ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUNDAÚ, NORDESTE DO BRASIL

Carolyne Wanessa Lins de Andrade [1] ; Suzana Maria Gico Lima Montenegro [2]; Abelardo Antônio de Assunção Montenegro [3] & José Romualdo de Sousa Lima [4]

RESUMO – As múltiplas demandas de água no Brasil geram conflitos, sobretudo entre a irrigação, o abastecimento doméstico e a demanda industrial. Os usos múltiplos e a situação de escassez exigem, portanto, uma política de gestão de recursos hídricos séria e em bases científicas. Torna-se assim, fundamental a realização de estudos voltados a análise de dados hidrológicos. O objetivo do trabalho foi avaliar uma série de dados de estações pluviométricas localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú, Nordeste do Brasil, quanto a sua consistência. Assim, no presente estudo foram empregados 11 (onze) postos pluviométricos, os quais distribuídos ao longo do território de 5 (cinco) municípios do estado de Pernambuco e 6 (seis) municípios do estado de Alagoas, tiveram seus dados submetidos a análise de consistência pelo método da Dupla Massa para posterior checagem usando testes estatísticos, como o coeficiente de determinação (R^2). Os resultados indicaram que todas as estações apresentaram séries pluviométricas consistentes, com valores de R^2 entre 0,9751 e 0,9992. Estudos como este podem auxiliar na aplicação de dados consistentes na modelagem hidrológica e no entendimento do comportamento pluviométrico da região.

Palavras-Chave – Recursos hídricos, Pluviometria, Dupla Massa

ABSTRACT– The multiple water demands in Brazil generate conflicts, especially between irrigation, domestic supply and industrial demand. Multiple uses and the scarcity situation therefore require a serious and scientifically based water management policy. Thus, it is fundamental to carry out studies aimed at the analysis of hydrological data. The objective of this work was to evaluate a series of data of rainfall stations located in the Mundaú River Basin, Northeastern Brazilian, as to its consistency. Thus, 11 (eleven) rainfall stations were used, which were distributed throughout the territory of 5 (five) municipalities in the state of Pernambuco and 6 (six) municipalities in the state of Alagoas, and their data were submitted to consistency analysis by the dual mass method for later checking using statistical tests, such as the coefficient of determination (R^2). The results indicated that all the stations presented consistent rainfall series, with R^2 values between 0.9751 and 0.9992. Studies such as this one may help in the application of consistent data in the hydrological modeling and in the understanding of the rainfall behavior of the region.

Keywords – Water resources, Rainfall, Dual mass

1) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manuel de Mederios, s/n, Dois irmãos, Recife, PE, (81) 3320-6279, carolyne.andrade@ufrpe.br
2) Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manuel de Mederios, s/n, Dois irmãos, Recife, PE, (81) 3320-6279, abelardo.montenegro@ufrpe.br
3) Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife, PE, (81) 2126-8977, suzanam.ufpe@gmail.com
4) Unidade Acadêmica de Garanhuns, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Avenida Bom Pastor, s/n, Boa Vista, Garanhuns, PE, (87) 3764-5505, romualdo.lima@ufrpe.br

INTRODUÇÃO

As múltiplas demandas de água no Brasil geram conflitos, sobretudo entre a irrigação, o abastecimento doméstico e a demanda industrial. O desenvolvimento econômico tem contribuído para a exploração acelerada e muitas vezes inadequada, dos recursos naturais; e, a falta de planejamento no sistema de gestão dos recursos hídricos pode ocasionar severos impactos ambientais, não só para a geração atual, como também para as futuras gerações. De acordo com o Relatório das Nações Unidas do ano de 2012, com a crescente escassez hídrica e a falta de planejamento e gestão das águas, atender às demandas hídricas futuras torna-se mais incerto, e desta forma, as sociedades se tornam mais vulneráveis a um conjunto de riscos associados ao provimento de água em condições adequadas, em termos de quantidade e qualidade.

Os usos múltiplos e a situação de escassez exigem, portanto, uma política de gestão de recursos hídricos séria e em bases científicas. Torna-se assim, fundamental identificar o potencial hídrico das regiões, ampliar a disponibilidade, compatibilizar os usos e administrar os conflitos. Além disso, desenvolver métodos e tecnologias de otimização de uso e conservação da água (Braga et al., 1999).

