

AVALIAÇÃO DO MÉTODO DE BUDYKO PARA RIOS DA BAHIA E DA BACIA DO ATLÂNTICO LESTE

Carolina de Andrade Penalber¹, Fernando Genz² & Asher Kiperstok³

Resumo – A aplicação de modelos simplificados de balanço hídrico é interessante no caso da avaliação dos impactos causados pelas mudanças climáticas sobre uma bacia hidrográfica a partir de cenários futuros do clima. Este artigo avalia o uso do método de Budyko e a equação de Fu, baseada em suas hipóteses, de maneira a comparar com outro método utilizado nas bacias hidrográficas da Bahia e Atlântico Leste. O valor do parâmetro w da equação de Fu foi ajustado para cada posto fluviométrico. Para a verificação do método foi adotado um w médio para a região analisada em comparação com dois w médios diferentes do primeiro a partir da divisão das bacias em duas áreas. Embora o erro relativo médio obtido para a região em estudo tenha sido pequeno (6%), ao dividi-la em duas grandes áreas o erro resultou menor, estando 84 % dos postos dentro do intervalo de $\pm 10\%$ de erro relativo. A estimativa do balanço hídrico simplificado com o método de Budyko apresentou os erros relativos bem menores que estudos anteriores.

Palavras-Chave – Budyko, balanço hídrico, modelo hidrológico.

BUUDYKO METHOD ASSESMENT FOR BAHIA'S RIVERS AND EAST ATLANTIC BASIN

Abstract – The application of simplified water balance models is interesting in case of climate change impacts assessment on a catchment from future climate scenarios. This article evaluates the use of the Budyko method and Fu equation, based on Budyko's assumptions; in order to compare a method previously tested in Bahia and Atlantic Eastern basin. The Fu's parameter w was adjusted for each fluviometric station. In order to validate the method, it was adopted a mean w for the region analyzed in comparison with two different a mean w from the division of the catchments into two areas. Although the mean relative error obtained for the area was small (6%), when the region was divided into two areas the resulted error was lower, being 84% of the stations within the range of $\pm 10\%$ relative error. The estimate of the simplified water balance in the river catchments of the state of Bahia and the Atlantic Eastern basin realized with the Budyko's method showed errors much smaller than those of previous studies.

Keywords – Budyko, water balance, hydrological model.

INTRODUÇÃO

A busca de estabelecer a relação de como as características do clima e da bacia afeta o equilíbrio ou o balanço hídrico a longo-prazo não é recente, sendo bastante conhecida aquela desenvolvida por Budyko (1958). Parte-se do pressuposto que na escala de média anual os fatores climáticos como precipitação e evapotranspiração potencial são os principais controladores do

¹ Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental; bolsista Fundação Escola Politécnica; carolpenalber@gmail.com.

² Pesquisador da FAPESB; doutor associado ao Departamento de Engenharia Sanitária da Escola Politécnica da UFBA; professor colaborador do Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento (MAASA). fgenz@pq.cnpq.br.

³ Professor Doutor do Departamento de Engenharia Sanitária da Escola Politécnica da UFBA; asher@ufba.br.

balanço hídrico e a inclusão desses dois fatores pode ser suficiente para muitas finalidades (Zhang et al., 2005).

A aplicação de modelos simplificados de balanço hídrico é interessante no caso da avaliação dos impactos causados pelas mudanças climáticas sobre uma bacia hidrográfica a partir de cenários futuros do clima. Numa etapa inicial é necessário verificar o desempenho do modelo pela simulação com dados observados do tempo presente.

Otsuki et al. (2012) usou a equação de Fu, baseada nas hipóteses de Budyko, para estimar séries anuais de vazão em 16 bacias do Ceará. Nesse estudo, foi observado que a utilização de um valor médio de w para toda a região produzia resultados inadequados, sendo necessário observar a variação desse parâmetro na região, fazendo a divisão do estado em duas regiões, e consequentemente dois valores de w : Norte e Sul. Os resultados para a região Sul não foram tão bons quanto os da região Norte, sendo necessária a construção de um modelo regional de w .

Ramos e Genz (2012) buscaram validar um método simples de estimativa do escoamento superficial proposto por Gardner (2009) para bacias hidrográficas do estado da Bahia e outras da bacia do Atlântico Leste. Os erros relativos obtidos da comparação dos dados calculados com aqueles observados foram significativos e a recomendação dos autores foi que o método deveria ser aplicado com muita cautela.

