

XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DAS VARIÁVEIS HIDROMETEOROLÓGICAS DO BALANÇO HÍDRICO NA REGIÃO SEMIÁRIDA DE CRUZETA (RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL)

*Hélio Nogueira Bezerra¹; Joel Medeiros Bezerra²; Glécio Machado Siqueira³; Arthur Mattos⁴;
Herison Alves de Oliveira¹*

RESUMO – Devido aos grandes impactos socioambientais provocados pelo déficit hídrico na região de semiárido, o balanço hídrico climatológico é importante para a compreensão e o monitoramento da disponibilidade de água e das variáveis que o influenciam. Portanto, o presente trabalho tem o objetivo de avaliar o comportamento das variáveis hidrometeorológicas intervenientes nas componentes do balanço hídrico mensal de Thornthwaite e Matter (1955) na região semiárida de Cruzeta (Rio Grande do Norte, Brasil). Para o estudo foram considerados valores mensais de temperatura e precipitação, formando-se nove cenários com a combinação entre os valores médios, mínimos e máximos de temperatura e precipitação. Utilizou-se o valor padrão de 100 mm para a capacidade de água disponível (CAD) e a evapotranspiração potencial (ETP) foi estimada pelo método de Thornthwaite (1948). Os resultados demonstraram que os componentes do balanço hídrico em Cruzeta/RN foram influenciados diretamente pela variável precipitação pluvial, o que limita diretamente a disponibilidade e o armazenamento de água, alterando o ciclo hidrológico em escala local, retardando o processo de evapotranspiração.

ABSTRACT– Due to the great social and environmental impacts caused by water deficit in semi-arid region, the climatic water balance is important for understanding and monitoring water availability and the variables that influence it. Therefore, this study aims to evaluate the behavior of hydrometeorological variables involved in the monthly water balance components of the Thornthwaite and Matter (1955) in the semiarid region of Cruzeta (Rio Grande do Norte, Brazil). For the study included monthly values of temperature and precipitation, forming nine scenarios with a combination of the mean, minimum and maximum values of the temperature and precipitation. Was used the standard value of 100 mm for the available water capacity (AWC) and potential evapotranspiration (PET) was estimated by the method of Thornthwaite (1948). The results showed that the water balance components in Cruzeta/RN were directly influenced by variable rainfall, which limits directly the availability and storage of water, altering the hydrological cycle on a local scale, delaying the process of evapotranspiration.

Palavras-Chave – Gerenciamento. Modelagem. Recursos hídricos.

1) Mestrando em Engenharia Sanitária. Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Caixa Postal 1524, Campus Universitário Lagoa Nova, Natal, RN, CEP 59072-970. Fone: (84) 8888-4026, (84) 8805-1066. E-mail: helionogueirab@gmail.com, herisonalves@yahoo.com.br.

2) Mestrando em Engenharia Agrícola. Universidade Federal Rural do Pernambuco – UFRPE. Av. Dom Manoel, Bairro Dois Irmãos, Recife, PE, CEP 52171-900. Fone: (81) 9767-5643. E-mail: joel_medeiros@oi.com.br.

3) Doutor em Engenharia para o Desenvolvimento Rural. Universidade Federal Rural do Pernambuco – UFRPE. Av. Dom Manoel, Bairro Dois Irmãos, Recife, PE, CEP 52171-900. E-mail: gleciosiqueira@hotmail.com.

4) Doutor em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Caixa Postal 1524, Campus Universitário Lagoa Nova, Natal, RN, CEP 59072-970. Fone: (84) 9988-5547. E-mail: armattos@ct.ufrn.br.

INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil é caracterizada pelo clima semiárido, apresentando condições hídricas desfavoráveis, com evapotranspiração potencial alta durante todo ano e precipitação mal distribuída no espaço e no tempo. Nesse contexto, a água é fator essencial de desenvolvimento, tendo em vista que em regiões de grande variabilidade sazonal desse recurso, a viabilidade do desenvolvimento econômico depende, muitas vezes, da disponibilidade hídrica. (TUCCI *et al.*, 2000).