Dentro deste contexto, segundo Carvalho e Ruiz (2016) e Silva e Azevedo (2017), quantificar a precipitação é de suma importância, uma vez que a mesma representa a principal via de entrada de água em uma bacia hidrográfica, e influencia todo o balanço hídrico do sistema. Entretanto, a realização de estudo e inferências relacionadas a chuva de maneira adequada requer análises mais aprofundadas sobre a confiabilidade dos dados utilizados, e uma dessas análises é a consistência das séries pluviométricas.

Na análise de consistência pelo método da Dupla Massa, o qual foi desenvolvido pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos, o gráfico correspondente a um certo período de precipitação acumulada, quando plotado em conjunto com os dados de uma ou mais estações vizinhas, deve resultar em uma linha reta (Paca, 2008). O método consiste em verificar o ângulo de mudança de declividade, determinando duas ou mais retas (Silva e Azevedo, 2017).

O objetivo do trabalho foi avaliar uma série de dados de onze estações pluviométricas localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú, Nordeste do Brasil, distribuídas ao longo de cinco municípios do estado de Pernambuco e seis municípios do estado de Alagoas, quanto a sua consistência, a fim de obter uma série pluviométrica apta a ser explorada em estudos de modelagem hidrológica na referida bacia hidrográfica.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú (4090,39 km²), localizada entre as coordenadas 08º 42’ e 09º 36’ de latitude sul e, 35º 47’ e 36º 39’ de longitude oeste (Gomes et al., 2016), abrangendo os estados de Pernambuco e Alagoas, no Nordeste do Brasil (Fig. 1). A bacia limita-se ao norte com a Bacia do Rio Una, ao sul com o Estado de Alagoas e grupo de bacias de pequenos rios, ao leste com a bacia do rio Una e Alagoas, e a oeste, com o conjunto dos interiores rios e bacia do rio Una (Araújo et al., 2015).

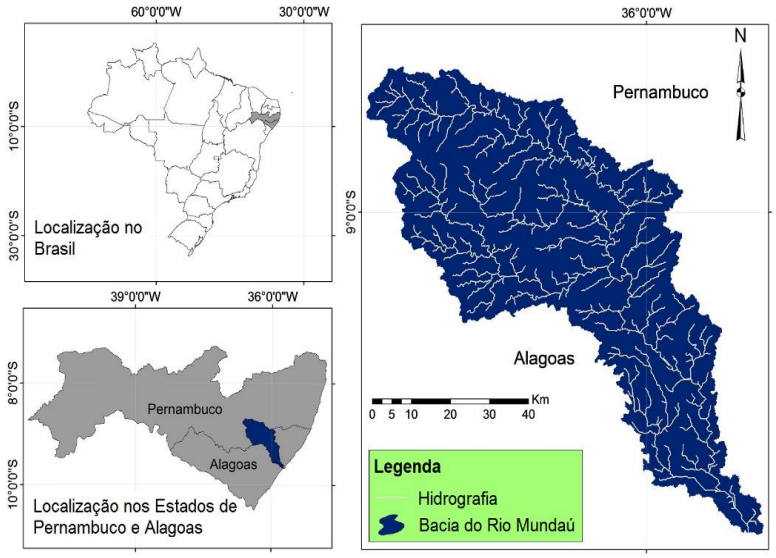

Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú

A Bacia do Rio Mundaú possui grande relevância para a atividade agropecuária, onde é considerada, na porção pernambucana, como uma bacia leiteira, devido às grandes produções de laticínios advindas da criação de bovinos, além da criação de frangos de corte; também possui grande importância para o cultivo da cana-de-açúcar na porção alagoana, uma vez que nessas áreas estão concentradas grandes usinas de produção. A bacia é predominantemente rural e coberta principalmente por pastagem e cana-de-açúcar, mas ainda possui áreas com cobertura florestal e áreas urbanas.

A área de drenagem da bacia de Pernambuco envolve 34 municípios, com parte ou todo o território incluído na bacia, sendo 19 municípios no estado de Alagoas e 15 municípios no estado de Pernambuco. Segundo a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), os municípios de Angelim, Correntes, Palmerina e São João estão totalmente inseridos na bacia. Os municípios de Brejão, Calçado, Capoeiras, Jucati, Jurema, Jupi e Lajedo estão parcialmente inseridos na bacia. Em

Alagoas, os municípios de Murici, União dos Palmares, São José da Laje, Santana do Mundaú, Satuba e Branquinha fazem parte da bacia.