No presente trabalho buscou-se avaliar o método proposto por Budyko (1958) e modificado por Fu (1981) para as mesmas bacias trabalhadas por Ramos e Genz (2012).

METODOLOGIA

O método proposto por Fu (1981), a partir de Budyko (1958), assume que o equilíbrio do balanço hídrico é controlado pela disponibilidade de água e pela demanda atmosférica (Zhang et al., 2005). Assim, a equação proposta por Fu (1981) é dada por:

$$\frac{E}{P} = 1 + \frac{E_0}{P} - \left[1 + \left(\frac{E_0}{P} \right)^w \right]^{\frac{1}{w}} \quad (1)$$

A equação 1 relaciona evapotranspiração real (E) e evapotranspiração potencial (E_0) com precipitação média (P), para cada posto, levando em consideração o parâmetro w . O parâmetro w está associado às características da bacia relacionadas com o processo de repartição da chuva em evaporação e vazão, como percentual da área com certa vegetação e capacidade de armazenamento no solo (umidade do solo).

A equação de Fu (1981) respeita os limites de umidade abundante e extrema aridez, considerando-os como condições de contorno. Além disso, as análises devem ser feitas para escalas de tempo relativamente longas, de maneira que seja possível desprezar as variações de armazenamento de água de uma bacia.

Para utilizar a equação 1 foi necessário calcular a evapotranspiração real, a partir da diferença entre os dados da precipitação média e a lâmina de escoamento observado ($E = P - Q$). Esta relação é conhecida como o estado de “equilíbrio” ou “permanente” do balanço hídrico.

Assim, com base na equação 1 o parâmetro w foi ajustado para os valores de E/P calculados com base nos dados observados.

Os valores médios anuais da lâmina de escoamento e de precipitação observada, de evapotranspiração potencial foram calculados por Ramos e Genz (2012). Os dados referentes à temperatura do ar e precipitação média mensal, com resolução espacial de 0,5 grau (New et al., 1999), foram resumidos para valores anuais por Ramos e Genz (2012).

O período adotado para análise em questão vai de 1961 a 1990. Esse é o intervalo de tempo utilizado como referência nos estudos de mudanças climáticas realizados e apresentados pelo IPCC.

Os postos fluviométricos utilizados neste estudo são aqueles mesmos que foram apresentados por Ramos e Genz (2012), bem como os valores de temperatura, evapotranspiração potencial e precipitação média anual.

Os valores de w ajustados para cada estação foram obtidos através do recurso “Atingir meta” do Excel, com o qual conhecendo o valor de E/P , pode-se obter pela fórmula de Budyko o valor de w necessário para que E/P calculado fosse igualado ao observado.

A avaliação do desempenho do método em análise foi feito através da determinação do erro relativo de E/P .

RESULTADOS

Os valores de E , E/P com base em dados observados e os valores do parâmetro w ajustado para cada posto nas bacias hidrográficas em estudo são apresentados na Tabela 1. Os códigos dos postos correspondem àqueles definidos no trabalho de Ramos e Genz (2012).

Tabela 1. Valores de E , E/P , Eo/P e w ajustado para cada posto e os erros relativos de $w_{\text{médio}}$ e $w_{\text{áreas}}$.

| Bacia ou Região de planejamento | Código | E | E/P | Eo/P | w ajustado | Erro relativo $w_{\text{médio}}$ | Erro relativo $w_{\text{áreas}}$ |
|---|----------|--------|-------|--------|--------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Rio Paramirim | 46295000 | 702,0 | 0,970 | 2,691 | 3,3 | -4,3 | -1,4 |
| Rio Verde e Jacaré | 47249000 | 637,1 | 0,981 | 3,040 | 3,45 | -4,1 | -1,6 |
| Rio Salitre | 47900000 | 849,6 | 0,997 | 2,395 | 5,94 | -8,3 | -5,3 |
| Margem Direita do Sub-Médio São Francisco | 48070000 | 612,0 | 0,986 | 3,410 | 3,42 | -3,5 | -1,4 |
| Rio das Contas | 52090000 | 636,6 | 0,872 | 2,669 | 2,24 | 6,4 | 9,5 |
| | 52270000 | 657,6 | 0,939 | 2,863 | 2,70 | -0,4 | 2,3 |
| | 52370000 | 749,2 | 0,955 | 2,438 | 3,18 | -4,0 | -0,9 |
| | 52570000 | 721,7 | 0,958 | 2,617 | 3,10 | -3,4 | -0,5 |
| | 52680000 | 768,6 | 0,956 | 2,460 | 3,18 | -4,0 | -0,9 |
| | 52695000 | 766,3 | 0,939 | 2,425 | 2,92 | -2,5 | 0,7 |
| | 52790000 | 1199,6 | 0,835 | 1,426 | 2,84 | -2,8 | 2,3 |
| Rio Grande | 46550000 | 1055,9 | 0,885 | 1,737 | 2,88 | -2,9 | 1,5 |
| | 46790000 | 1078,2 | 0,839 | 1,647 | 2,59 | 0,9 | 5,7 |
| | 46830000 | 1078,5 | 0,871 | 1,721 | 2,77 | -1,6 | 2,9 |
| | 46902000 | 1027,8 | 0,890 | 1,833 | 2,84 | -2,3 | 1,9 |

