



RELAÇÃO CLIMA E ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAPAMA – PE

Cláudio Antônio Vieira da Silva¹
Josiclêda Domiciano Galvêncio²

Artigo recebido em 21/08/2009 e aceito para publicação em 31/08/2009.

RESUMO

A intervenção do homem na natureza, sobretudo a partir da Revolução Industrial, fez o Planeta experimentar variações climáticas mais frequentes e temporalmente menores, acarretando grandes consequências no ciclo hidrológico e gestão dos recursos hídricos. O objetivo deste estudo foi analisar os impactos das mudanças climáticas no ciclo hidrológico da bacia hidrográfica do Rio Pirapama, a partir do modelo hidrológico de balanço hídrico mensal semi-distribuído e com isso gerar simulações climáticas. A simulação é efetuada para um aumento de 0,2°C por década. O modelo se mostra bastante eficiente em identificar os impactos das mudanças climáticas em nível de bacias hidrográficas. O aumento de temperatura de até 1,8°C provocará diminuição dos picos e aumento das vazões mínimas. O aumento de temperatura provocará maiores impactos no escoamento superficial das áreas sub-úmidas do que nas áreas úmidas.

Palavras-chave: Balanço hídrico; escoamento superficial; rio Pirapama

RELATIONSHIP BETWEEN THE CLIMATE AND RUNOFF IN THE PIRAPAMA-PE RIVER BASIN

ABSTRACT

The intervention of the man in the nature, over all from the Industrial Revolution, made the Planet to try more frequent and secularly lesser climatic variations, causing great consequences the water cycle and management of the water resources. The objective of this study was to analyze the impacts of the climatic changes in the water cycle of the Pirapama watershed, from the hydrology model of monthly water balance distributed and with this to generate climatic simulations. The simulation is effected for an increase of 0,2°C per decade. The model if shows sufficiently efficient in identifying the impacts of the climatic changes in level of watershed. The increase of temperature of until 1,8°C will provoke reduction of the peaks and increase of the minimum runoff. The temperature increase will provoke greater impacts in the superficial draining of the sub-humid areas of what in the humid areas.

Keywords: Water balance, runoff; Pirapama river

¹ Graduando em Geografia do Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Avenida Professor Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco. CEP 50670-901. (cavs1502@gmail.com).

² Professora adjunta do Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Avenida Professor Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco. CEP 50670-901 (josicleda.galvencio@pq.cnpq.br)

INTRODUÇÃO

O clima na Terra já vivenciou diversos ciclos naturais de glaciação e aquecimento, e foram ciclos que perduraram milhares de anos. Com o início do processo de industrialização em larga escala, que teve início no Inglaterra por volta do século XVII, e que posteriormente alcançou outras regiões do Planeta, o homem passou a retirar, em quantidades crescentes, os recursos naturais disponíveis (as matérias primas), e através de processos industriais a transformá-los em produtos manufaturados Freitas & Porto (2006).

Desse processo, resultaram muitas consequências, como: o desmatamento, a poluição hídrica com o despejo de resíduos industriais e a poluição do ar com a emissão de gases na atmosfera. Freitas & Porto (2006).

O lançamento excessivo desses gases, sobretudo o dióxido de carbono (CO₂), na atmosfera, forma um tipo de “cobertor” que gradualmente se torna mais espesso, dificultando a dissipação da radiação solar, desse modo o planeta fica cada vez mais quente e esses gases são conhecidos como gases de efeito estufa, segundo o (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE- IPCC, 2007)

Segundo o relatório do IPCC a concentração de dióxido de carbono, de gás

metano e de óxido nitroso na atmosfera global tem aumentado marcadamente como resultado de atividades humanas desde 1750, e agora já ultrapassou em muito os valores da pré-industrialização determinados através de núcleos de gelo que estendem por centenas de anos.

A intervenção do homem na natureza, fez com que o Planeta passasse a enfrentar variações climáticas que se tornaram cada vez mais intensas, e hoje falasse em mudanças climáticas. Essas mudanças são motivo de muitas discussões no meio acadêmico, sobretudo até que ponto o homem interferiu ou vem interferindo no clima do planeta, (IPCC 2007).

Segundo o IPCC (2007), mudança climática no uso do refere-se a qualquer mudança no clima durante um período de tempo, independente se for uma variação natural ou o resultado de uma atividade humana. Este uso difere de aquele no – *Framework Convention on Climate Change* – onde a mudança climática refere a uma variação do clima que é atribuída diretamente ou indiretamente às atividades humanas que alteram a composição da atmosfera global, e também a variação natural de clima observada durante períodos de tempo comparáveis.