Para entender melhor a disponibilidade de água no solo na região semiárida, já que o déficit hídrico provoca grandes impactos socioambientais, não basta apenas conhecer o regime pluviométrico, mas é preciso, também, compreender a realização do balanço hídrico climatológico para caracterização climática (CAMARGO e CAMARGO, 1993). Segundo Pereira *et al.* (2002), o balanço hídrico climatológico é definido como o conhecimento das condições do balanço de água no solo coberto por uma vegetação-padrão (gramado).

O balanço hídrico climatológico (BHC) foi desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) para determinar o regime hídrico de um local, sem necessidade de medidas diretas das condições do solo. Para sua elaboração, há necessidade de se definir o armazenamento máximo de água no solo (Capacidade de Água Disponível – CAD), e de se ter a medida total da precipitação, e também a estimativa da evapotranspiração potencial em cada período. Com essas três informações básicas, o BHC permite deduzir sistematicamente todos os fluxos hídricos, tais como, a evapotranspiração real, a deficiência ou o excedente hídrico, e o total de água retida no solo em cada período estudado (mensalmente).

Segundo Varejão (2006), os resultados do BHC têm sido largamente usados, como parâmetros, para estabelecer comparações entre condições climáticas reinantes em distintas áreas, com vistas à realização de zoneamentos agroclimáticos.

No trópico semiárido, em particular, observa-se uma flutuação interanual muito grande do total pluviométrico em um dado mês, enquanto a variação da temperatura média em um dado mês, ao longo de vários anos, é normalmente muito pequena, o que tende a estabilizar as estimativas da evapotranspiração de referência (ET_o).

Para tanto, este trabalho tem o objetivo de avaliar o comportamento das variáveis hidrometeorológicas intervenientes nas componentes do balanço hídrico climatológico mensal de Thornthwaite e Matter (1955) na região semiárida de Cruzeta (Rio Grande do Norte, Brasil).

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A coleta dos dados climatológicos (Tabela 1) ocorreu no período de 1996 a 2003, no município de Cruzeta /RN, região semiárida, na estação meteorológica do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climatológicos (CPTEC), localizada na latitude 6,42° S e longitude 36,78° W e a uma altitude de 359 metros (Figura 1).

Tabela 1 - Dados meteorológicos da estação do CPTEC de Cruzeta/RN.

Mês	T _{máxima}	T _{média}	T _{mínima}	P _{máxima}	P _{média}	P _{mínima}
	°C			mm mês ⁻¹		
Jan	30.56	29.76	27.99	207.80	106.30	2.20
Fev	31.06	29.90	28.50	202.20	74.38	4.10
Mar	30.85	28.98	27.41	240.80	154.04	94.90
Abr	31.75	28.86	27.51	352.10	124.58	21.10
Mai	30.91	28.62	26.91	131.00	63.63	0.30
Jun	29.29	27.89	26.89	65.00	21.74	2.60
Jul	30.34	28.04	26.81	52.00	13.11	3.20
Ago	30.69	28.47	27.26	65.20	13.11	0.00
Set	29.96	29.42	28.28	24.00	4.51	0.00
Out	30.74	30.26	29.71	8.40	1.40	0.00
Nov	31.01	30.65	30.23	1.30	0.50	0.00
Dez	32.66	30.81	29.34	43.50	17.38	0.00

T – Temperatura do ar; P – Precipitação.

Na tabela tem-se os valores médios e extremos observados dentro de um período de 8 anos. Estando a estação situada em área de planície suavemente ondulada (Figura 1)..

