



POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DO EXCESSO DE ÁGUA DA CHUVA PARA IRRIGAÇÃO DE “TELHADOS ECOLÓGICOS” NA REGIÃO DE CUIABÁ, MT

Nathan Louzada Vieira¹, Tadeu Miranda De Queiroz², Minéia Cappellari Fagundes³, Rivanildo Dallacort⁴

¹Graduando do Curso de Engenharia de Produção Agroindustrial pela Universidade do Estado de Mato Grosso, UNEMAT, Barra do Bugres, MT, Fone: (65) 3361.1413, E-mail: (nathan_lv@hotmail.com.)

²Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor. Departamento de Engenharia de Produção Agroindustrial - Barra do Bugres, MT.

³Matemática, Prof. Mestre. Departamento de Matemática - Barra do Bugres, MT.

⁴Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor. Departamento de Agronomia - Tangará da Serra, MT.

Recebido em: 06/10/2012 – Aprovado em: 15/11/2012 – Publicado em: 30/11/2012

RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho analisar a disponibilidade Hídrica, avaliando a possibilidade da utilização do excesso da água a ser armazenado em um reservatório para irrigação de Telhados Ecológicos (jardins) no município de Cuiabá. O trabalho foi realizado utilizando uma série de dados históricos de 30 anos compreendidos no período de 1979 a 2009, disponibilizados pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Os valores de evapotranspiração foram obtidos pelo método de Penman-Monteith e o Balanço Hídrico Climatológico pelo método de Thornthwaite e Mather utilizando uma Capacidade de Água Disponível (CAD) de 12 mm. Foi estimado o volume e a área de um reservatório em função da área coletora de um telhado de 100 m², tal como o volume de água complementar para irrigação. Constatou-se que, o excesso armazenado não pode suprir totalmente o déficit de água, pois o mesmo pode atender somente a 73% do déficit hídrico anual havendo necessidade de suplementação. O volume estimado do reservatório para acumular o excesso de água foi de 31 m³ para uma altura de lâmina d'água igual a cinco metros. **PALAVRAS-CHAVE:** Balanço hídrico. Precipitação. Sustentabilidade.

POTENTIAL UTILIZATION OF EXCESS OF RAIN WATER FOR IRRIGATION OF “ECOLOGICAL ROOFS” IN THE REGION OF CUIABÁ, MT

ABSTRACT

The objective of this paper is to analyze the availability Hydro, evaluating the possibility of using excess water to be stored in a reservoir for irrigation Ecological roofs (gardens) in the city of Cuiabá. The study was conducted using a series of historical data of 30 years included in the period from 1979 to 2009, provided by INMET - National Institute of Meteorology. The evapotranspiration values were obtained by the Penman-Monteith and climatic water balance method of Thornthwaite and Mather using a Water Capacity Available (WCA) of 12 mm. Was estimated the volume and the area of a tank according to catch zone of 100 m² of roof, as additional volume of water for irrigation. It was found that the excess stored

cannot totally supply the deficit of water, because it can attend only 73% of the annual water deficit is no need for supplementation. The estimated volume of the reservoir to collect excess water was 31 m³ for a blade height of water equal to 5 m.

KEYWORDS: Water balance. Precipitation. Sustainability.

INTRODUÇÃO

As dificuldades de escassez hídrica, ligadas a má utilização da água potável que chega até as residências, aludem o estudo de fontes alternativas de suprimento para solução desses problemas.

O uso de Telhados Ecológicos conta com a desvantagem da necessidade de constante irrigação no período de estiagem. Em contrapartida a utilização do telhado verde contribui para a limpeza da água pluvial, redução da poluição, redução da emissão de carbono, intercepta parte da precipitação diminuindo o escoamento superficial, o que pode ser utilizado em larga escala, para diminuir o problema dos alagamentos que são comuns nas grandes cidades (CASTRO, citado por MELLO *et al.*, 2010). OBERNDORFER *et al.*, (2007), citam outra vantagem muito importante que é a redução da temperatura interna do ambiente construído, que torna ainda mais viável a utilização desse tipo de cobertura, considerando que o clima na região de Cuiabá é extremamente quente. Essa redução é possível, pois o mesmo funciona como um isolante térmico reduzindo o fluxo de calor através do telhado. Em um estudo Vecchia (2005), comparou a temperatura interna de módulos construtivos com diferentes telhados e observou que num dia de temperatura externa de 34°C, a temperatura máxima no interior do módulo de cobertura verde foi de 28,8°C, bem menor do que as encontradas para as demais coberturas: telha cerâmica (30,4°C), aço galvanizado (45°C), telha defibrocimento (31°C) e laje de concreto (34,7°C), evidenciando a eficiência de isolamento térmico deste tipo de cobertura.