As mudanças climáticas trazem grandes consequências no ciclo hidrológico e na

gestão dos recursos hídricos. Assim, levando-se em consideração os impactos decorrentes das mudanças climáticas, um modelo de balanço hídrico mensal simples semi-distribuído foi desenvolvido para as bacias do estado de Pernambuco, (DUARTE & GALVÍNCIO, 2009; SANTOS, GALVINCIO & MOURA, 2009; SILVA, GALVÍNCIO & NOBREGA, 2009; SANTANA & GALVINCIO, 2009). Esses autores afirmaram que os modelos propostos são capazes de reproduzir as condições dos recursos hídricos e do escoamento superficial. Um modelo hidrológico permite representar e equacionar os processos para melhor entender e simular o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica (TUCCI, 1998).

A geração de cenários de previsões climáticas a partir de um modelo de balanço hídrico pode ajudar no gerenciamento dos recursos hídricos das bacias hidrográficas, assim é possível propor alternativas com alguns anos, ou até mesmo algumas décadas, para um melhor aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis, (TUCCI, 1998).

Na década de 1940 e na década de 1950, Thornthwaite & Mather (1955) desenvolveram modelos mensais determinísticos de balanço hídrico, em que somente dois parâmetros foram usados.

Para desenvolver um índice da seca meteorológica, Palmer (1965) sugeriu um modelo que dividisse o armazenamento de água no solo em duas camadas. Em 1981, Thomas propôs um modelo de balanço hídrico de quatro parâmetros.

Alley (1984) revisou e examinou os modelos de Thornthwaite-Mather, modelos de Palmer (1965), e os modelos do abcd de Thomas (1981, 1983) com detalhe considerável. Concluiu que os erros da previsão eram relativamente similares entre estes modelos. Gleick (1987) desenvolveu um modelo mensal de balanço hídrico especificamente para a avaliação do impacto do clima e apontou às vantagens de usar os modelos de balanço hídrico na prática.

Na década de 1990, alguns modelos mensais de balanço hídrico foram desenvolvidos estudando o impacto da mudança do clima no ciclo hidrológico, no planejamento dos recursos hídricos e gerências gerais (MIMIKOU et al; 1991; VANDEWIELE et al., 1992; GUO, 1995; GUO & YIN, 1997; PANAGOULIA & DIMOU, 1997; XU & SINGH, 1998; XIONG & GUO, 1997, 1999).

O objetivo deste estudo foi analisar os impactos das mudanças climáticas no ciclo hidrológico da bacia hidrográficas do Rio Pirapama, a partir do modelo desenvolvido e

calibrado por Silva & Galvncio (2009) gerar simulaces climáticas. A simulaco levará em consideraco o relatório do IPCC de 2007, na qual prevê um aumento de 0,2C por década, partindo do princípio dos atuais níveis de CO₂ e outros gases do efeito estufa presentes na atmosfera terrestre atualmente.

MATERIAL E MÉTODOS

A rea de estudo

Com uma extensão aproximada de 80 km, o Rio Pirapama tem sua nascente acerca de 450 m de altitude, no município de Pombos no Agreste Pernambucano, é formado por vários tributários, compondo as 12 sub-bacias. Destacam-se os rios Gurja, Cajabuu e Arariba, na margem esquerda e os riachos Santa Amlia, Utinga de Cima e Camaçari na margem direita GAMA (2002).

Esta bacia conta com uma área de 600,01 km², ocupando partes dos municípios de Cabo de Santo Agostinho, Jaboatão dos Guararapes, Ipojuca, Moreno, Escada, Vitória de Santo Antão e Pombos (Figura 1).

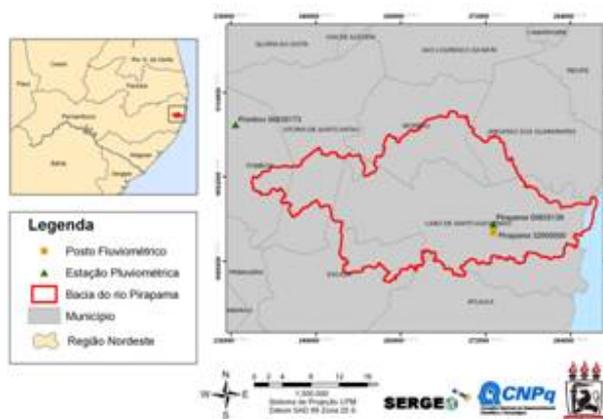


Figura 1: Mapa de Localizaco da Bacia do Rio Pirapama

Em conjunto, os municípios integrantes da bacia, abrigam 900.627 habitantes dos quais 62% residentes em áreas urbanas. A maior proporco da área da bacia encontra-se situada no território do município do Cabo de Santo Agostinho (57,2%), ao que se segue Moreno (13,7%), Escada (11,8%), Vitória de Santo Antão (9,5%), Pombos (4,3%) e Jaboatão dos Guararapes (2,4%). O município de Ipojuca participa em apenas 1,1% da área da bacia GAMA (2002).