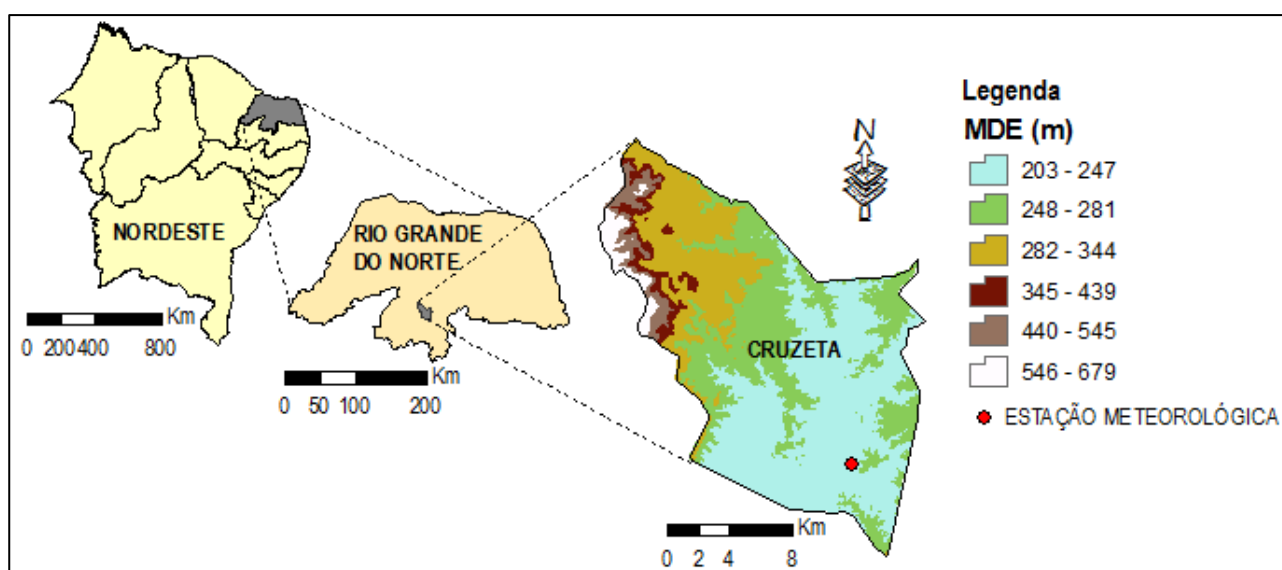


Figura 1 – Localização da região Nordeste, estado do Rio Grande do Norte e município de Cruzeta, com seu Modelo Digital de Elevação (MDE), além da espacialização da estação meteorológica do CPTEC.

O município de Cruzeta possui clima do tipo BSH, segundo classificação de Köppen. As precipitações desse município se concentram de fevereiro a abril, com médias anuais em torno de 580 mm, e temperatura média diária de 27,5 °C. A sua vegetação é do tipo Caatinga Subdesértica do Seridó, vegetação mais seca do estado, com arbustos e árvores baixas, ralas e de xerofitismo mais acentuada (RIO GRANDE DO NORTE, 2008).

Dados utilizados

Observou-se com o auxílio dos gráficos o comportamento das variáveis meteorológicas de precipitação pluvial mensal (Figura 2) e temperatura média mensal do ar (Figura 3), com suas respectivas curvas de diferenças (média, máxima e mínima).

