

BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO COMO SUBSÍDIO A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NO DISTRITO FEDERAL

Daris Correia dos Santos – E-mail: dariscorreia@gmail.com
José Ivaldo Barbosa de Brito – E-mail: ivladodc@gmail.com
Raimundo Mainar de Medeiros – E-mail: rmedeirosfs@yahoo.com.br

Resumo: O diagnóstico do balanço hídrico é um dos embasamentos para conhecer os efeitos antrópicos sobre o meio natural, disponibilidade hídrica e sustentabilidade ambiental. Seguindo estes passos o presente trabalho tem como objetivo avaliar a variabilidade do Balanço Hídrico Climatológico (BHC) nas últimas três décadas (1980-1989; 1990-1999 e 2000-2009) para o Distrito Federal e com isso verificar possíveis indícios de mudanças climáticas que possam ter ocorrido neste período. Para a elaboração do Balanço Hídrico usou-se o método de Thornthwaite & Mather (1948; 1955). Verificou-se que as variáveis do balanço hídrico, principalmente excedente e deficiência hídrica, apresentaram maior variabilidade interanual nas últimas décadas, decorrente da maior irregularidade entre máximos e mínimos das chuvas anuais. Diagnosticaram-se indícios de déficits já a partir dos meses de maio a setembro o que pode refletir na ocupação e consequente impermeabilização da superfície, onde o volume infiltrado diminui significativamente, resultando em um aumento do fluxo superficial total pela interceptação artificial.

Palavras-chave: Variabilidade Climática; Excedente hídrico; Déficit hídrico.

CLIMATIC WATER BALANCE ALLOWANCE AS ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN THE FEDERAL DISTRICT

Abstract: The diagnosis of the water balance is one of the emplacements to know the effects of human activities on the natural environment, water availability and environmental sustainability. Following these steps the present work aims to evaluate the variability of climatic water balance (BHC) in the last three decades (1980-1989, 1990-1999 and 2000-2009) for the Federal District and thereby check for possible signs of climate change that may have occurred during this period. For the preparation of the Water Balance used the method of Thornthwaite & Mather (1948, 1955). It was found that the variables of the water balance, especially surplus and water deficiency showed higher interannual variability in recent decades due to greater irregularity between maximum and minimum annual rainfall. Were diagnosed as evidence of deficits during the months from May to September which may reflect the occupation and subsequent sealing of the surface, where the infiltrated volume decreases significantly, resulting in an increase of the total surface flow by intercepting artificial.

Keywords: Climate Variability; Surplus water, water deficit.

1. INTRODUÇÃO

No processo de planejamento urbano, questões ambientais são importantes, pois ajuda na preservação dos recursos naturais e na capacidade do ambiente recuperar-se dos danos causados pela urbanização, além de proporcionar um bem-estar maior à população.

O planejamento hídrico é a base para se dimensionar qualquer forma de manejo integrado das águas, assim, o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) permite o conhecimento da necessidade e disponibilidade hídrica no solo ao longo do tempo. O BHC como unidade de gerenciamento, permite classificar o clima de uma região, realizar o zoneamento agroclimático e ambiental, o período de disponibilidade e necessidade hídrica no solo, além de favorecer ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos e também a viabilidade de implantação e monitoramento de sistemas de irrigação ou drenagem numa região (LIMA e SANTOS, 2009).

Nesta acepção, o BHC, desenvolvido por Thornthwaite & Mather (1948, 1955) é uma das ferramentas usadas para monitorar a variação do armazenamento de água no solo. Através

da contabilização do suprimento natural de água, pela chuva, e da demanda atmosférica, pela evapotranspiração potencial (ETP) e da capacidade de água disponível no solo (CAD) apropriada ao estudo, o balanço hídrico fornece estimativas da evapotranspiração potencial (ETP), deficiência hídrica (DEF), excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM), podendo ser elaborado desde a escala diária até a mensal (PEREIRA et al., 1997).

Todavia, Mendonça (2007) elucida que o sistema climático é formado por um conjunto de elementos altamente dinâmicos que interagem com os fatores geográficos do clima, existindo assim uma permanente troca de energia e interdependência.