| Bacia ou Região de planejamento | Código | E | E/P | Eo/P | w ajustado | Erro relativo W _{médio} | Erro relativo W _{áreas} |
|---------------------------------|-------------|----------|-------|-------|------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Rio Vaza Barris e Real | 50150000 | 626,7 | 0,982 | 3,326 | 3,31 | -3,3 | -1,1 |
| | 50290000 | 1022,9 | 0,904 | 1,936 | 2,88 | -2,6 | 1,4 |
| | 50191000 | 758,0 | 0,965 | 2,743 | 3,18 | -3,6 | -0,8 |
| Rio Itapicuru | 50465000 | 728,0 | 0,934 | 2,711 | 2,72 | -0,5 | 2,4 |
| | 50520000 | 711,9 | 0,960 | 2,870 | 3,00 | -2,6 | 0,1 |
| | 50540000 | 719,3 | 0,956 | 2,830 | 2,96 | -2,3 | 0,4 |
| Rio Itapicuru | 50595000 | 783,8 | 0,965 | 2,636 | 3,24 | -4,0 | -1,2 |
| | 50620000 | 1154,7 | 0,976 | 1,818 | 4,65 | -11,0 | -7,2 |
| | 50720000 | 1119,6 | 0,958 | 1,818 | 3,94 | -9,3 | -5,4 |
| Reconcavo Norte e Inhambupe | 50730000 | 1298,3 | 0,942 | 1,562 | 4,10 | -11,3 | -7,0 |
| | 50740000 | 1356,4 | 0,877 | 1,408 | 3,33 | -7,8 | -3,0 |
| | 50755000 | 1348,5 | 0,905 | 1,456 | 3,62 | -9,7 | -5,1 |
| | 50795000 | 1348,7 | 0,853 | 1,377 | 3,10 | -5,9 | -0,9 |
| | 50820000 | 1503,1 | 0,767 | 1,141 | 2,82 | -2,6 | 2,9 |
| | 50840000 | 1477,9 | 0,750 | 1,135 | 2,70 | -0,7 | 4,9 |
| Rio Paraguaçu | 51240000 | 651,4 | 0,827 | 2,501 | 2,08 | 11,2 | 14,7 |
| | 51350000 | 734,6 | 0,908 | 2,503 | 2,55 | 1,3 | 4,5 |
| | 51460000 | 876,1 | 0,963 | 2,317 | 3,40 | -5,6 | -2,3 |
| Reconcavo Sul | 51560000 | 1207,7 | 0,830 | 1,481 | 2,72 | -1,0 | 4,0 |
| | 51650000 | 969,8 | 0,931 | 1,948 | 3,22 | -5,4 | -1,5 |
| | 51685000 | 967,7 | 0,922 | 1,933 | 3,09 | -4,5 | -0,6 |
| | 51750000 | 769,1 | 0,542 | 1,489 | 1,59 | 52,0 | 59,7 |
| | 51795000 | 941,8 | 0,625 | 1,414 | 1,82 | 29,5 | 36,2 |
| | 51870000 | 785,7 | 0,631 | 1,676 | 1,73 | 34,8 | 41,1 |
| Reconcavo Sul | 51890000 | 949,6 | 0,674 | 1,494 | 1,92 | 22,2 | 28,4 |
| | 53050000 | 1388,2 | 0,770 | 1,173 | 2,77 | -1,9 | 3,6 |
| | 53170000 | 1366,3 | 0,864 | 1,322 | 3,38 | -8,5 | -3,6 |
| Região Leste | 53180000 | 1384,2 | 0,874 | 1,319 | 3,52 | -9,5 | -4,7 |
| | 53620000 | 754,7 | 0,925 | 2,414 | 2,77 | -1,1 | 2,2 |
| | 53630000 | 775,9 | 0,946 | 2,380 | 3,06 | -3,5 | -0,2 |
| Rio Pardo | 53650000 | 782,3 | 0,945 | 2,356 | 3,06 | -3,5 | -0,2 |
| | 53690000 | 837,5 | 0,922 | 2,168 | 2,88 | -2,5 | 1,1 |
| | 53780000 | 955,8 | 0,859 | 1,820 | 2,58 | 1,1 | 5,5 |
| | 53880000 | 889,8 | 0,923 | 2,053 | 2,99 | -3,5 | 0,2 |
| | 53950000 | 908,6 | 0,917 | 2,004 | 2,96 | -3,4 | 0,5 |
| | Extremo Sul | 55170000 | 960,9 | 0,752 | 1,655 | 2,12 | 12,8 |
| 55340000 | | 941,2 | 0,756 | 1,680 | 2,12 | 12,7 | -1,6 |
| 55360000 | | 686,5 | 0,558 | 1,709 | 1,21 | 53,4 | 34,1 |
| 55460000 | | 935,7 | 0,831 | 1,834 | 2,39 | 4,7 | -8,0 |
| 55490000 | | 919,1 | 0,789 | 1,784 | 2,20 | 9,5 | -4,0 |
| Rio Carinhanha | 45131000 | 800,8 | 0,687 | 1,778 | 1,84 | 25,7 | 10,2 |
| | 45220000 | 830,4 | 0,818 | 2,107 | 2,18 | 9,4 | -3,0 |
| | 45260000 | 781,4 | 0,719 | 1,936 | 1,88 | 22,4 | 7,9 |
| Rio Corrente | 45170001 | 721,7 | 0,658 | 1,910 | 1,72 | 33,4 | 17,5 |
| | 45590000 | 917,5 | 0,760 | 1,705 | 2,12 | 12,5 | -1,6 |
| | 45740001 | 966,3 | 0,855 | 1,836 | 2,52 | 1,7 | -10,6 |
| | 45770000 | 859,3 | 0,713 | 1,711 | 1,95 | 20,0 | 4,9 |