A rea da bacia do Pirapama encontra-se em estruturas geológicas do cristalino e um relevo em que predominam morros de topos arredondados com altitudes superiores a 60 m (Figura 2).

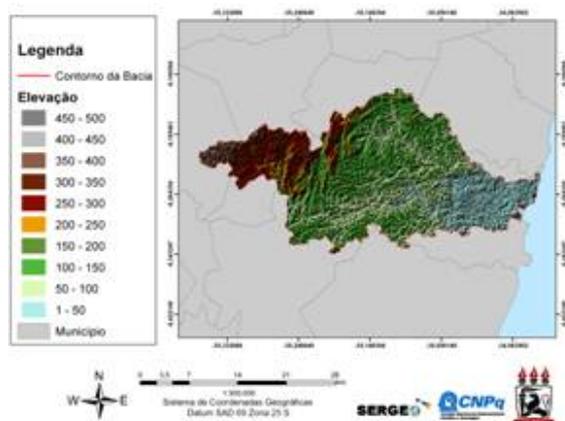


Figura 2: Mapa Hipsométrico da Bacia do Rio Pirapama

Possui clima tropical úmido com precipitações que variam de 2.300 mm anuais no litoral a 1.300 mm na extremidade da área, onde se encontra sua nascente (GAMA, 2001).

O cultivo da cana-de-açúcar é atividade agrícola predominante nessa bacia, juntamente com essa atividade têm-se o contínuo desmatamento de remanescentes florestais no entorno da bacia, o que compromete o equilíbrio ambiental da área da bacia e também as atividades de policulturas, desenvolvidas pelos pequenos produtores rurais, constituem ameaça ao equilíbrio dos diferentes ecossistemas, pois compromete as margens, os córregos e rios e remanescentes de floresta. O tipo de vegetação, tipo de solo, condições topográficas, ocupação e uso do solo são fatores que determinam a relação entre a vazão e a precipitação. A distribuição

temporal e espacial da precipitação são as principais condições climatológicas TUCCI (1993) que afetam a vazão de escoamento superficial ao longo do canal de uma bacia.

Através do Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (ZAPE, 2002) e de posse das coordenadas (latitude e longitude) dos postos pluviométricos foi possível plotar os pontos e verificar os tipos de solos presentes nos arredores da bacia (Figura 3).

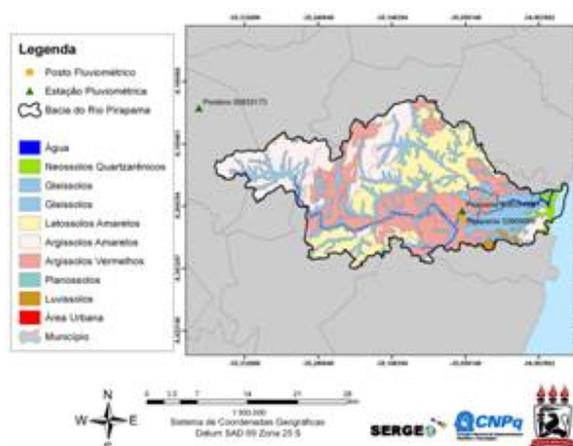


Figura 3: Classificação dos Solos na Bacia do Rio Pirapama.

Os argissolos vermelhos e os gleissolos são predominantes nas proximidades da estação pluviométrica e do posto de vazão de Pirapama. Em geral, os argissolos vermelhos têm espessura que varia variada e textura argilosa e arenosa na superfície e de média a muito argilosa nos demais horizontes. Já os gleissolos são solos de várzeas, portanto mal ou muito mal drenados, tem profundidade de aproximadamente 0,40m podendo ser

associado ou não a outros tipos de solos SILVA *et al.* (2005).

O volume e o fluxo do escoamento superficial acarretam impactos significativos. Dentre os impactos documentados pela USEPA (1997) e TUCCI (2000) incluem-se:

- Inundações e aumento na média da vazão de pico;
- Sedimentação e aumento no transporte de sedimentos;
- Degradação do leito do rio e de seus habitats;
- Erosão das margens e do leito do rio;
- Decréscimo na vazão de base;
- Perda das populações de peixes e de espécies aquáticas sensíveis;
- Degradação da paisagem urbana;
- Mudanças na topografia do rio;
- Aumento da temperatura da água.

