,3	135,29	203,7	0,0	12,00	0,00	135,3	0,0	203,7
Abr	26,5	348,0	12,5	133,59	214,4	0,0	12,00	0,00	133,6	0,0	214,4
Mai	26,3	226,0	12,3	133,15	92,8	0,0	12,00	0,00	133,2	0,0	92,8
Jun	25,9	160,0	12,1	120,99	39,0	0,0	12,00	0,00	121,0	0,0	39,0
Jul	25,7	91,0	11,9	121,33	-30,3	-30,3	0,96	-11,04	102,0	19,3	0,0
Ago	26,1	31,0	12,2	129,10	-98,1	-128,4	0,00	-0,96	32,0	97,1	0,0
Set	26,6	23,0	12,6	135,15	-112,2	-240,6	0,00	0,00	23,0	112,2	0,0
Out	27,0	16,0	12,8	148,91	-132,9	-373,5	0,00	0,00	16,0	132,9	0,0
Nov	27,2	13,0	13,0	149,30	-136,3	-509,8	0,00	0,00	13,0	136,3	0,0
Dez	27,3	50,0	13,1	157,20	-107,2	-617,0	0,00	0,00	50,0	107,2	0,0
Totais	318,9	1643,0	150,5	1651,50	-8,5	-	61	0,00	1019,2	632,3	623,8
Médias	26,6	136,9	12,5	137,62	-0,7	-	5,1	-	84,9	52,7	52,0

Tabela 2. Área do Telhado Verde (Atv), Volume do Reservatório (Vr), Volume Complementar de Água (Vca), Diâmetro do Reservatório Circular (D), Largura do Reservatório quadrado (L), Área da Superfície do Reservatório e Relação Asr/Atv.

Atv (m²)	Vr (m³)	Vca (m³)	D (m)	L (m)	Asr (m²)	Asr/Atv
50	31	0,4	2,82	2,50	6,238	0,125
75	47	0,6	3,45	3,06	9,357	0,125
100	62	0,9	3,99	3,53	12,476	0,125
125	78	1,1	4,46	3,95	15,595	0,125
150	94	1,3	4,88	4,33	18,714	0,125
175	109	1,5	5,27	4,67	21,833	0,125
200	125	1,7	5,64	5,00	24,952	0,125

Verifica-se que há uma relação linear entre o volume do reservatório e a área do telhado. As dimensões dos reservatórios podem comprometer o seu uso em virtude de requerer uma considerável área para instalação. Constatase que, para o caso de Fortaleza, CE, a área da superfície do reservatório representa 12,5% da área do telhado, o que pode comprometer pelo elevado custo da terra (lote). A área da superfície do reservatório pode ser diminuída aumentando-se a sua profundidade (H), entretanto, essa decisão poderá gerar problemas para o sistema de bombeamento, como cavitação da bomba e excessiva variação da altura manométrica. Observa-se, ainda, pelo BHC, que o Volume de Excesso é praticamente igual ao volume de Déficit havendo necessidade de um pequeno volume complementar, o que pode ser conseguido com o reuso de uma pequena parcela de águas servidas misturada á água da chuva armazenada no reservatório.

Na Figura 1 é apresentada a regressão linear que estima o volume do Reservatório de acumulação de água em função da área do telhado ecológico, para a cidade de Fortaleza, CE.

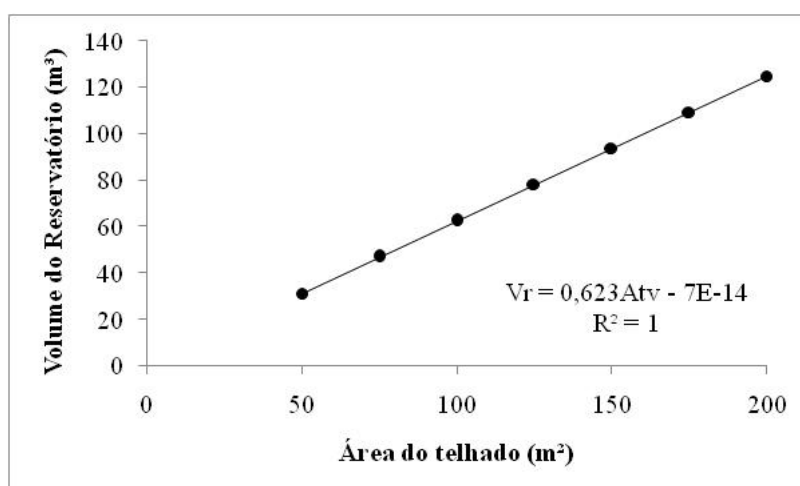


Figura 1. Variação do volume do reservatório em função da área do telhado ecológico.