A região apresenta um clima, segundo a classificação de Köppen, Aw (Tropical, com estação seca no inverno), sendo uma pequena porção a noroeste da bacia composta pelo clima BSh (clima seco e semiárido, com baixas latitudes e altitudes) (Alvares et al., 2014). A precipitação média anual varia de 497 a 1143,63 mm (Araújo et al., 2015). Na região litorânea da bacia, o índice pluviométrico pode chegar a 2000 mm, devido à influência da brisa marítima e dos sistemas atmosféricos globais que trazem mais umidade ao continente, causando maior concentração de chuvas nessa área (Gomes et al., 2016). A precipitação média anual na bacia é de 800 mm (Alvares et al., 2014), com a diminuição da precipitação à medida que a distância da costa aumenta. A estação chuvosa ocorre nos meses de março a junho (Araújo et al., 2015).

Dados pluviométricos

As estações pluviométricas inseridas na região da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú selecionadas para análise de consistência compreendem onze postos, distribuídos ao longo do território de 5 (cinco) municípios do estado de Pernambuco e 6 (seis) municípios do estado de Alagoas. O levantamento dos dados pluviométricos foi realizado a partir da Agência Nacional de Águas (ANA), por meio do Sistema de Informações Hidrológicas – HIDROWEB, e da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). As estações bem como suas localizações são apresentadas na Figura 2. O período de dados analisados neste estudo compreende desde 2000 até o ano de 2016.

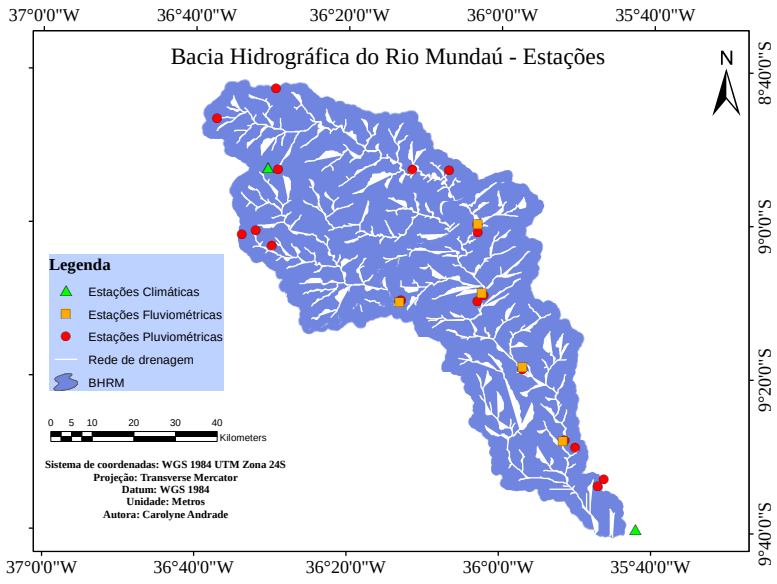

Figura 2 – Localização das estações de monitoramento da bacia hidrográfica do Rio Mundaú

Método da Dupla Massa

Para análise das séries de dados pluviométricos utilizou-se o método da Dupla Massa, o qual de acordo com Bertoni e Tucci (2013), visa demonstrar o nível de homogeneidade da série de dados de uma estação de acordo com as observações existentes em uma ou mais estações vizinhas. Esse método é amplamente adotado no Brasil e é válido para séries mensais e anuais de chuvas (Paca, 2008; Bertoni e Tucci, 2013). Além disso, visa analisar a consistência dos dados em abrangência regional, podendo ser aplicado tanto para dados brutos quanto para dados com falhas preenchidas (Bertoni e Tucci, 2013).

O método baseia-se na seleção da estação de interesse e as mais próximas, a fim de verificar a consistência das chuvas totais anuais acumuladas. Os dados são plotados em um gráfico nas ordenadas e os totais médios anuais das demais estações nas abscissas. A consistência dos totais anuais da estação analisada é confirmada quando há uma tendência linear em relação às estações vizinhas (Oliveira et al., 2008). Caso haja uma modificação significativa, significa que os dados não foram adequadamente medidos ou apresentam características hidrológicas diferentes (Mello e Silva, 2013).

Na análise de consistência, o coeficiente de determinação (R^2) foi utilizado como índice estatístico para avaliar a homogeneidade dos dados pluviométricos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de Consistência

Segundo Paca (2008), modificações na posição ou exposição de uma estação pluviométrica podem causar grandes mudanças na quantidade de precipitação que ela mede, levando a dados inconsistentes. A análise de consistência das onze estações pluviométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú é apresentada nas Figuras 3 e 4. Pode-se observar na Figura 3 que todas as estações dos municípios pernambucanos (com o período de dados entre 2000 e 2014) apresentaram consistência, segundo o método da Dupla Massa, com coeficientes de determinação acima de 0,9751. As estações dos municípios de Alagoas também apresentaram consistência, com coeficientes de determinação acima de 0,9856.