De acordo com Monteiro (1976) o clima é dinâmico e interativo em caráter de conjunto, de síntese e de dinamismo (variabilidade e ritmo) e sua análise dinâmica é extremamente importante para a definição em mesoescala dos sistemas morfológicos, para a interpretação da dinâmica dos processos erosivos do meio ambiente e de outros aspectos.

Neste conjunto, o clima é algo de extremo valor que influencia diretamente os impactos regionais e pode ser considerado como um importante recurso natural. Em outras palavras o clima é, na realidade, um insumo natural extremamente vinculado aos processos físicos e com impactos diretos nas atividades socioeconômicas. Desta forma, a relação entre o clima e a organização do espaço vai depender do grau de desenvolvimento econômico e tecnológico de cada sociedade, em particular, e de quais atributos climáticos são mais relevantes em cada região ou local.

Desta forma, as questões ambientais vinculadas direta ou indiretamente ao clima demonstram a intensa vulnerabilidade da sociedade contemporânea em relação aos fenômenos da natureza e seus impactos (MENDONÇA, 2007).

Salienta-se ainda que, as mudanças climáticas determinadas por causas naturais são, regra geral, lentas, ocorrendo na escala de milhares de anos, ao passo que, as alterações produzidas pela ação antrópica manifestam-se em poucas décadas (CASSETI, 1994). Assim, o objetivo deste artigo é caracterizar a variabilidade dos elementos climáticos e verificar a variabilidade do balanço hídrico das últimas três décadas para o Distrito Federal em Brasília e com isso constatar possíveis indícios de mudanças climáticas que possam ter ocorrido neste período na Capital Federal.

1.1 Planejamento Hídrico no Meio Urbano

Nos últimos anos, a modernização levou a um crescimento das cidades, e com o aumento da urbanização, surgiram condições que vem provocando alterações no clima local, devido principalmente a construção de obras, como edificações, impermeabilização dos solos, desmatamento a ausência de planejamento urbano para melhoria no convívio entre ser humano e o meio ambiente, vem excluindo os elementos naturais, e induzindo o aparecimento de eventos extremos, que tem como consequências nas grandes cidades: inundações, alagamentos, enchentes, desmoronamentos, aumento de pragas, doenças e mortes (SANTOS 2007).

O balanço hídrico é uma primeira avaliação de uma região, que se determina a contabilização de água de uma determinada camada do solo onde se define os períodos secos (deficiência hídrica) e úmidos (excedente hídrico) de um determinado local (REICHARDT, 1990), assim, identificando as áreas onde as culturas e a indústria pode ser explorada com maior eficácia (BARRETO et al., 2009).

De acordo com Marengo (2011) outras problemáticas esperadas são as reduções dos índices pluviométricos que poderão atingir uma faixa de 60% dos valores mensais, com isto os reservatórios de armazenamento de águas ficarão obsoletos restringindo ainda mais a água potável para a sobrevivência humana e animal, também sofrerão mudanças à fauna e a flora, podendo algumas espécies entrar em extinção.

O clima é definido como sendo o conjunto de condições meteorológicas características do estado médio da atmosfera, em um dado ponto da superfície terrestre. Sant'anna Neto (2003) mostra que a interação da degradação no município com fatores de clima são dinâmicos como a variabilidade e mudanças climáticas que atuam de forma expressiva nos ambientes socioeconômico e físico. Sales (2003) atribui a degradação ambiental de Gilbués aos fatores topográfico, geológico, hidrológico, biológico e pedológico e que a erosão por influência hídrica é o fator de maior impacto na progressão dos processos de degradação. Entretanto, deve ser ressaltado que o clima da área de Gilbués é um dos fatores-chaves na degradação da área de Gilbués.

Lopes (2005) considera que as grandes variações na precipitação tornam os processos erosivos mais preocupantes, principalmente em lugares onde os solos são relativamente mais rasos e que, gradativamente, podem conduzir a um processo de desertificação.

Sant'anna Neto & Zavatini (2000) mostram que devido à dinâmica do clima é necessário à observação contínua de suas variáveis, umidade, temperatura e principalmente as chuvas, por um período de tempo relativamente longo (de 30 a 60 anos), de modo que se possa verificar a sua variabilidade e seu comportamento.