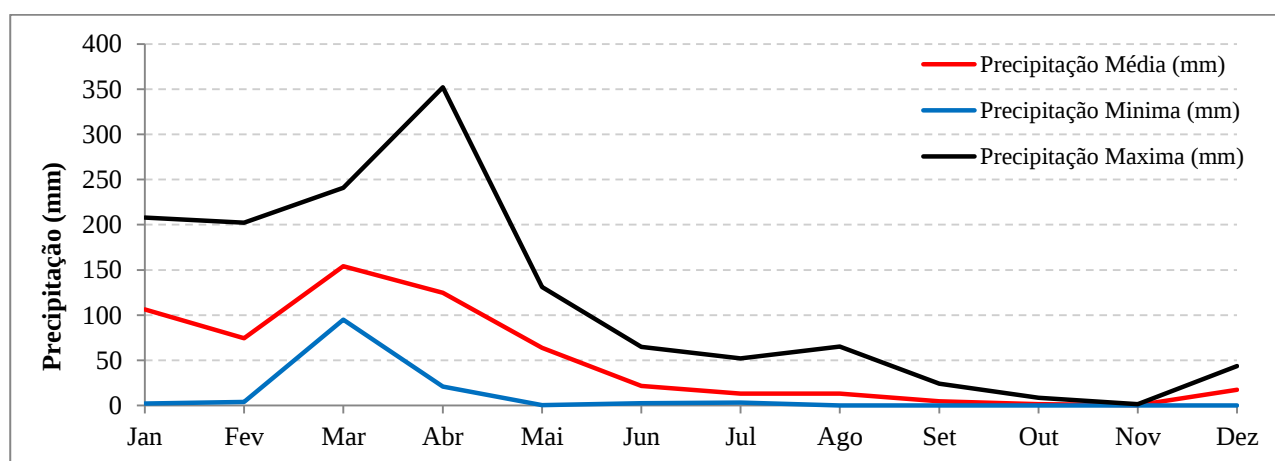


Figura 2 – Precipitação média, máxima e mínima mensais no período de 1996 a 2003.

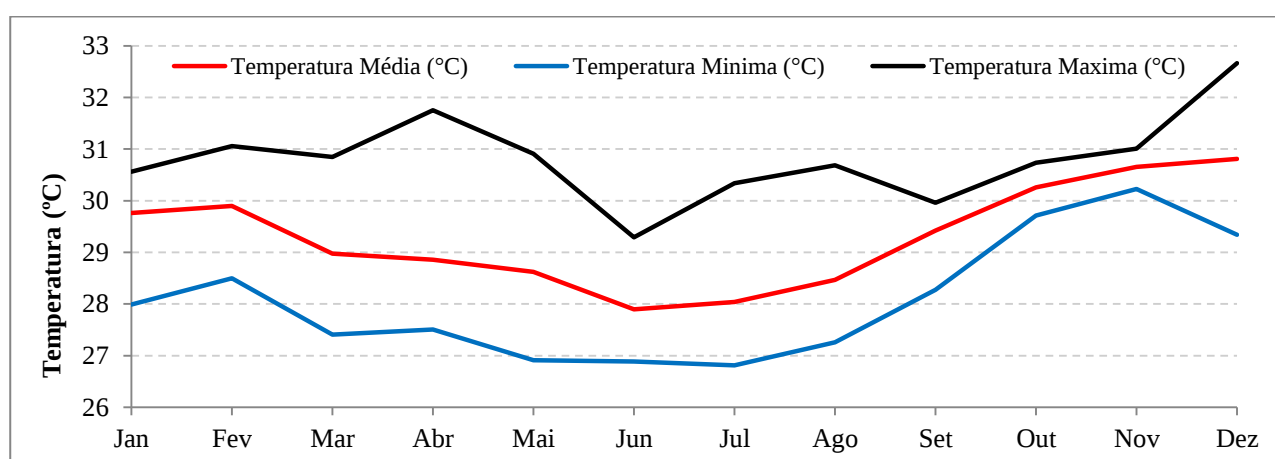


Figura 3 – Temperatura média, máxima e mínima mensais no período de 1996 a 2003.

A figura 4 apresenta o comportamento da distribuição intrasazonal anual das variáveis dentro do período de estudo.