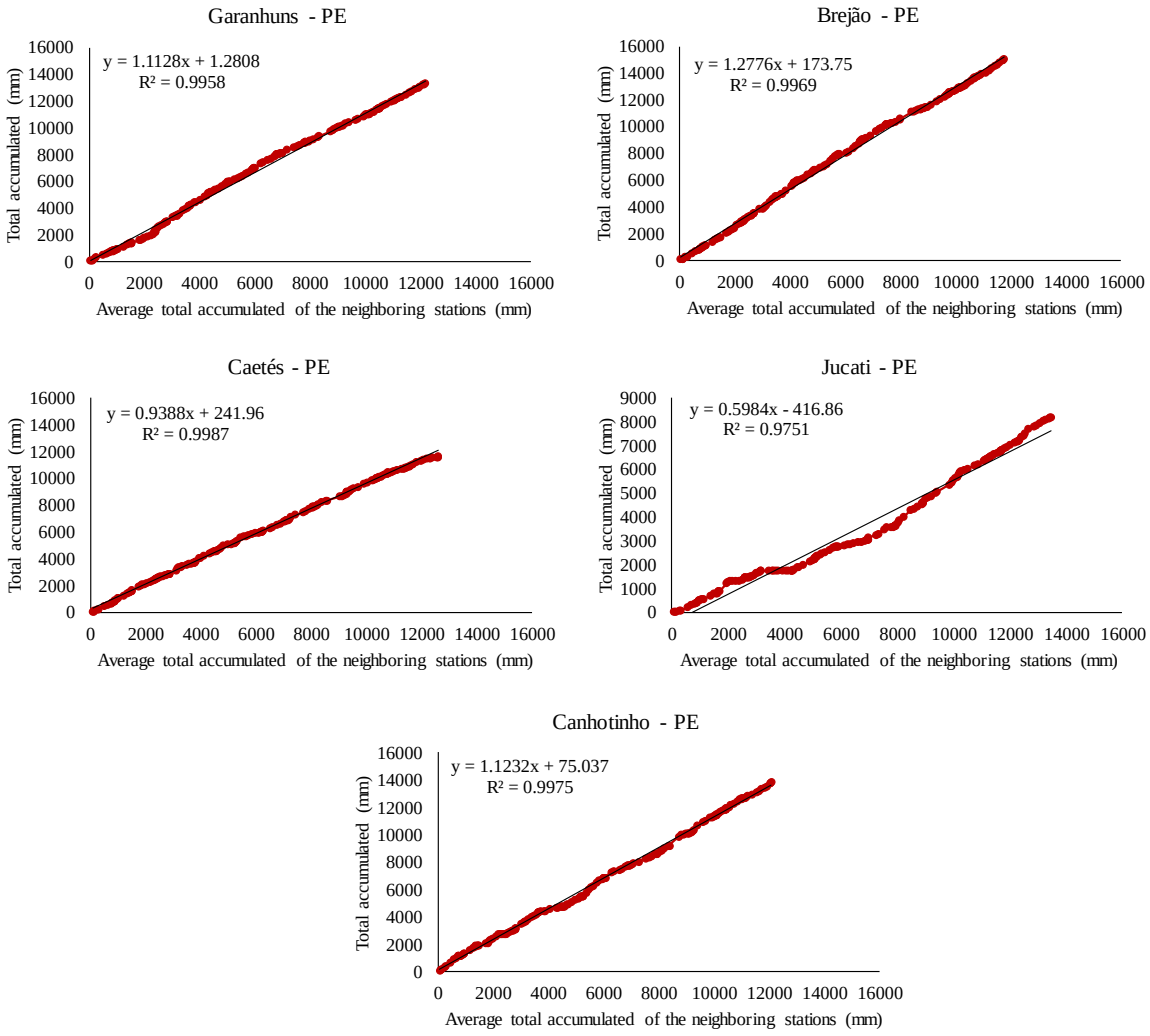

Figura 3 – Avaliação da consistência das séries pluviométricas pelo método da Dupla Massa nas estações pernambucanas da Bacia do Rio Mundaú

Pode-se observar que algumas estações apresentaram mudança de direção de declividade da reta, como as estações de Jucati em Pernambuco, e Maceió em Alagoas. Esse comportamento, segundo Silva e Azevedo (2017), pode ser um indicativo de que os valores dos postos vizinhos não são proporcionais à estação analisada. De acordo com Barbosa Júnior (2015) o não alinhamento da reta pode ocorrer devido a anormalidades no posto pluviométrico, oriundas da mudança de localização ou das condições de operação do aparelho, dos erros sistemáticos, das mudanças climáticas ou da alteração do método de coleta dos dados pluviométricos.