1.2 Caracterização da Área de Estudo

O clima do Distrito Federal é marcado pela forte sazonalidade, com dois períodos distintos bem caracterizados. O período entre maio e setembro é evidenciado pela baixa taxa de precipitação, baixa nebulosidade, alta evaporação, baixa umidade relativa diária (tendo sido registrados valores inferiores a 15%). O período entre outubro e abril apresenta padrões contrastantes ao de maio a setembro, sendo que os meses de dezembro a março concentram 47% da precipitação anual.

Segundo a classificação climática de Köppen (in CODEPLAN 1984), no Distrito Federal podem ocorrer, em função de variações de temperaturas médias (dos meses mais frios e mais quentes) e de altitude, climas do tipo: Tropical Aw, Tropical de Altitude Cwa e Tropical de Altitude Cwb.

A precipitação média anual é da ordem de 1500 mm, sendo que existe uma distribuição irregular, onde as menores alturas pluviométricas anuais ocorrem na porção leste e as taxas mais elevadas estão concentradas em dois pontos a NE e SE do Distrito Federal (BAPTISTA, 1998).

Estimativas de Coimbra (1987) mostram que cerca de 12% da precipitação total infiltram na zona vadosa efetivamente alcançando a zona saturada do aquífero. A evapotranspiração real fica em torno de 900 mm anuais, sendo que os meses de maio a setembro apresentam déficit hídrico, enquanto o período de outubro a abril apresenta superávit.

A vegetação e o solo do Distrito Federal se encontram alterados devido aos impactos ambientais decorrentes da urbanização.

Quanto à hidrogeologia, o DF é dominado por aquíferos fraturados e fissurocársticos recobertos por solos e rochas alteradas com características físicas e espessuras variáveis que em conjunto compõem sistemas aquíferos intergranulares (CATALBIANO, 2012). A ampla variabilidade de potencial dos aquíferos é consequência da grande variação da geologia, tipos de solos e geomorfologia locais (CAMPOS; GASPARG; GONÇALVES, 2007).

O planalto central onde o DF se localiza não apresenta grandes drenagens superficiais, sendo um divisor natural de águas (CALTABIANO, 2012). Essa característica concede às águas subterrâneas da região uma função estratégica na manutenção das vazões dos cursos de água superficiais e no abastecimento de núcleos rurais, urbanos e condomínios situados fora do sistema integrado de abastecimento da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal- CAESB (CAMPOS; GASPARG; GONÇALVES, 2007).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O Distrito Federal está localizado na região Centro-Oeste, ocupando o centro do Brasil e o centro-leste do Estado de Goiás (Figura 1). Sua área é de 5.789,16 km², equivalendo a 0,06% da superfície do país, apresentando como limites naturais o rio Descoberto, a oeste, e o rio Preto, a leste. Ao norte e ao sul, é limitado por linhas paralelas, que definem o quadrilátero correspondente à sua área (CODEPLAN, 2006).