Segundo O'loughlin (1981), as perdas de nutrientes têm que estar relacionada com os mecanismos de escoamento superficial direto, assim o autor diz que as perdas de materiais orgânicos, potássio e fósforo estão mais associados com o escoamento superficial da água.

Com isso o manejo do solo é um aspecto fundamental, uma vez que o emprego de técnicas de manejo sem os devidos

cuidados pode causar danos severos para o ambiente e para a cultura agrícola instalada.

A previsão de modelos para o escoamento superficial é importantes ferramentas que podem auxiliar na projeção de medidas que minimizem os impactos decorrentes do escoamento superficial.

Modelo de balanço hídrico mensal simples semi-distribuído

Xiong & Guo (1997, 1999) propuseram e desenvolveram um modelo de balanço hídrico mensal simples de dois parâmetros. Devido a sua simplicidade e elevada eficiência no desempenho, o modelo mensal de balanço hídrico de dois parâmetros pode ser facilmente e eficientemente incorporado nos programas de planejamentos dos recursos hídricos.

Escoamento Superficial mensal (Q_t)

O escoamento superficial mensal Q_t é relacionado com o índice de umidade do solo S , que é estimado por:

$$Q_t = S_t \tanh[S_t/S_c] \quad (1)$$

Em que, Q_t é o escoamento superficial mensal (mm), S_t é a quantidade de água no solo (mm) e S_c é a capacidade de campo da bacia em milímetros e é obtida pela

multiplicação entre a porosidade a profundidade do solo.

Com as séries de precipitação mensal (mm) e temperatura mensal (°C), a evapotranspiração potencial (EP_t) é obtida pelo método de Thornthwaite & Matter (1955).

A quantidade da água restante dentro o solo foi por: $S_{t-1}+P_t-E_t$; após a perda da evapotranspiração EP_t , com o S_{t-1} que é o conteúdo de água no fim (t-1) e começo do mês t.

Armazenamento de água no solo (S_t)

O armazenamento de água no solo no mês t no fim de cada mês será calculado de acordo com a lei de conservação de água:

$$S_t = S_{t-1} + P_t - E_t - Q_t \quad (2)$$

E substituindo a equação 2 na equação 1 obtêm-se a equação 3:

$$Q_t = [S_{t-1} + E_{pt}] \times \tanh \left\{ \frac{[S_{t-1} + P_t - E_{pt}]}{S_c} \right\} \quad (3)$$

Eficiência Nash & Sutcliffe (1970), dado pela equação:

$$R^2 = \left(F^0 - \frac{F}{F^0} \right) * 100\% \quad (4)$$

Em que F_0 é a soma do quadrado da diferença entre o observado e a média e F é a soma do

quadrado da diferença entre o observado e o estimado. O valor de R^2 próximo da unidade significa uma boa simulação do escoamento superficial.

Cálculo do Erro Relativo - ER, dado pela equação:

$$RE = \frac{\sum(Q^e - Q^{ob})}{\sum Q^e * 100} \quad (5)$$

Em que o valor de RE esperado é que seja próximo de zero para se obter uma boa estimativa do volume total do escoamento superficial observado.

O modelo foi avaliado usando esses dois critérios. Primeiro o critério de eficiência Nash & Sutcliffe (1970). O segundo critério que usado foi o calculo do erro relativo entre o observado e estimado.

A partir do modelo gerado foram feitos os cenários climáticos, partindo do principio do relatório do IPCC de 2007, na qual prevê um aumento de 0,2°C por década levando em consideração os atuais níveis de CO2 e outros gases causadores do efeito estufa. Os cenários foram feitos para os anos de 2009 até 2100 (Tabela 1).

Tabela 1. Dados extraídos do IPCC 2007. Adaptado por SILVA, C.A.V.

CENÁRIO MUDANÇA	
Ano	Aumento da temperatura em °C
2009	-
2020	0,2
2040	0,6
2060	1
2080	1,4
2100	1,8

A série pluviométrica utilizada para desenvolver o modelo Hídrico Mensal Simples semi-distribuído esta compreendida entre os anos de 1987 a 2002 para as estações pluviométricas de Pombos com código 00835173 e de Pirapama com código 00835138. A ocorrência de dados duvidosos ou incompletos, em alguns meses, permitiu a eliminação de alguns anos das tabelas, no intervalo supracitado.