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. Segundo CAMPOS & SILVA (2010) através do Balanço Hídrico (BH) é possível determinar as regiões que apresentam déficit ou excesso hídrico, utilizando variáveis como precipitação e evapotranspiração. SILVA *et al.*, (2006) afirmam que, “Balanços hídricos são importantes para acompanhar a dinâmica de água em ecossistemas agrícolas e naturais.

O Balanço Hídrico Climatológico (BHC) de THORNTHWAITE & MATHER (1955) é uma ferramenta importante utilizada para contabilizar o excesso e déficit hídrico. Para sua formulação são necessárias basicamente três informações: definir a capacidade de armazenamento de água no solo (CAD), a estimativa da evapotranspiração potencial de cada período e ter a medida da chuva total (PEREIRA, 2005). De acordo com NETO *et al.*, (2010), o BHC pode ser aplicado para classificação climática, definir o uso da terra e de práticas agrícolas, bem como estudos ambientais e caracterização hidrológica para gestão da água.

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a possibilidade da utilização do excesso hídrico para irrigação de Telhados Ecológicos (jardins) no município de Cuiabá, MT.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) no Campus Universitário Deputado Estadual “René Barbour”, em

Barra do Bugres/MT, região da Baixada Cuiabana, próximo à transição do cerrado com a amazônia legal.

O clima predominante na região de Cuiabá é do tipo tropical semi-úmido (classificação AW de Köppen), caracterizado pelas elevadas temperaturas, registrando média anual em torno de 25 °C a 32 °C e mínimas de 25 °C (OLIVEIRA *et al.*, 2009). Segundo dados do IBGE (2010), Cuiabá conta com uma população de 551.098 habitantes e área territorial igual 3.362,755 Km², localizada “na porção Centro-Sul do Estado de Mato Grosso, no limite ocidental dos domínios do Cerrado e próximo à borda leste do Pantanal Mato-grossense” de acordo com o supracitado autor.

Foram utilizados dados históricos disponibilizados pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, obtidos em uma série de 30 anos (1979 – 2009) que possui uma estação no município de Cuiabá, MT.

Foi utilizada uma Capacidade de Água Disponível (CAD) de 12 mm. De fato para planejamento agrícola utiliza-se uma CAD de 50 a 150 mm em função da profundidade efetiva do sistema radicular e da profundidade do solo (LEIVAS *et al.*, 2006; PORTELA *et al.*, 2008; HEINEMANN *et al.*, 2009). Contudo, como a técnica do Telhado Ecológico exige um substrato em camada delgada há necessidade de reduzir drasticamente este valor. Realizou-se o Balanço Hídrico climatológico considerando as médias trideias de temperatura e precipitação utilizando o método de THORNTHWAITE & MATHER (1955) com a Evapotranspiração de Penman-Monteith (MONTEITH, 1973) recomendado pela FAO (SMITH, 1991).

A Evapotranspiração de Penman-Monteith utilizado no BHC é uma estimativa da Evapotranspiração de referencia (ET₀) considerada igual a Evapotranspiração da alfafa ou da grama batatais (dois tipos de vegetação de referencia utilizada, sendo a segunda mais comum no Brasil). O trabalho considerou a utilização de grama como vegetação, principalmente por sua baixa necessidade de manutenção e resistência ao déficit hídrico, pois condições climáticas tais como chuva e temperatura, podem restringir a utilização de algumas espécies de plantas, por isso é sugerido que sejam utilizadas plantas nativas por causa da sua adaptação ao clima local (OBERNDORFER *et al.*, 2007).

Considerou-se como substrato suporte para a vegetação sobre o telhado, uma camada de solo de 8 cm de espessura, que esta dentro da faixa recomendada por Mello *et al.*, (2010) e CORMIER & PELLEGRINO (2008), que sugerem uma espessura entre os limites de 5 e 15 cm.

Foi considerada uma casa hipotética de 100 m² de Área de Telhado Ecológico (ATE), sendo o mesmo circundado por um sistema de calhas para coleta do escoamento pluvial. Com os valores de excesso (EXC) obtidos através do BHC, pode-se dimensionar o volume de um reservatório de acumulação para armazenar água para o período de déficit (DEF). O Volume do Reservatório foi obtido pela Equação 1.

$$VR = EXC * ATE \quad (1)$$

em que,

VR - volume do reservatório em L;

EXC – excesso extraído do BHC em mm = L.m⁻² e

ATE - área do Telhado Ecológico que contribui com o escoamento pluvial, em m².