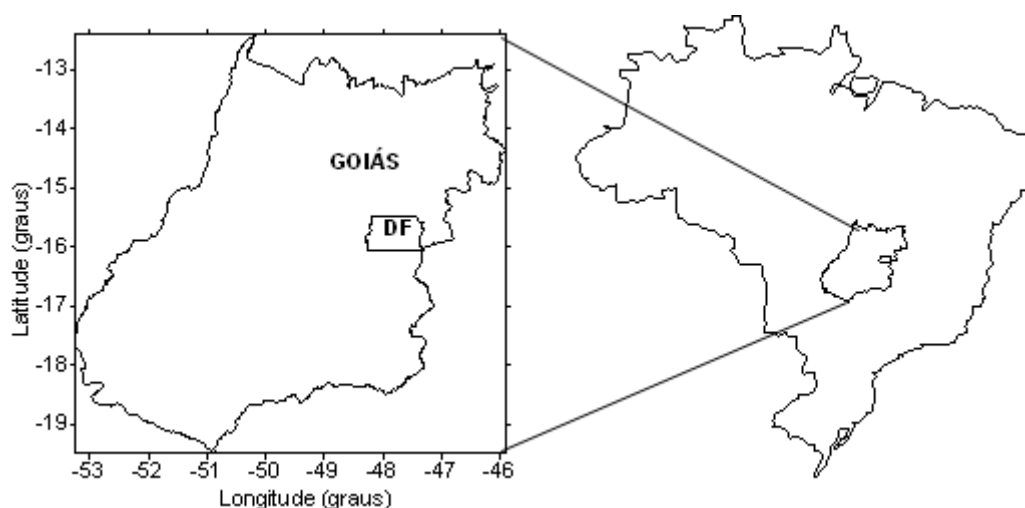


Figura 1: Localização do Distrito Federal no estado de Goiás e no Brasil

Para a caracterização climática foram utilizados dados climatológicos de precipitação total mensal e temperatura do ar média mensal. Para a elaboração do balanço hídrico da área estudada foi utilizado o método de Thornthwaite & Mather (1948; 1955).

Na análise do comportamento das distribuições dos dados meteorológicos mensais utilizou-se uma série de dados da estação meteorológica, Brasília - DF (OMM: 83377), latitude de -15,78°, longitude de -47,92° e altitude 1159,54m, para o período de 1980 a 2009.

Os dados meteorológicos mensais foram agrupados em três décadas distintas, quais sejam 1980 a 1989; 1990 a 1999 e 2000 a 2009 e posteriormente, utilizando-se do software e planilha de cálculo Excel, calculou-se os valores médios mensais de temperatura e precipitação total, necessários ao cálculo do Balanço Hídrico Climatológico. Assim, os dados das séries calculadas do Balanço Hídrico Climático, foram usados na classificação climática e na análise de indicativos de mudanças climáticas no Distrito Federal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra o resultado do balanço hídrico para as décadas de 1980 a 1989; 1990 a 1999 e 2000 a 2009. As variabilidades das deficiências hídricas para as décadas de 1980-1989 e a de 1990-1999 apresentaram deficiências médias reduzidas quando comparadas as décadas de 2000-2009. Destaca-se que para as três décadas estudadas a década de 1990-1999 ocorreu redução do excedente hídrico, fato atribuído à impermeabilização das áreas de recarga regionais, à má construção dos poços e à falta de conhecimentos específicos sobre as disponibilidades hídricas.

Tabela 1 – Resultado do balanço hídrico para o Distrito Federal - PB, onde DEF (Déficit) e EXC (Excedente)

ANOS BALANÇO	1980-1989		1990-1999		2000-2009	
	DEF (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	0,0	154,4	0,0	98,8	0,0	115,2
Fev	0,0	118,3	0,0	77,3	0,0	127,1
Mar	0,0	102,4	0,0	122,5	0,0	108,2
Abr	0,0	17,5	0,0	50,2	0,0	51,6
Mai	-7,3	0,0	-6,2	0,0	-12,1	0,0
Jun	-23,3	0,0	-24,9	0,0	-32,7	0,0
Jul	-37,5	0,0	-34,9	0,0	-45,1	0,0
Ago	-40,8	0,0	-49,9	0,0	-37,1	0,0
Set	-37,2	0,0	-37,8	0,0	-43,4	0,0
Out	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nov	0,0	77,8	0,0	115,0	0,0	72,5
Dez	0,0	139,6	0,0	113,8	0,0	154,7
Ano	-146,1	606,9	-153,8	577,6	-170,4	629,4

A Tabela 2 mostra os resultados do índice hídrico e de aridez, para as décadas de 1980 a 1989; 1990 a 1999 e 2000 a 2009. O índice de aridez apresenta um pequeno aumento na última década, porém a diferença entre os valores está dentro da margem de erro. Outra hipótese que pode ser levantada é que este indicativo climático pode estar direta ou indiretamente ligado a o processo de degradação ambiental e urbanização, uma vez que também foi observado aumento no índice hídrico da década de 1990-99 para a de 2000-09.

Tabela 2 – Resultados dos Índices hídricos e de aridez em Brasília-DF.