Para a aplicação do modelo de balanço hídrico mensal de dois parâmetros foram utilizados dois postos de precipitação e um posto de vazão localizado no município do Cabo de Santo Agostinho de código 39200000, na qual a ANA (Agência Nacional de Águas) é o órgão responsável e a CPRM (Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais) é o órgão operador (Figura 4).

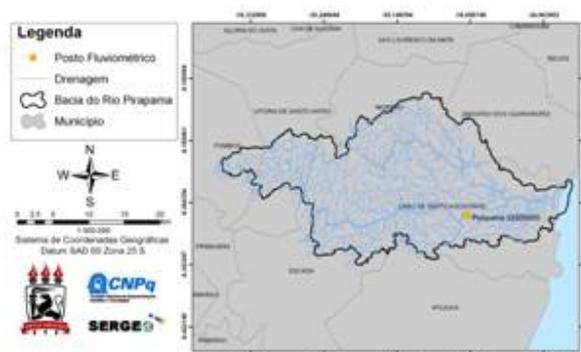


Figura 4: Drenagem da Bacia do Rio Pirapama

Com as coordenadas e os valores de altitude de cada posto pluviométrico foi estimada as temperaturas médias dos anos utilizados a partir do programa Estima_T (programa usado para realizar estimativas de temperaturas do ar na região Nordeste do Brasil). Já os dados de precipitação foram adquiridos junto a ANA.

Com os dados de precipitação (mm) e temperaturas médias (°C) foi obtido os valores de Evapotranspiração (ETP) através da planilha de Balanço Hídrico Mensal de Thornthwaite & Mather (1955), e construída por Rolim *et al.* (1998).

Após ser efetuada a calibração do modelo hidrológico de balanço hídrico semi distribuído, Silva & Galvêncio (2009) e de perceber que o modelo respondeu de forma satisfatória, obtendo boa correspondência nos valores do NASH e do cálculo de Erro Relativo (R²), desse modo foi possível realizar a construção de cenários climáticos para

avaliar a relação do clima com o escoamento superficial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 5 apresenta a relação entre o escoamento superficial normal e o com mudança de $+0,2^{\circ}\text{C}$ de temperatura para Pombos. É possível perceber que no início da série não há alteração perceptível no escoamento superficial, com o passar dos meses aproximadamente 100 meses (8,3 anos) o escoamento superficial é alterado, diminuindo as vazões mínimas e aumentando as máximas.

A Figura 6 apresenta o impacto do escoamento superficial quando aumenta $0,6^{\circ}\text{C}$ de temperatura. Nota-se que toda série é alterada. Porém, menores impactos ocorrerão ao longo dos anos.

A Figura 7 apresenta o impacto do escoamento superficial quando aumenta 1°C de Temperatura. Nota-se que o impacto é mais imediato e logo no início da serie há alteração no escoamento superficial.

As Figuras 8 e 9 apresentam o escoamento superficial com mudanças de $+1,4^{\circ}\text{C}$ e $+1,8^{\circ}\text{C}$ de temperatura. Nota-se que os impactos no escoamento superficial são relevantes com esses aumentos de temperatura.

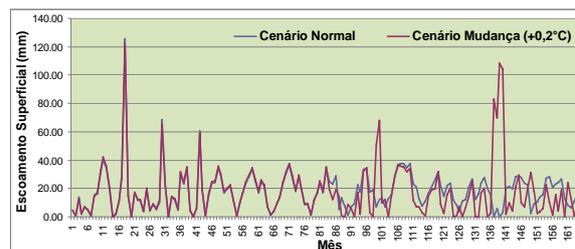


Figura 5: Escoamento Superficial num Cenário Mudança ($+0,2^{\circ}\text{C}$) para o ano de 2020.

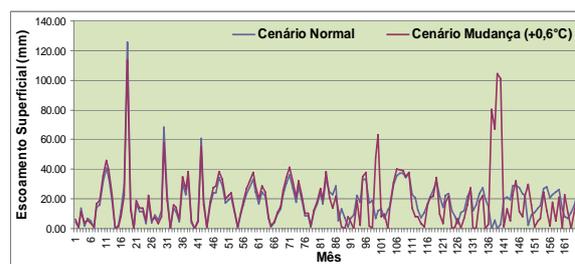


Figura 6: Escoamento Superficial num Cenário Mudança ($+0,6^{\circ}\text{C}$) para o ano de 2040.