## CONCLUSÃO

Na cidade de Fortaleza, CE a irrigação de telhados ecológicos não é comprometida pelo déficit de água, desde que se utilize um reservatório para armazenagem de todo o volume advindo do escoamento do telhado. O volume de excesso atende a 98,65% da demanda de água para irrigação do telhado. A área destinada à construção do reservatório, com altura dá lâmina d'água igual a 5 m, é de 12,5% da área do telhado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAM, Roberto Sabatella. *Princípios do Ecoedifício: Integração entre ecologia, consciência e edifício*. São Paulo: Aquariana, 2001. p. 67-72.

AGUIAR, M. J.N.; VIANA, T.V.A.; AGUIAR, J.V.; CRISÓSTOMO JUNIOR, R.R.; AQUINO, F.C.; BARRETO JUNIOR, J.H.C. Documentos 86. Dados Climáticos: Estação de Fortaleza, 2003. EMBRPA Agroindústria Tropical. Fortaleza, CE. 2003.

BRASIL. (1992). Departamento Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. *Normais Climatológicas*. Brasília, 84 p.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.

LENGEN, Johan van. *Manual do arquiteto descalço*. Porto Alegre: Livraria do Arquiteto; Rio de Janeiro: TIBÁ, 2004. p. 468-473.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. Instructions and tables for computing potencial evapotranspirations and the water balance. **Publications in Climatology**, Centerton, v.10, n.3, p.185-311, 1955.

## ANEXO

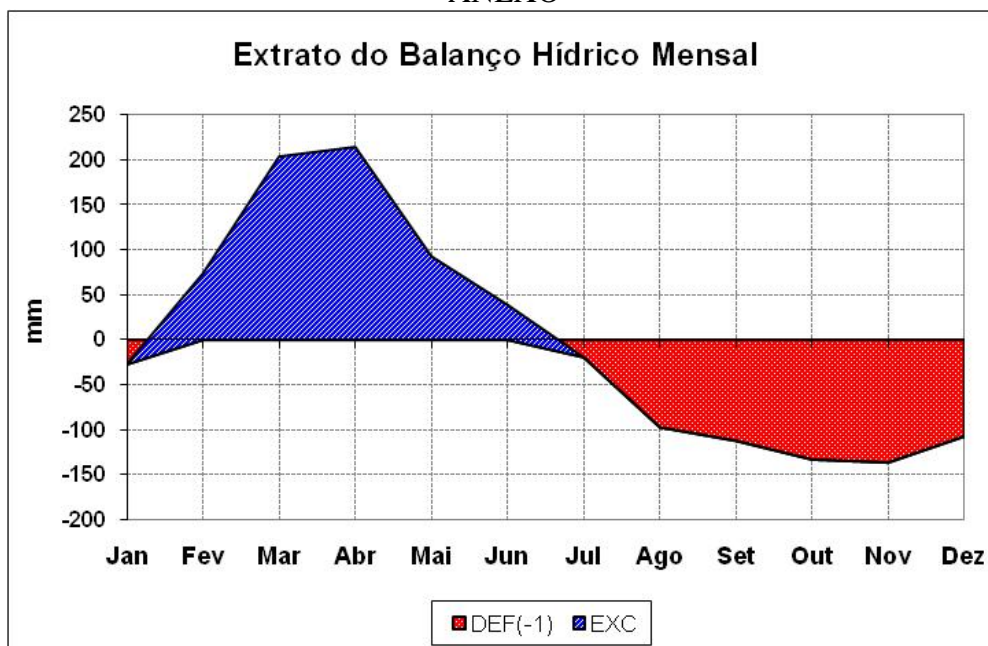


Figura 2. Balanço Hídrico Climatológico de THORNTHWAITE e MATHER (1955) para a região de Fortaleza, CE.