| Bacia ou Região de planejamento | Código | E | E/P | Eo/P | w ajustado | Erro relativo W _{médio} | Erro relativo W _{áreas} |
|---------------------------------|----------|-------|-------|-------|------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | 45840000 | 769,7 | 0,659 | 1,768 | 1,75 | 30,9 | 14,7 |
| | 45880000 | 810,0 | 0,727 | 1,868 | 1,92 | 20,2 | 5,7 |
| | 45910001 | 890,6 | 0,782 | 1,821 | 2,15 | 11,1 | -2,4 |
| | 45960001 | 885,2 | 0,786 | 1,847 | 2,16 | 10,8 | -2,6 |
| Rio Jequitinhonha | 54150000 | 773,5 | 0,712 | 1,750 | 1,93 | 20,9 | 5,9 |
| | 54230000 | 876,6 | 0,736 | 1,552 | 2,12 | 13,2 | -1,6 |
| | 54300000 | 812,0 | 0,795 | 1,862 | 2,19 | 9,8 | -3,5 |
| | 54390000 | 839,8 | 0,784 | 1,760 | 2,19 | 10,0 | -3,7 |
| | 54500000 | 833,8 | 0,804 | 1,823 | 2,25 | 8,0 | -5,2 |
| | 54580000 | 798,2 | 0,796 | 1,922 | 2,16 | 10,4 | -2,7 |
| | 54710000 | 786,3 | 0,791 | 1,943 | 2,13 | 11,4 | -1,8 |
| | 54780000 | 795,2 | 0,801 | 1,960 | 2,17 | 10,2 | -2,8 |
| | 54950000 | 800,8 | 0,788 | 1,925 | 2,12 | 11,5 | -1,7 |
| Rio Mucuri | 55610000 | 869,6 | 0,812 | 1,843 | 2,29 | 7,3 | -5,8 |
| | 55630000 | 661,2 | 0,635 | 1,915 | 1,67 | 38,4 | 21,9 |
| | 55699998 | 652,1 | 0,614 | 1,899 | 1,63 | 42,8 | 25,7 |
| | 55800005 | 926,8 | 0,845 | 1,815 | 2,5 | 2,7 | -9,9 |
| | 55850000 | 930,8 | 0,833 | 1,817 | 2,41 | 4,2 | -8,5 |
| | 55920000 | 899,8 | 0,791 | 1,803 | 2,20 | 9,5 | -3,9 |

Obs.: Letra em preto – postos da área 1; Letra em azul – postos da área 2.