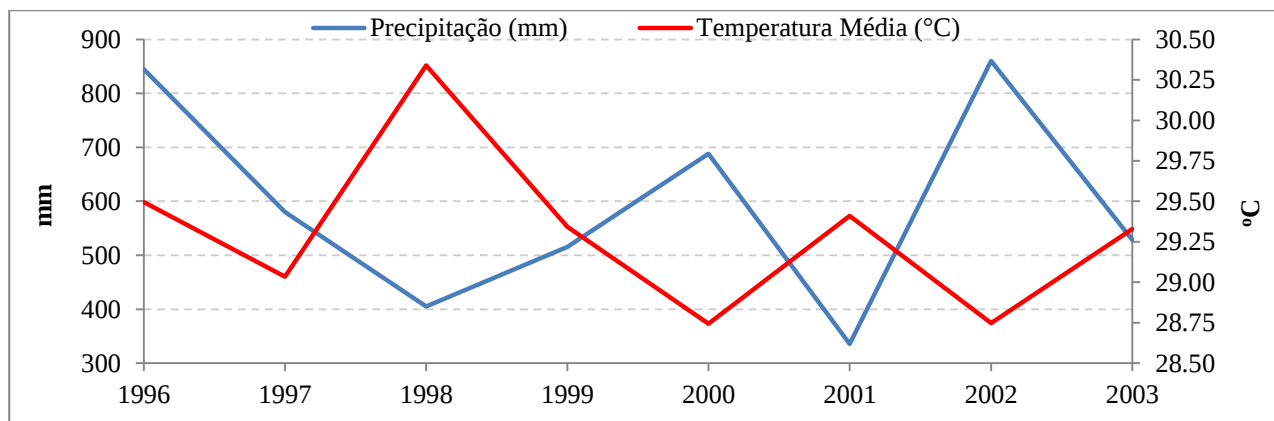


Figura 4 – Gráfico de total anual de precipitação e média anual de temperatura do ar.

As Figuras 5 e 6 representam o comportamento das variáveis de precipitação mensal e temperatura média mensal do ar, onde se percebe a ocorrência de distribuição sazonal, devido a ocorrência periódica de oscilações frequentes situadas em um mesmo intervalo de tempo, compreendendo os meses de janeiro a julho com ocorrência de precipitações representativas, enquanto os meses de agosto a dezembro permanecem em estiagem.

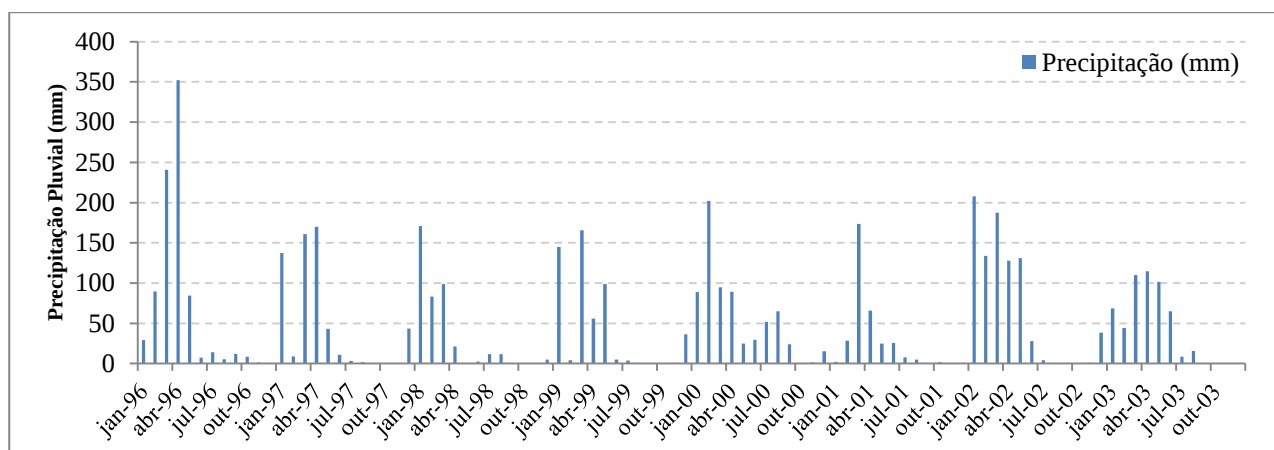


Figura 5 – Gráfico de Precipitação Pluvial mensal na área de estudo.