Estimou-se também o Volume Suplementar de Água (VCA) para atender à

demanda do Telhado Ecológico durante o período de estiagem, nos casos em que o déficit for maior do que o excesso ou que não houver excesso. O VCA foi obtido pela Equação 2.

$$VCA = (EXC - DEF) * ATE \quad (2)$$

em que,

- VCA - volume complementar de água, em L;
- EXC - excesso extraído do BHC, em mm;
- DEF - déficit extraído do BHC, em mm e
- ATE - área do Telhado Ecológico, em m².

Considerou-se para o reservatório uma profundidade de 5 m a fim de evitar a cavitação da bomba e a variação excessiva da altura manométrica. Estimou-se o Diâmetro (D) do reservatório de seção circular e a Largura (L) do reservatório de seção quadrada juntamente com a área da superfície do reservatório.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são mostradas as médias de precipitação do município de Cuiabá, onde é possível observar um montante anual de chuvas de 1460 mm. O mês de menor média foi julho com precipitação igual a 14,67 mm e o de maior foi janeiro com 239,70 mm. CASARIN *et al.*, (2008) estudou a Bacia Hidrográfica Paraguai/Jauquara localizada no estado de Mato Grosso, encontrou média anual de precipitação de a 1280 mm para o município de Cáceres, região do pantanal mato-grossense. ALMEIDA *et al.*, (2011), em estudo realizado em Cuiabá, encontrou média anual de 1387,7 mm considerando 18 anos de dados pluviométricos, valores, que de certa forma estão próximos aos encontrados neste estudo levando em consideração a diferença no período estudado.



FIGURA 1. Médias de Precipitação de Cuiabá, MT.

Na Figura 2 é apresentado o Balanço Hídrico Climatológico obtido com os

dados históricos compreendidos em um período de 30 anos (1979 – 2009) para a cidade de Cuiabá, MT com dados médios de três dias.

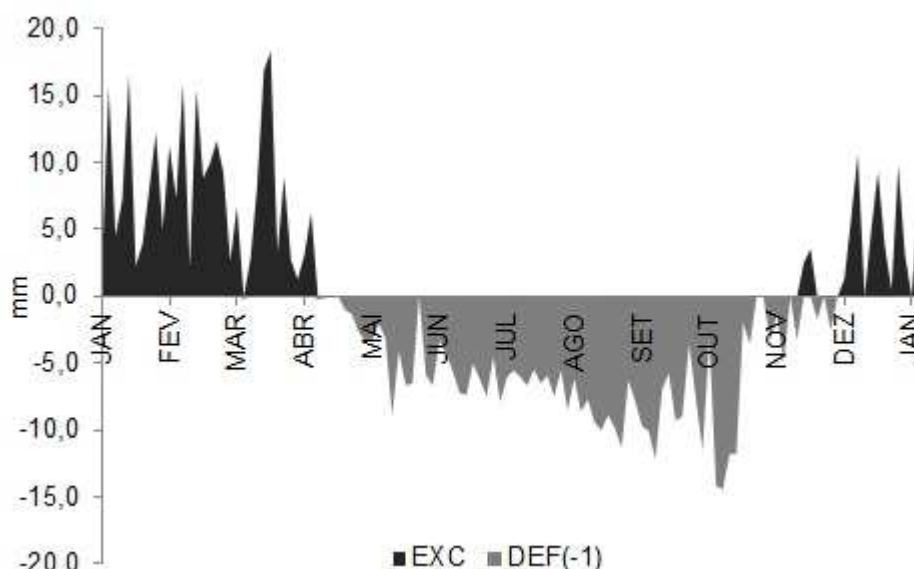


FIGURA 2. Balanço Hídrico Climatológico para o município de Cuiabá, MT.