Pode-se observar que os valores de w ajustados variaram entre 1,56 e 5,94, estando a maioria entre 2,42 e 3,62. Apenas quatro estações têm o w mais elevado, a saber: no Rio Salitre (5,94) e no Recôncavo Norte e Inhambupe (4,65; 3,94; 4,10). Para avaliar os resultados de w de maneira espacial, os valores obtidos podem ser visualizados na Figura 1. Como se observa, houve uma tendência de agrupamento diferenciado, com os maiores valores de w localizados em grande parte do estado da Bahia, enquanto que na faixa de variação de 1,56 a 2,41 os postos se localizaram ao sul da bacia do Atlântico Leste e no rio Corrente e Carinhanha, no Oeste da Bahia.

Os resultados obtidos para as bacias da Bahia e Atlântico Leste apresentaram valores de w superiores àqueles obtidos por Otsuki et al. (2012). Esses autores analisaram bacias hidrográficas no Estado do Ceará e encontraram valores de w entre 1,7 e 5,0, com 70% destes variando entre 2,0 e 2,5, à exceção da bacia do Rio Salgado que teve w bastante elevado (5,5). Otsuki et al. (2012), de maneira a avaliar a possibilidade da utilização da equação de Fu, utilizaram um w médio de 2,45, porém os erros obtidos foram altos, levando a testar a divisão da área em duas regiões: Norte w = 2,23 e Sul w = 2,85, obtendo uma melhora significativa nos resultados.

Neste trabalho, em função dos resultados espaciais de w, foram testadas duas configurações, buscando encontrar aquela que resultaria em menor erro relativo. Na primeira foi adotado o valor médio de w ($w_{médio} = 2,656$) para todas as bacias em estudo, ou seja, considerando como uma grande área. Na outra se optou pela divisão das bacias, com auxílio do mapa da Região de Planejamento e Gestão das Águas do Estado da Bahia, em duas grandes áreas, para qual se obteve um w médio para cada uma delas ($w_1 = 3,02$ e $w_2 = 2,07$). A área 2 abrange as bacias do Extremo Sul, Rio Carinhanha, Rio Corrente, Rio Jequitinhonha e Rio Mucuri. Já a área 1 abrange a bacia do Rio Pardo e demais bacias do estado da Bahia. A Figura 1 apresenta as áreas correspondentes, assim como na Tabela 1, os postos estão diferenciados para cada área.