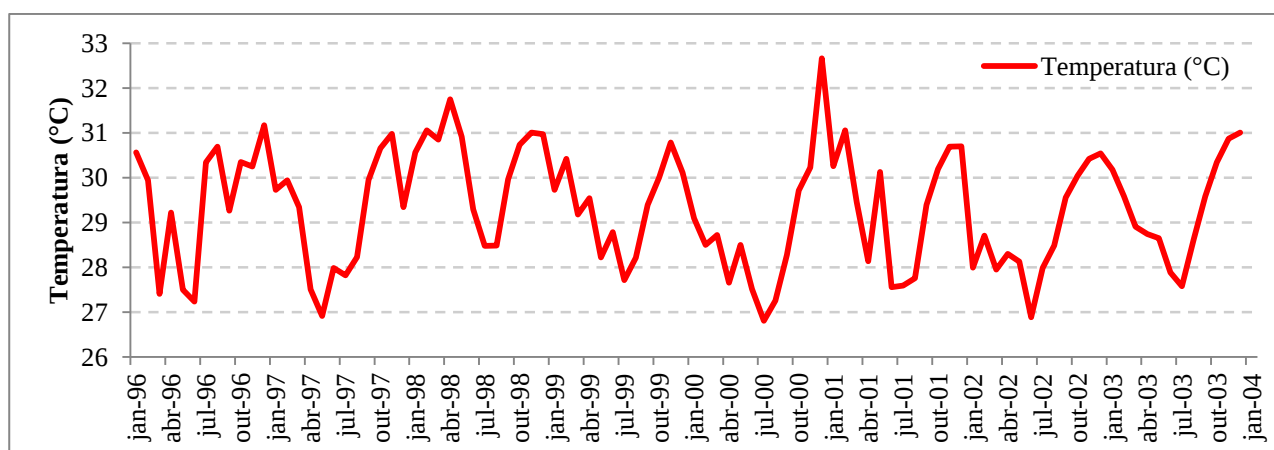


Figura 6 – Gráfico de Temperatura média mensal na área de estudo.

Balanço hídrico climatológico

Diante da ocorrência de eventos extremos presentes no período de estudo, optou-se por simular e determinar inicialmente os balanços hídricos mensais de acordo com o modelo de Thornthwaite e Matter (1955), considerando a existência de nove cenários com a presença de condições extremas e normais, as quais, tais combinações em cenários distintos possibilitam prever e comparar situações adversas e/ou propícias, baseadas na situação padrão de temperatura média e precipitação média, tal como relacionar ao desenvolvimento econômico local, além de permitir implementar políticas públicas de gerenciamento de recursos hídricos, por fim avaliar a evolução do microclima em escala local.

O estudo foi realizado com dados meteorológicos de um período de 8 anos, sendo os cenários e suas respectivas variáveis descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Cenários e suas respectivas variáveis meteorológicas.

Variáveis Meteorológicas		Temperatura (°C)		
		Pmédia	Pmáxima	Pmínima
Precipitação (mm)	Tmédia	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
	Tmáxima	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
	Tmínima	Cenário 7	Cenário 8	Cenário 9

Os dados foram utilizados no desenvolvimento do balanço hídrico climatológico através do programa EXCEL conforme Rolim *et al.* (1998). Utilizou-se o valor de referência padrão de 100 mm para a capacidade de água disponível (CAD), conforme o INMET e a evapotranspiração potencial (ETP) foi estimada pelo método de Thornthwaite (1948).

Como resultado, o BHC fornece as estimativas da evapotranspiração real (ETR) da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM) para cada mês do ano no formato de gráficos, que seguem as recomendações de Camargo e Camargo (1993).

Uma vez calculados os índices climatológicos e com o auxílio das tabelas dos componentes do BHC, pode-se obter a fórmula climática e consequentemente caracterizar o clima de Cruzeta/RN, pelo método de Thornthwaite.

Em seguida, executou-se a análise da influência das variáveis hidrometeorológicas intervenientes nas componentes do balanço hídrico climatológico mensal de Thornthwaite e Matter (1955), a fim de determinar a influência destas variáveis em cada um dos nove cenários formados anteriormente.