Anos	Índice hídrico	Índice de aridez
1980-1989	0,52	0,15
1990-1999	0,48	0,15
2000-2009	0,51	0,16

A Tabela 3 apresenta os valores médios da precipitação climatológica, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real para as três décadas estudadas. A variabilidade espaço temporal ocorrido entre as décadas estudadas apresentam deficiência hídrica de maio a setembro e excedente hídrico de outubro a abril. Conforme resultados encontrados por Campos (2004) a evapotranspiração real ficam em torno de 900 mm anuais, sendo que os meses de maio a setembro apresentam déficit hídrico, enquanto o período de outubro a abril apresenta superávit.

Tabela 3. Representações dos valores médios da precipitação climatológica, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real para as três décadas estudadas – Distrito Federal-GO.

Meses	1980-1989			1990-1999			2000-2009		
	Prec	ETP	ETR	Prec	ETP	ETR	Prec	ETP	ETR
Jan	247,5	93,1	93,1	194,5	95,8	95,75	213,5	98,4	98,4
Fev	207,3	89,0	89,0	166,4	89,1	89,06	217,8	90,7	90,7
Mar	197,4	95,0	95,0	217,8	95,3	95,32	203,8	95,5	95,5
Abr	101,1	83,6	83,6	136,6	86,3	86,34	138,2	86,6	86,6
Mai	34,0	75,0	67,6	35,3	72,7	66,50	19,6	73,2	61,0
Jun	9,8	58,9	35,6	5,4	58,8	33,84	1,6	60,2	27,5
Jul	5,7	60,4	22,9	9,9	61,0	26,07	3,2	63,0	17,9
Ago	24,8	74,9	34,1	13,1	74,1	24,19	34,2	77,6	40,5
Set	47,4	89,5	52,3	48,6	91,0	53,18	46,2	94,0	50,6
Out	163,1	96,0	96,0	136,3	102,2	102,15	158,5	107,8	107,8
Nov	193,1	91,7	91,7	266,0	93,7	93,74	210,4	95,9	95,9
Dez	233,9	94,3	94,3	211,1	97,3	97,27	254,6	99,9	99,9
Ano	1465,1	1001,4	855,2	1441,0	1017,3	863,4	1501,6	1042,8	872,3

No balanço geral entre excedente, retirada e reposição hídrica ao longo das décadas estudadas, nota-se irregularidade entre máximos e mínimos mostrando uma maior irregularidade das chuvas nas últimas décadas. A precipitação média anual é da ordem de 1500 mm, sendo que existe uma distribuição irregular, onde as menores chuvas anuais ocorrem na porção leste e as taxas mais elevadas estão concentradas em dois pontos a NW e SW do Distrito Federal (Baptista 1998).

Segundo Campos (2004) a partir da segunda metade da década de 80, com o advento e a expansão dos condomínios e a ampliação de núcleos urbanos consolidados, a água subterrânea passou a desempenhar um papel de maior importância no abastecimento público. Nesse contexto, a gestão adequada desses recursos deve direcionar os tipos de uso e ocupação do solo, além de auxiliar no planejamento da expansão dos núcleos urbanos e regiões em função modelo de ocupação do solo adotado.

Enquanto isso, passamos a ter indícios de déficits já a partir dos meses de maio a setembro, como foi observado nas Figuras 2(a), (b), (c) e (d), o que pode refletir na ocupação e consequente impermeabilização da superfície, onde o volume infiltrado diminui significativamente, resultando em um aumento do fluxo superficial total pela interceptação artificial. Assim como na Tabela 1 os valores do excedente hídrico também são nitidamente observados no gráfico do balanço hídrico mensal, nota-se que o abrandamento do excedente hídrico fica mais facilmente detectado na década de 1990-1999, Figura 2(b).