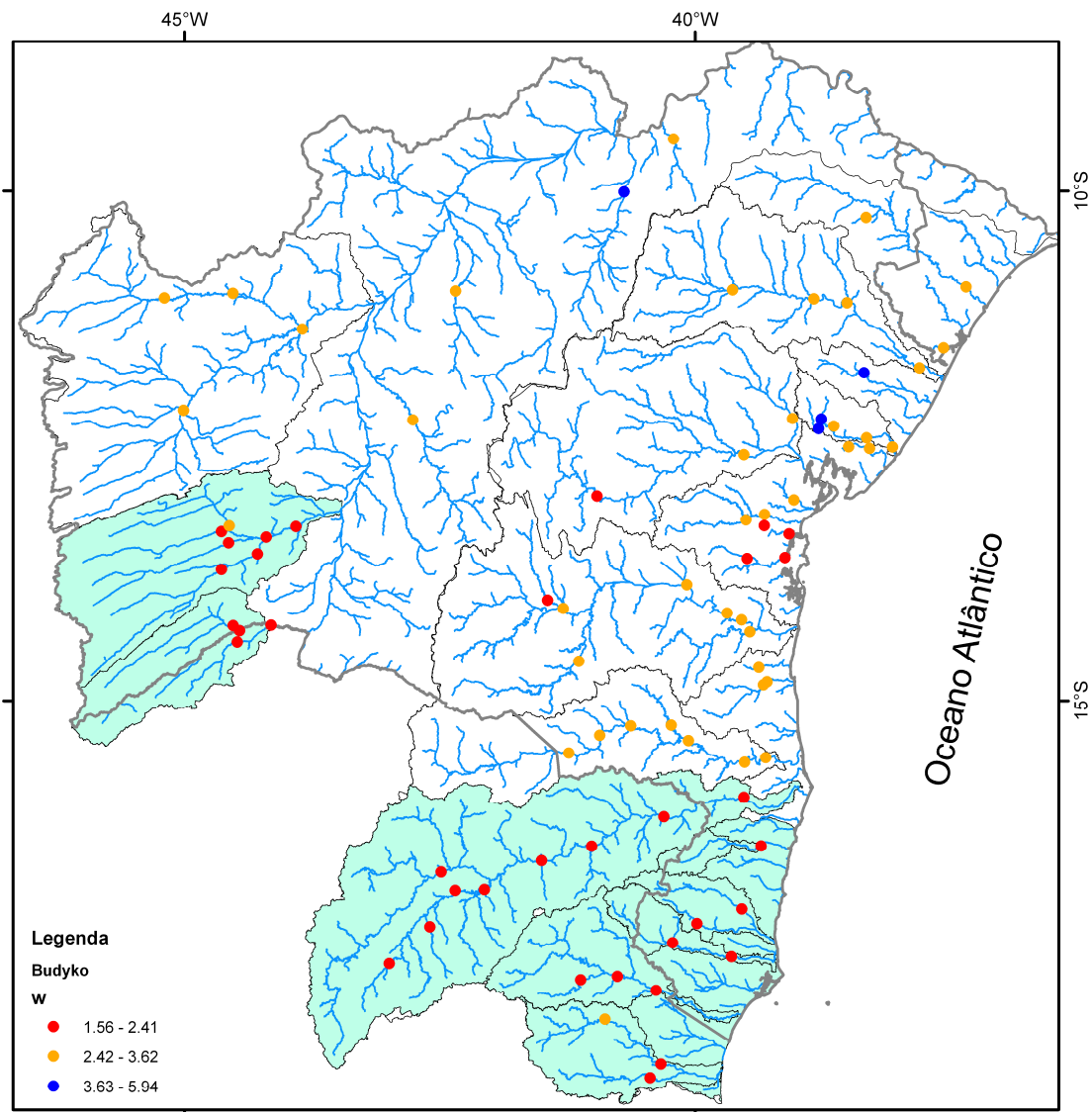


Figura 1 – Localização dos postos fluviométricos, valores de w ajustado e zoneamento adotado.

O erro relativo do E/P calculado para a área única resultou em valor médio de 6%, variando entre -11,3% e 53,4%, com desvio padrão de 14,3%.

No caso, da divisão em duas áreas, os valores médios dos erros, desvio padrão e mínimo diminuíram. O valor de erro máximo foi maior na área 1 e menor na área 2, em comparação ao uso de w médio para área única (Tabela 2). Os valores de erros negativos devem ao fato do E/P calculado ser menor do que o E/P observado.

Analisando os erros expostos na Tabela 1 pode-se notar que 74 % dos erros diminuíram quando é considerada a divisão em duas áreas. Os postos que apresentaram menores erros foram 53630000, 53650000 e 53880000, localizadas na Bacia do Rio Pardo e o posto 50520000 na bacia do Rio Itapicuru, com o menor erro. Na área única, o maior erro foi obtido para o posto 55360000 – Bacias do Extremo Sul (53,4%), mas que com a subdivisão resultou em menor erro, passando para

34,1%. Assim, o posto 51750000 no Rio do Braço – Recôncavo Sul - apresentou o maior erro após a subdivisão da área, passando de 52 % para 60%.

Tabela 2. Resultados de erros, desvio padrão, dados máximos e mínimos.

| | ÁREA ÚNICA | ÁREA 1 | ÁREA 2 |
|-----------------|------------|--------|--------|
| Média dos erros | 6 | 3,7 | 2,0 |
| Desvio padrão | 14,3 | 12,3 | 10,8 |
| Máximo | 53,4 | 60 | 34 |
| Mínimo | -11,3 | -7,2 | -10,6 |

No caso estudado por Otsuki et al. (2012), ao utilizar um w médio para toda a região, em apenas 50% das estações os erros foram menores do que 25%, considerado um erro bastante elevado. Foi feita, então, a divisão em Norte e Sul. Na região norte 50% as estações tiveram erro relativo menor do que 10%, porém, na região sul, os resultados não foram tão satisfatórios, uma vez que apenas 25% das estações tiveram erros relativos menores do que 15%, além de algumas estações mostrarem erro maior do que 100%.