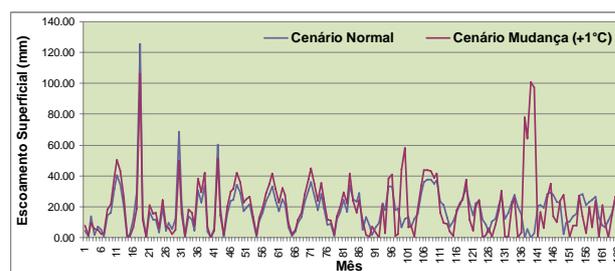


Figura 7: Escoamento Superficial num Cenário Mudança ($+1^{\circ}\text{C}$) para o ano de 2060.

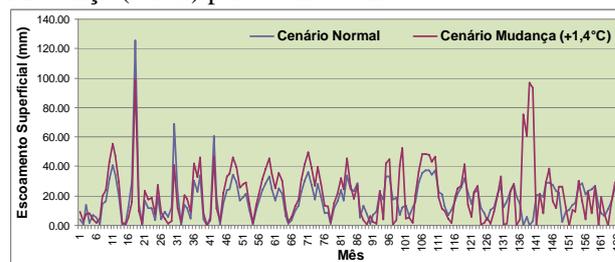


Figura 8: Escoamento Superficial num Cenário Mudança ($+1,4^{\circ}\text{C}$) para o ano de 2080.

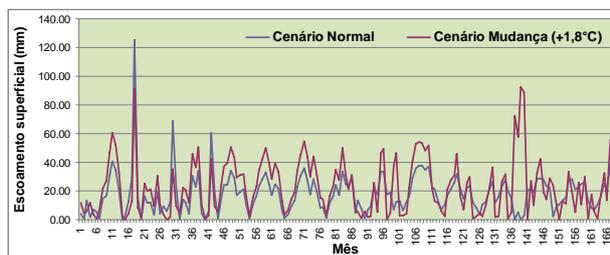


Figura 9: Escoamento Superficial num Cenário Mudança (+1,8°C) para o ano de 2100.

Além disso, entre os meses 136 e 141 ocorre uma grande alteração no escoamento superficial, pois este se comporta de modo anormal diante dos valores do cenário atual, por exemplo, no cenário mudança para o ano de 2020 com um aumento de 0,2°C na temperatura os valores de escoamento ultrapassam os 100 mm e à proporção que a temperatura aumenta os valores de escoamento começam a declinar, terminando no ano de 2100 com valores abaixo dos 100 mm e com aumento de 1,8°C, e embora haja uma diminuição gradual desses valores em relação aos demais momentos do cenário, este momento em específico perfaz o sentido contrario, desse modo é interpretado como uma anomalia diante do apresentado pelo cenário atual.

As Figuras 10, 11, 12, 13 e 14 apresentam a relação entre o escoamento superficial normal e com mudanças de +0,2°C; +0,6 °C; +1°C; +1,4°C e +1,8°C, respectivamente, para o posto Pirapama. Nota-se que neste posto apenas os aumentos

de 1,4°C e 1,8°C acarretariam alteração relevante no escoamento superficial. Os outros cenários não apresentaram impactos relevantes no escoamento superficial.

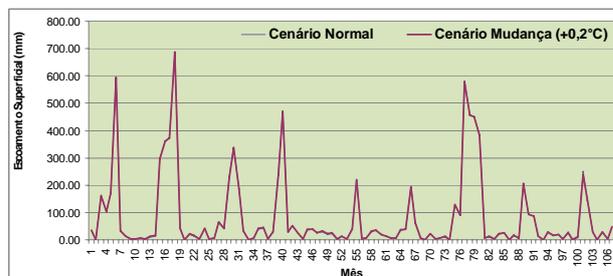


Figura 10: Escoamento Superficial num Cenário Mudança (+0,2°C) para a ano de 2020, no posto Pirapama.

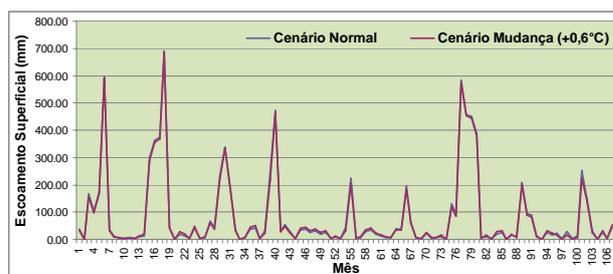


Figura 11: Escoamento Superficial num Cenário Mudança (+0,6°C) para o ano de 2040, no posto Pirapama.