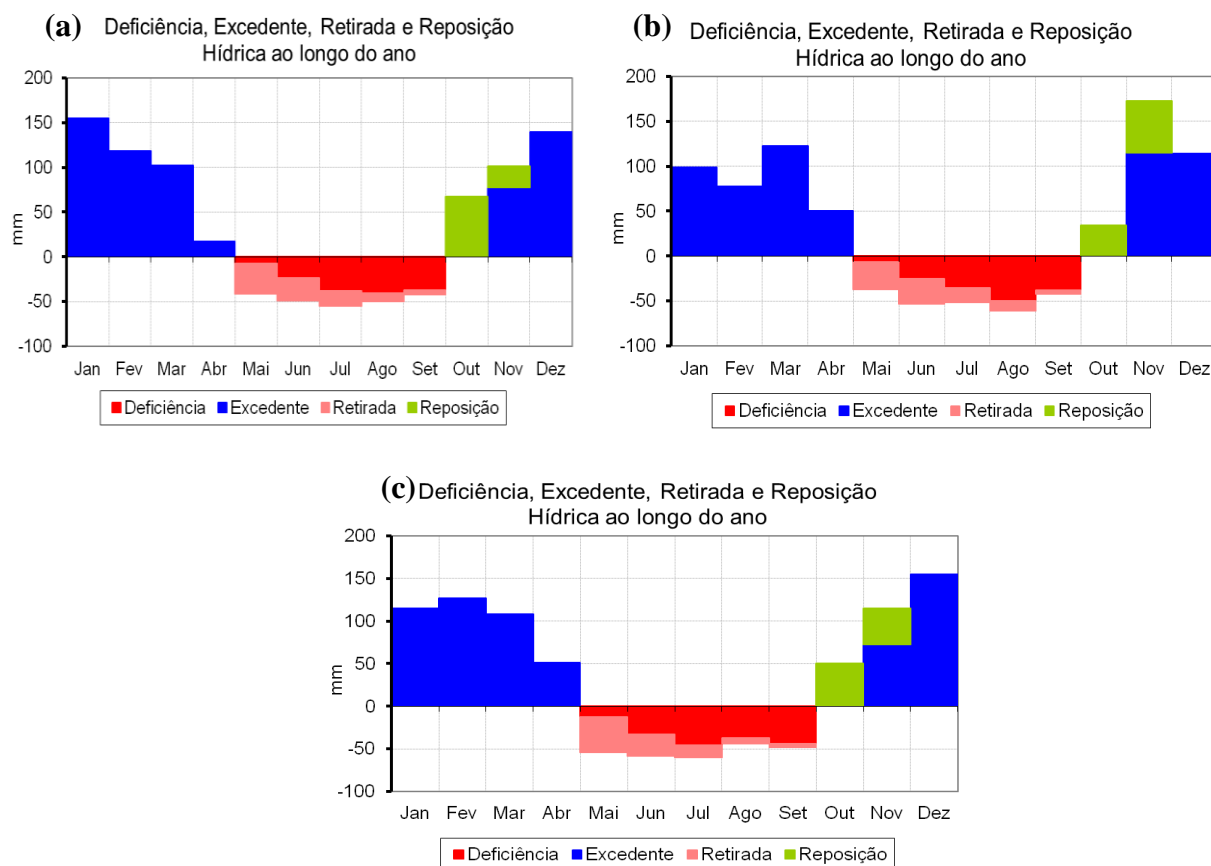


Figura 2 – Balanço hídrico mensal no Distrito Federal, para as décadas de 1980 a 1989 (a); 1990 a 1999 (b) e 2000 a 2009 (c).

4. CONCLUSÕES

Independente das causas que estejam impactando ou alterando a variabilidade climática efetuou-se o BHC com os valores obtidos dos dados históricos de precipitação pluviométrica e temperatura do ar no período de 1980 a 2009 e com estes dados médios objetivou-se identificar possíveis indicativos de mudanças climáticas no Distrito Federal. Assim, de acordo com a análise dos dados, a metodologia proposta espera contribuir para a resolução de problemas ligados à gestão dos recursos hídricos, de forma a elevar o potencial do uso, compensando a diminuição causada pela interceptação artificial.

De acordo com a análise dos dados, observa-se que ocorreu aumento do déficit hídrico e diminuição no excedente. Este fato deve-se a impermeabilidade do solo, tanto pelas construções quanto pelas pavimentações. O crescimento caótico e sem planejamento das áreas urbanas com a implantação de ruas e edificações gera mudanças no clima através das alterações em sua superfície, causando a diminuição de infiltração de águas das chuvas no solo, redução da umidade, modificações nos fluxos de ventos e a destruição da vegetação natural.