Segundo Donohue et al. (2010), o método de Budyko foi criado para ser utilizado em bacias de grandes escalas espaciais e médias temporais de longo-prazo, por isso erros de até 10 % são considerados precisos. No caso das bacias estudadas, para a área única, obtivemos que 67 % dos postos se encontravam dentro do intervalo de $\pm 10\%$ de erro relativo. Ao dividir em duas áreas, essa porcentagem subiu para 84 %. Da mesma forma, para o intervalo de $\pm 20\%$, observou-se que 85 % dos postos têm erros nesse intervalo para área única, e com a divisão abrange 91 %. Ramos e Genz (2012), utilizando o método proposto por Gardner (2009), chegou a apenas 17% dos postos com erros entre $\pm 20\%$.

CONCLUSÃO

A estimativa do balanço hídrico simplificado nas bacias hidrográficas do Estado da Bahia e bacias do Atlântico Leste realizado com o método de Budyko apresentou os erros relativos bem menores que aqueles encontrados por Ramos e Genz (2012) através do método de Gardner (2009).

O método utilizado, bem como o de Gardner (2009), é simples, pois realiza o balanço hídrico a partir de dados atmosféricos, como temperatura e precipitação. No entanto o método de Budyko, na versão proposta por Fu (1981) permite ajustar o parâmetro w , o que melhora o desempenho desse tipo de metodologia simplificada.

Embora o erro relativo médio obtido para a região em estudo tenha sido pequeno (6%), ao dividi-la em duas grandes áreas o erro resultou menor.

Os postos com os maiores erros relativos (Recôncavo Sul) estão localizados próximos ao litoral onde há grande variabilidade espacial da precipitação, o que pode ser um fator limitante a aplicação do método.

Com base nos valores de médios de w obtidos para a região estudada, a próxima etapa da pesquisa prevê o uso do método para a estimativa do impacto do clima futuro obtido pelo modelo

Eta/CPTEC (Chou *et al.*, 2011) para o cenário A1B de emissões de gases do efeito estufa no período de 2011 a 2040.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal da Bahia pela oportunidade de participar do programa de bolsas de iniciação científica. Carolina Penalber é bolsista da Fundação Escola Politécnica. Fernando Genz agradece o apoio da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia - FAPESB.

REFERÊNCIAS

- BUDYKO, M.I. *The Heat Balance of the Earth's Surface*. U.S. Department of Commerce, Washington, D.C. 1958
- CHOU, S. C. et al. 2011. *Downscaling of South America present climate driven by 4-member HadCM3 runs*. *Climate Dynamics*. DOI 10.1007/s00382-011-1002-8.
- DONOHUE, R.J., RODERICK, M.L., MCVICAR, T.R. *Can dynamic vegetation information improve the accuracy of Budyko's Hydrological model?* *Journal of Hydrology*, n. 390, p. 23-34, 2010.
- GARDNER, L.R. *Assessing the effect of climate change on mean annual runoff*. *Journal of Hydrology*, n. 379, p. 351–359, 2009.
- IPCC 2007. Fourth Assessment Report. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/>
- NEW, M., HULME, M., JONES, P.D. 1999. *Representing twentieth century space-time climate variability. Part 1: development of a 1961-90 mean monthly terrestrial climatology*. *Journal of Climate* 12, 829-856.
- OTSUKI, R.G., COSTA, M.E.L., JR, D.S.R. 2012. *É possível estimar séries anuais de vazão em bacias não monitoradas utilizando equações baseadas nas hipóteses de Budyko?* XI simpósio de recursos hídricos do nordeste.
- RAMOS, V.B.C., GENZ, F. 2012. *Um método simples para estimativa do escoamento médio anual a partir da temperatura do ar e precipitação anual: verificação*. XI simpósio de recursos hídricos do nordeste.
- ZHANG, L., HICKEL, K., SHAO, Q. 2005. *Water balance modelling over variable time scales*. In: *Proceedings of the International Congress on Modelling and Simulation MODSIM 2005*, Melbourne, 12–16 December 2005.