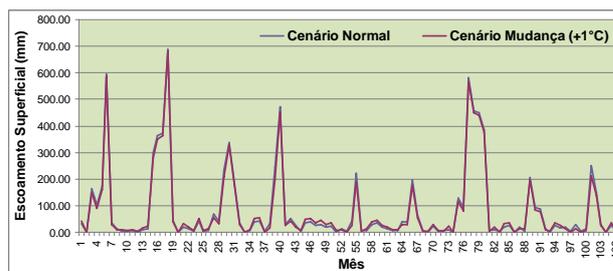


Figura 12: Escoamento Superficial num Cenário Mudança (+1°C) para o ano de 2060, no posto Pirapama.

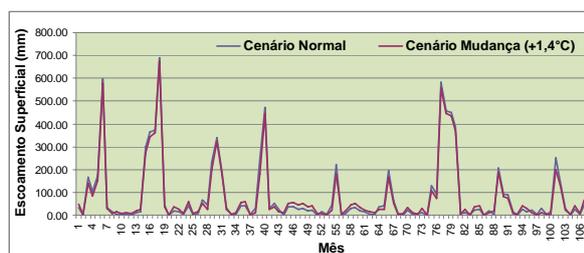


Figura 13: Escoamento Superficial num Cenário Mudança (+1,4°C) para o ano de 2080, no posto Pirapama.

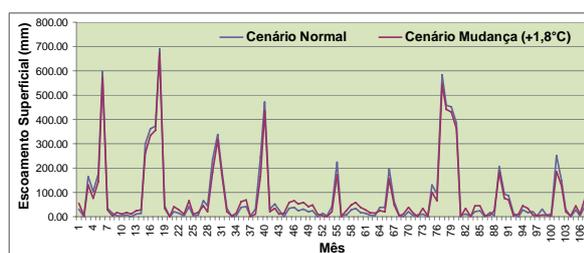


Figura 14: Escoamento Superficial num Cenário Mudança (+1,8°C) para o ano de 2100, no posto Pirapama.

Enfim, nota-se que para o posto de Pirapama, é possível identificar que embora haja aumento na temperatura os valores de escoamento superficial não alteram significativamente durante a primeira estimativa, no caso para o ano de 2020 com aumento de 0,2°C, e durante esse período os valores de escoamento dos dois cenários seguem a mesma trajetória.

Os cenários gerados indicam que o escoamento superficial será menos intenso nos picos e mais elevados nas vazões mínimas.

Comparando os cenários apresentados para Pombos e Pirapama nota-se que o modelo foi possível de identificar diferenças

de impactos no escoamento superficial em nível da escala de bacias hidrográficas.

A parte oeste da bacia hidrográfica do rio Pirapama sofreria mais impactos com aumento de temperatura do que a parte leste. Essas alterações ocorreriam devido à características climáticas locais, onde a parte oeste da bacia está com clima sub-úmido (Agreste de Pernambuco) e a parte leste clima úmido (Litoral de Pernambuco). Daí, resulta que o escoamento superficial sofrerá maior diminuição nas áreas sub-úmidas (agreste) do que nas áreas úmidas (litoral).

CONCLUSÕES

O modelo se mostra bastante eficiente em identificar os impactos das mudanças climáticas em nível de bacias hidrográficas.

O aumento de temperatura de até 1,8°C provocará diminuição dos picos e aumento das vazões mínimas.

O aumento de temperatura provocará maiores impactos no escoamento superficial das áreas sub-úmidas do que nas áreas úmidas.

REFERÊNCIAS

ALLEY, W.M., 1984. On the treatment of evapotranspiration, soil moisture accounting and aquifer recharge in monthly water balance models. **Water Resour. Res.** 20 (8), 1137–1149.