Vale salientar que estudos mais aprofundados devem ser realizados buscando avaliar as concretas causas e impactos sobre o clima da região. O monitoramento é também importante para somar informações sobre a eficiência dos sistemas de gestão e planejamento, bem como de outros que por ventura possam ser implantados, de forma a agregar dados sobre o planejamento dos recursos hídricos local e regional.

Nesse sentido, o método proposto por Thornthwaite & Mather (1955) se mostrou satisfatório, podendo ser empregado para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, preservação dos recursos naturais e capacidade do ambiente recuperar-se dos danos causados pela urbanização.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS

- BAPTISTA G.M.M.** 1998. *Caracterização climatológica do Distrito Federal. In: IEMA/SEMATEC/UnB, Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal.* Brasília.. Vol. 1,187-208p.
- BARRETO, P. N.; SILVA R. B. C.; SOUZA, W. S.; COSTA, G. B.; NUNES, H. G. G. C.; SOUSA, B. S. B.** *Análise do balanço hídrico durante eventos extremos para áreas de floresta tropical de terra firme da Amazônia Oriental.* In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, Belo Horizonte. Anais Belo Horizonte. CD-ROM. 2009.
- CALTABIANO, M. E..** *Recarga artificial de aquíferos: proposta para o núcleo rural Lago Oeste, DF– 2012.* 107f. ; il.: Dissertação (mestrado) – Universidade Católica de Brasília, 2012.
- CAMPOS, J.E.G.; GASPAR, M.T.P.; GONÇALVES, T.D..***Gestão de recursos hídricos subterrâneos no DF: diretrizes, legislação, critérios técnicos, sistema de informações geográficas e operacionalização.* Brasília: ADASA, 2007.
- CAMPOS, J. E. G..** *Hidrogeologia do Distrito Federal: bases para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos.* Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 34, n.1, p. 41-48, 2004.
- CASSETI, V.** *Elementos de Geomorfologia.* Goiânia: Editora da UFG, 1994.
- CODEPLAN 1984.** *Atlas do Distrito Federal.* Brasília. Secretaria de Educação e Cultura/CODEPLAN. v. 1. 78p.
- LIMA, F. B.; SANTOS, G. O.** *Balanço hídrico-espacial da cultura para o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Noroeste do Estado de São Paulo.* 89 f. Monografia. Fundação Educacional de Fernandópolis, Fernandópolis - SP, 2009.
- LOPES, H.L.** *Modelagem de parâmetros biofísicos para avaliação de risco à desertificação.* 101p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Pernambuco. 2005.
- MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; CHOU, S. C; TOMASELLA; J.; SAMPAIO, G.; ALVES L. M.; OBREGON, G. O.; SOARES, W. R.; BETTS. R.; GILLIN, K.** *Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil Análise conjunta Brasil - Reino Unidos sobre os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento na Amazônia.* 56p. 2011.
- MENDONÇA, F; OLIVEIRA, I. M. D.** *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.* São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2007.
- MONTEIRO, C. A de F.** *Teoria e clima urbano.* IGEG-USP. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências, série Teses e Monografias, n. 25, São Paulo, 1976.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. *Evapo(transpi)ração*. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

REICHARDT, K. *A água em sistemas agrícolas*. Barueri (SP): Manole, 1990.

SALES, Marta C. L. *Degradação Ambiental em Gilbués, Piauí*. Revista Mercator, Fortaleza, 02, 04, 115-124. 2003.

SANTOS, J. A. DOS. *Análise dos riscos ambientais relacionados às enchentes e deslizamentos na favela São José, João Pessoa – PB*. 122p. Dissertação (Mestrado em Geografia). PPGG, Universidade Federal da Paraíba. 2007.

SANT'ANNA NETO, J.L. *Da complexidade física do universo ao cotidiano da sociedade: mudança, variabilidade e ritmo climático*. Revista Terra Livre, v. 1, n. 20, p. 51- 63. 2003.

SANT'ANNA NETO, JOÃO L.; ZAVATINNI, JOÃO. A. *Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas*. Maringá: Eduem, 2000.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. *The water balance*. Publication in Climatology N° 8, Laboratory of Climatology, Centerton, N.J. 1955.

THORNTHWAITE, C.W. *An approach towards a rational classification of climate*. Geographical Review, London, v.38, p.55-94, 1948.