Silva e Azevedo (2017) analisando a consistência de séries pluviométricas na Bacia Hidrográfica do Rio Brígida, em Pernambuco, também encontraram mudança de direção de declividade da reta em três estações pluviométricas.

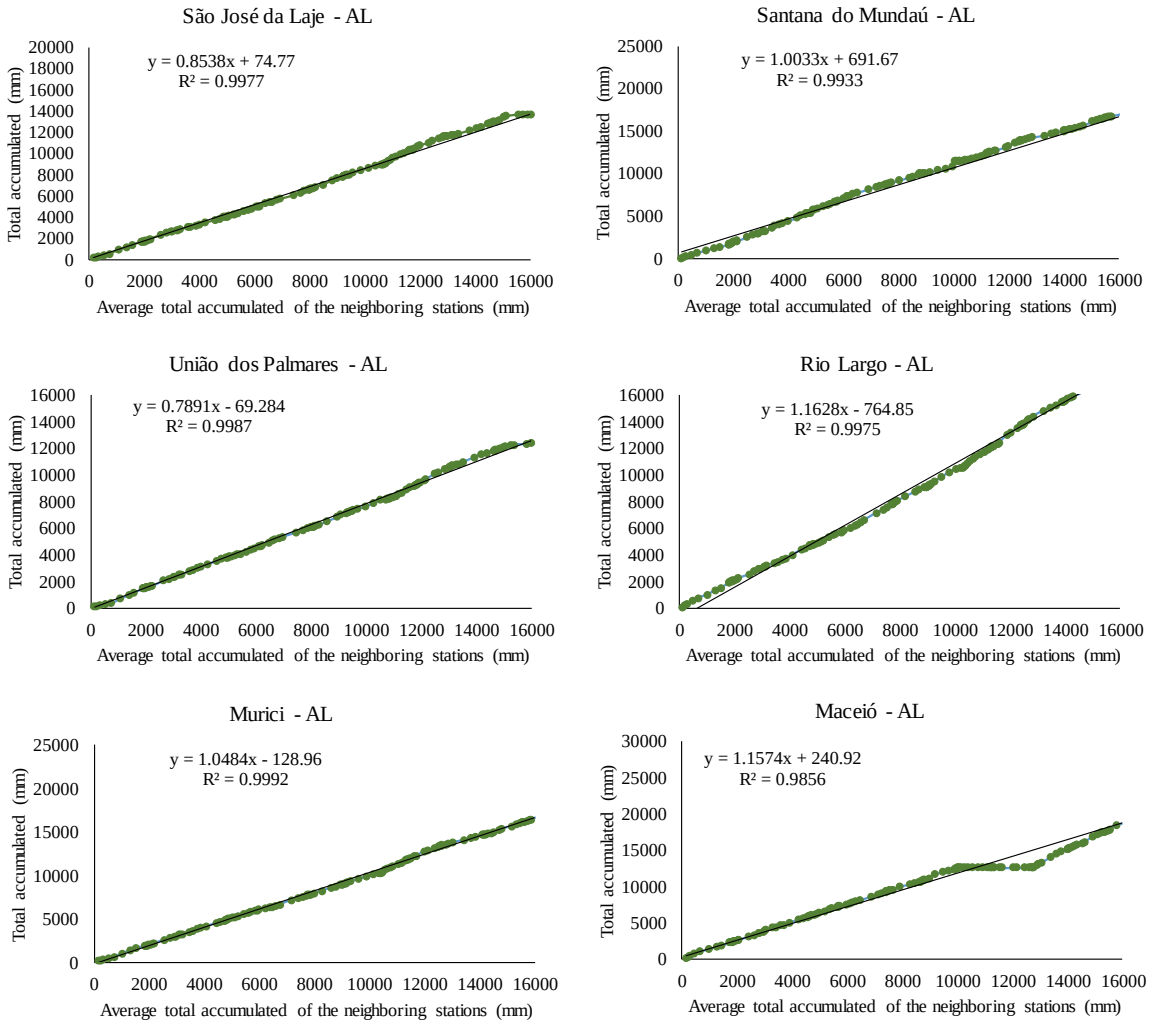

Figura 4 – Avaliação da consistência das séries pluviométricas pelo método da Dupla Massa nas estações alagoanas da Bacia do Rio Mundaú