- ARAÚJO FILHO, J. C. de et al. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 318p (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa 11).
- DONALD, H.B., BOORMAN, D.B., 1993. Estimation of hydrological parameters at ungauged catchments. **J. Hydrol.** 143, 429–454.
- DUARTE, C. C.; GALVINCIO, J. D. Análise dos Impactos das Mudanças Climáticas no Escoamento Superficial da Bacia Hidrográfica do rio Tapacurá-PE, a partir da Utilização de um modelo de balanço hídrico mensal semi-distribuído. Capítulo 3 do Livro **Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos: Aplicações no Estado de Pernambuco**, In: Galvêncio & Da Silva, 2009.
- FREITAS, C. M.; PORTO, M. F. S. **Saúde, ambiente e sustentabilidade.** Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz, 2006.
- GAMA, A. M. F. Coord. **Pirapama: Criando o Desenvolvimento Sustentável Local. Uma experiência que vale a pena conhecer e repetir.** Recife – CPRH/DFID, 2001. 59p.
- GAMA, A. M. C. F. **A Bacia do Rio Pirapama. Projeto Marca d'água - relatórios preliminares 2001.** Núcleo de Pesquisa em Políticas Públicas, Centro Universitário Darcy Ribeiro, Recife, 2002.
- GLEICK, P.H., 1987. The development and testing of a water balance model for climate impact assessment: modeling the Sacramento basin. **Water Resour. Res.** 23 (6), 1049–1061.
- Grupo de Recursos Hídricos – Apostila de Hidrologia. Universidade Federal da Bahia, Departamento de Hidráulica e Saneamento.
- Escoamento Superficial**, capítulo 6, páginas 55 a 71.
- GUO, S., Yin, A., 1997. Uncertainty analysis of impact of climatic change on hydrology and water resource. **Sustainability of Water Resource Under Increasing Uncertainty** (Proceedings of Morocco Symposium, July 1997) 1997, No 240.
- IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) **Relatório do IPCC/ONU – Novos Cenários Climáticos 2007.**
- MIMIKOU, M., KOUVOPOULOS, Y., CAVADIAS, G., VAYIANOS, N., 1991. Regional hydrological effects of climate changes. **J. Hydrol.** 123, 119–146.
- NASH, J.E., SUTCLIFFE, J., 1970. River flow forecasting through conceptual models. **J. Hydrol.** 10, 282–290.
- O'LOUGHLIN, E.M. - Water pathways through catchments and their relation to nutrient losses. In: **IUFRO WORKSHOP ON WATER AND NUTRIENT SIMULATION MODELS.** Mirmensdorf, 1981. Proceedings. Mirmensdorf, 1981. p.123-34
- PALMER, W.C., 1965. Meteorologic drought. **Res. Pap. US Weather Bur.** 45, 58.
- PANAGOULIA, D., DIMOU, G., 1997. Linking space-time scale in hydrological modeling with respect to global climate change: model properties and experimental design. **J. Hydrol.** 194, 15–37.
- SANTOS, A. M. D.; GALVINCIO, J. D.; MOURA, M. S. B. Desenvolvimento de Modelo de Balanço Hídrico para Bacia Hidrográfica do rio Goiana-PE, Capítulo 4 do livro **Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos: Aplicações no Estado de**

- Pernambuco**, In: Galvínio & Da Silva, 2009.
- SANTANA, S. H. C. de.; GALVINCIO, J. D. Tendências Climáticas e Recursos Hídricos: Bacia Hidrográfica do rio Una. Capítulo 6 do livro **Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos: Aplicações no Estado de Pernambuco**, In: Galvínio & Da Silva, 2009.
- SILVA, I. F.; GALVINCIO, J. D.; NOBREGA, R. S. Impactos da Mudanças Climáticas nas Respostas Hidrológicas do rio Ipojuca (PE) – Parte 1: Análise de Tendência de Precipitação e Calibração do Modelo, Capítulo 5, do livro **Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos: Aplicações no Estado de Pernambuco**, In: Galvínio & Da Silva, 2009.
- SILVA, F.H.B.B; SILVA, M.S.L; CAVALCANTI, A.C. **Descrição das Principais Classes de Solos**. Embrapa Solos, setembro, 2005.
- THOMAS, H.A., 1981. Improved methods for national water assessment. Rep. Contract WR15249270, US **Water Resource Council**, Washington, D.C.
- THOMAS, H.A., MARIN, C.M., BROWN, M.J., Fiering, M.B., 1983. **Methodology for water resources assessment**. Report to US Geological Survey, Rep. NTIS 84-124163, National Technical Information Service, Springfield, V.A.
- THORNTHWAITE, C.W., MATHER, J.R., 1955. The water balance. Publ. **Climatol. Lab. Climatol.** Drexel Inst. Technol. 8 (1), 1–104.
- TUCCI, C. E. M. (org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS/ABRH/EDUSP, 1993. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4).
- TUCCI, C.E.M., **Modelos Hidrológicos**, Editora Universitária UFRGS, Porto Alegre, 1998.
- TUCCI, C.E.M.. (2000). **Impacto da variabilidade climática e uso do solo nos recursos hídricos**. ANA. Câmara Climática de Recursos Hídricos. Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas. 150 p.
- USEPA. (1997). **Urbanization and Streams: Studies of Hydrologic Impacts**. EPA. 841-R-97-009. Washington, DC.
- XU, C.Y., Singh, V.P., 1998. A review on monthly water balance models for water resources investigations. **Water Resour. Mgmt** 12, 31–50.
- Silva et al. **Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco**/Fernando. Recife: Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento - UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária), 2001. CD-ROM.- (Embrapa Solos. Documentos; no.35) ZAPE Digital.