Como mostrado na Figura 2 Cuiabá apresenta mais meses com déficit do que com excesso de água. O período de estiagem começa no dia 07 de abril e termina no dia 09 de novembro, com um déficit total de 428,55 mm, já as chuvas são concentradas principalmente no período que vai de novembro a abril com excesso de 312,79 mm. Em um estudo realizado por DAMIÃO *et al.*, (2010), na região de Ilha Solteira no Noroeste Paulista, onde a precipitação média é de 1354,2 mm, os autores também constataram através do BHC um déficit hídrico maior que o excesso, 442 e 290 mm respectivamente. FIETZ *et al.*, (2001), estudaram a probabilidade de ocorrência de déficit hídrico na região de Dourados localizada em Mato Grosso do Sul e constataram que de Abril a julho é prevista a ocorrência dos menores índices de déficit de água, sendo que de outubro a janeiro podem haver altos valores de deficiência hídrica mesmo com valores elevados de precipitação. Isso acontece devido a grande demanda evapotranspirativa e a distribuição irregular das chuvas nesses períodos. MARCUZZO & SILVEIRA (2010), em estudo feito para o ano de 2007 constataram que a região de Cuiabá apresentou deficiência hídrica entre os meses de maio e outubro, resultados condizentes com os encontrados neste trabalho. Os resultados obtidos com o BHC mostram que a capital Cuiabá apresenta duas estações bem definidas uma seca e outra chuvosa, fato este, marcante no Brasil. Através da Equação 3 Foi possível verificar a relação percentual entre o excesso e déficit.

$$NIS = \left[100 - \frac{(EXC+100)}{DEF} \right] \quad (3)$$

em que,

NIS - Necessidade de Irrigação Suplementar, em %;

EXC - excesso extraído do BHC, em mm e

DEF - déficit extraído do BHC, em mm.

Constatou-se que o excesso hídrico não é suficiente para suprir toda a

demanda de água no período de estiagem. Foi possível observar que a necessidade de irrigação suplementar é de 27%, logicamente o excesso pode suprir a aproximadamente 73% do déficit (considerando uma eficiência de armazenagem do excesso no reservatório de 100%).

Uma opção para solução desse problema seria o aproveitamento da água residuária de origem doméstica que tratada adequadamente pode ser uma alternativa viável para suprir essa deficiência, pois ela apresenta um grande potencial para sua utilização na agricultura levando em consideração que geralmente elas são ricas em nutrientes e principalmente o ponto de vista ambiental (AUGUSTO *et al.*, 2007; MEDEIROS *et al.*, 2008). Outra Alternativa seria realizar irrigação com déficit apenas para manter a planta viva no período de estiagem.

Considerando uma casa hipotética de 100 m² de área de telhado, o volume estimado do reservatório para acumular o excesso de água da chuva foi de 31 m³, com uma área de superfície igual a 6,3 m², a qual corresponde a 6,3% da área do telhado. Esse fato pode ser um fator limitante a utilização do reservatório, pois, requer uma área considerável para instalação e também pelo elevado custo da terra. Uma solução cabível seria diminuir a área da superfície do reservatório e aumentar a profundidade, mas essa decisão poderá gerar problemas para o sistema de bombeamento, como cavitação da bomba e excessiva variação da altura manométrica. Para um reservatório quadrado estimou-se uma largura de 2,5 m em relação à área da superfície do reservatório, e para um reservatório de seção circular um diâmetro de 2,81 m.

CONCLUSÃO

Conclui-se que, o excesso hídrico do município de Cuiabá não é suficiente para suprir totalmente a demanda de água no período de estiagem, o que pode comprometer a irrigação de Telhados Ecológicos. O volume de excesso armazenado pode atender a 73% do déficit, havendo assim necessidade de suplementação.

O volume estimado do reservatório para acumular o excesso de água da chuva foi de 31 m³ (para uma altura de lâmina d'água igual a 5 m), correspondendo a 6,3% da área de um telhado de 100 m².

AGRADECIMENTOS

A Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Mato Grosso – FAPEMAT.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. O. S.; AMORIM, R. S. S.; COUTO, E. G.; ELTZ, F. L. F.; BORGES, L. E. C. Potencial erosivo da chuva de Cuiabá, MT: Distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.15, n.2, p.178–184, 2011.

AUGUSTO, D. C. C.; GUERRINI, I. A.; ENGEL, V. L.; ROUSSEAU, G. X. Utilização de Águas Residuárias Provenientes do Tratamento Biológico de Esgotos Domésticos

na Produção de Mudas de *Eucalyptus Grandis* Hill. Ex. Maiden. **Revista Árvore**, v.31, n.4, p.745-751, 2007.

CAMPOS, C. R. J.; SILVA, M. V. Impacto de sistemas meteorológicos no regime hídrico do Rio Grande do Sul em 2006. **Revista Brasileira de Geofísica**, São Paulo, v.28, n.1, jan./mar. 2010.