Carvalho e Ruiz (2016) analisando a consistência pelo método da Dupla Massa de uma série de dados de estações pluviométricas localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, em Minas Gerais, verificaram que algumas estações apresentaram dados dispersos, ou seja, sem consistência. Os autores necessitaram corrigir tais dados. Após a correção aplicada, os autores obtiveram consistência nos dados, com valores de R^2 de 0,9989 para a estação Charqueada do Patrocínio.

CONCLUSÃO

Após a avaliação da consistência dos dados de precipitação da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú, concluiu-se que todas as estações apresentaram séries pluviométricas consistentes, com valores de R^2 entre 0,9751 e 0,9992. Estudos como este podem auxiliar na aplicação de dados

consistentes na modelagem hidrológica e no entendimento do comportamento pluviométrico da região.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à equipe de desenvolvedores do modelo SWAT - da Texas A&M University - pelo generoso suporte técnico, assim como a Agência Nacional de Águas do Brasil, a Agência Pernambucana de Água e Clima e a Universidade Federal Rural de Pernambuco. Este trabalho foi apoiado pela FACEPE (processo nº IBPG-0231-5.03/14, BCT-0176-5.03/14 e APQ-0300-5.03/17 – Consórcio Universitas – PE), CNPq (processo nº 446254/2015-0, 30764/2013-9 e INCT- Mudanças climáticas Fase 2), CAPES (Processo PVE aupex 2792/2013 23038007733/2013-76), Bolsas FINEP (REHIDRO 1830) e PQ do CNPq.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. (2014). *"Köppen's climate classification map for Brazil"*. Meteorologische Zeitschrift 22(6), pp. 711–728.

ARAÚJO, M.S.; ARAÚJO, H.M.; SILVA JÚNIOR, C.G. (2015). *"Indicadores socioambientais e aplicabilidade no alto curso da bacia hidrográfica do rio Mundaú-PE"*. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental 19(1), pp. 1-10.

BARBOSA JÚNIOR, A.R. (2015). *Elementos de Hidrologia Aplicada*. UFOP Ouro Preto-MG.

BERTONI, J.C.; TUCCI, C.E.M. (2013). *Precipitação*. In: TUCCI, C.E.M. Hidrologia Ciência e Aplicação. 4. ed. Porto Alegre: Ufrgs, Cap. 5. pp. 177-241.

BRAGA, R.A.P.; CABRAL, J.J.S.P.; CIRILO, J.A.; CAMPELLO, S.; MONTENEGRO, S.M.G.L. (1999). *Inserção da universidade na gestão dos recursos hídricos*, Caderno de Extensão – UFPE, Ano 2, n 3.

CARVALHO, H.P.; RUIZ, M.V.S. (2016). *"Avaliação da consistência de séries históricas de chuva da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, em Minas Gerais"*. Fórum Ambiental da Alta Paulista 12(6), pp. 76-84.

GOMES, D.D.M.; LIMA, D.R.M.; VERÍSSIMO, C.U.V.; DUARTE, C.R. (2016). *"Mapeamento e caracterização dos sistemas ambientais da bacia hidrográfica do Rio Mundaú - PE/AL"*. Caderno de Geografia 26(2), pp. 272-299.

MELLO, C.R.; SILVA, A.M. (2013). *Hidrologia: Princípios e aplicações em sistemas agrícolas*. Lavras: Ed. Ufla, 455 p.

OLIVEIRA, L.F.C.; FIOREZE, A.P.; MEDEIROS, A.M.M.; SILVA, M.A.S. (2008). *"Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual"*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 14(11), pp.1186-1192.

PACA, V.H.M. (2008). *Análise de informações satelitais e dados convencionais da rede pluvio-fluviométrica como contribuição à modelagem hidrológica na região Amazônica - Estudo de caso: Bacia do rio Guamá – Pará.* Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 135 p.

SILVA, F.J.B.C.; AZEVEDO, J.R.G. (2017). *"Análise de consistência de séries pluviométricas: Estudo de caso na Bacia do Rio Brígida – PE"*. in Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Florianópolis, Nov. 2017, pp. 1-8.