CASARIN, R.; SILVA NEVES, S. M. A.; NEVES, R. J. Uso da Terra e qualidade da Água da Bacia Hidrográfica Paraguai/Jauquara. **Revista Geográfica Acadêmica**, Cáceres – MT, v.2, n.1, p. 33-42, 2008.

CASTRO, A.; GOLDENFUM, J. Uso de telhados verdes no controle quali-quantitativo do escoamento superficial urbano. 2008. *In*: MELLO, G.B.P.; COSTA, M.D.P.; ALBERTI, M.S.; FILHO, R.D.G.F. Estudo da implantação de um telhado verde na faculdade de Engenharia mecânica. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, São Paulo, v.6, n.2, dez. 2010.

CORMIER, N. S.; PELLEGRINO, P. R. M. Infra-estrutura verde: um a estratégia paisagística para a água urbana. **Paisagem ambiente: ensaios**, São Paulo, n. 25, p. 125 – 142, 2008.

DAMIÃO, J.O.; HERNANDEZ, F. B. T.; SANTOS, G. O.; ZOCOLER, J.L. Balanço Hídrico da Região de Ilha Solteira, Noroeste Paulista. *In*: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, XX., 2010, Uberaba – MG. **Anais...** Uberaba – MG, 2010.

FIETZ, C. R.; URCHEI, M. A.; FRIZZONE, J. A. Probabilidade de ocorrência de déficit hídrico na região de Dourados, MS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.3, p.558-562, 2001.

HEINEMANN, A. B.; ANDRADE, C. L. T.; GOMIDE, R. L.; AMORIM, A. O.; PAZ, R. L. Padrões de deficiência hídrica para a cultura de milho (safra normal e safrinha) no estado de Goiás e suas Conseqüências para o melhoramento genético. **Ciência e Agrotecnologia.**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1026-1033, jul./ago. 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 05 Setembro 2012.

LEIVAS, J. F.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Risco de deficiência hídrica decendial na metade sul do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, p.397–407, 2006.

MARCUZZO, F. F. N.; SILVEIRA, A. Balanço Hídrico de Cuiabá Utilizando Métodos de Estimativa de Evapotranspiração por Temperatura. *In*: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, X., 2010, Fortaleza – CE. **Anais...** Fortaleza – CE, 2010.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L.; SOUZA, J. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.109–115, 2008.

MELLO, G. B. P; COSTA, M. D. P; ALBERTI, M. S; FILHO, R. D. G. F. Estudo da implantação de um telhado verde na faculdade de Engenharia mecânica. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, São Paulo, v.6, n.2, dez. 2010. Disponível em: <<http://sistemas.ib.unicamp.br/be310>>. Acesso em: 05 Setembro 2012.

MONTEITH, J. L. *Principles of environmental physics*. Edward Arnold, London, 241p.1973.

NETO, D. D.; LIER, Q. J. V.; METSELAAR, K.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D. R. General procedure to initialize the cyclic soil water balance by the Thornthwaite and Mather method. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n.1, jan./fev. 2010

OBERNDORFER, E.; LUNDHOLM, J.; BASS, B.; COFFMAN, R. R.; DOSHI, H.; DUNNETT, N.; GAFFIN, S.; KÖHLER, M.; LIU, K. K. Y.; ROWE, B. Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. **BioScience**. v. 57, n.10, November 2007.

OLIVEIRA, A. S.; SANTOS, F. M. M.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; DURANTE, L. C.; NINCE, P. C. C. Análise da variação de temperatura e umidade em função das características de ocupação do solo em Cuiabá - MT. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p. 240-251, jan./abr. 2009.

PEREIRA, A.R. Simplificando o Balanço Hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.2, p.311-313, 2005.

PORTELA, G. L. F.; LIMA, M. G.; PADUA, L. E. M.; NETO, F. A. S.; MARTINS, A. B. G. Zoneamento agroclimático da cultura da mangueira o estado do Piauí. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 4, p. 1036-1039, Dezembro 2008.

SILVA, A.L.; ROVERATTI, R.; REICHARDT, K.; BACCHI, O.O.S.; TIMM, L.C.; BRUNO, I.P.; OLIVEIRA, J.C.M.; NETO,D.D. Variability of water balance components in a coffee crop in Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63 n. 2, mar./abr. 2006.

SMITH, M. Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements. Rome FAO, p. 45. 1991.

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

VECCHIA, F. Cobertura verde leve (CVL): ensaio experimental. In: **Anais - Encac – Elacac – 2005**. Maceió, 2005.