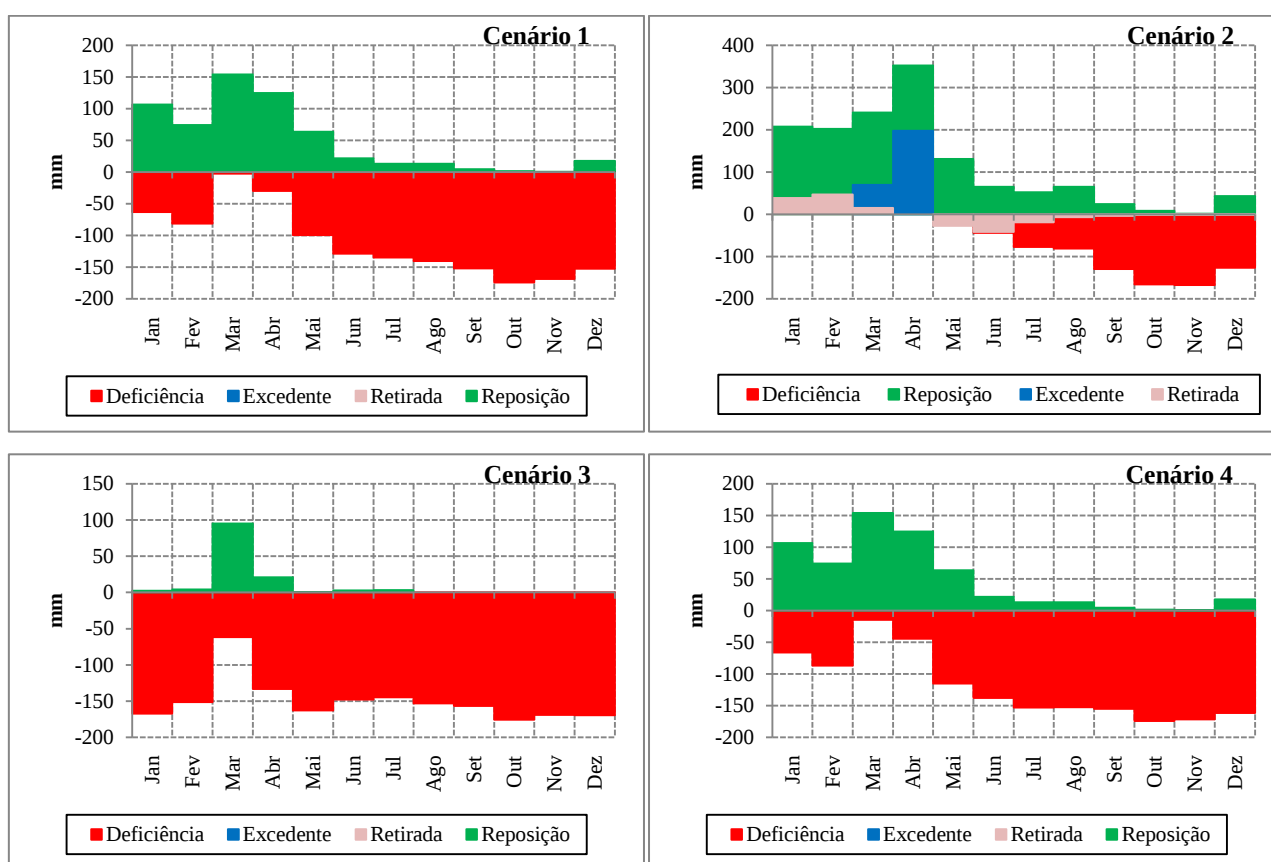
Análise de correlação

O coeficiente de correlação de Pearson foi usado na determinação das correlações entre as variáveis meteorológicas (T e P) e as componentes do balanço hídrico mensal

Com o objetivo de determinar a correlação linear entre as variáveis meteorológicas e as componentes do balanço hídrico mensal, foram construídas matrizes de correlação entre os pares de dados. A classificação de SANTOS (2007) foi utilizada para determinar o valor da correlação entre os pares de dados: $|r| = 1$: perfeita; $0,8 \leq |r| < 1$: forte; $0,5 \leq |r| < 0,8$: moderada; $0,1 \leq |r| < 0,5$: fraca; $0 < |r| < 0,1$: fracamente e $r = 0$: nula.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As representações gráficas do BHC para os nove cenários propostos estão apresentadas na Figura 7, onde o cenário 1 apresenta as condições padrões, sendo determinado com os valores médios de Temperatura e Precipitação, portanto atuando com referência para os demais cenários de previsão.



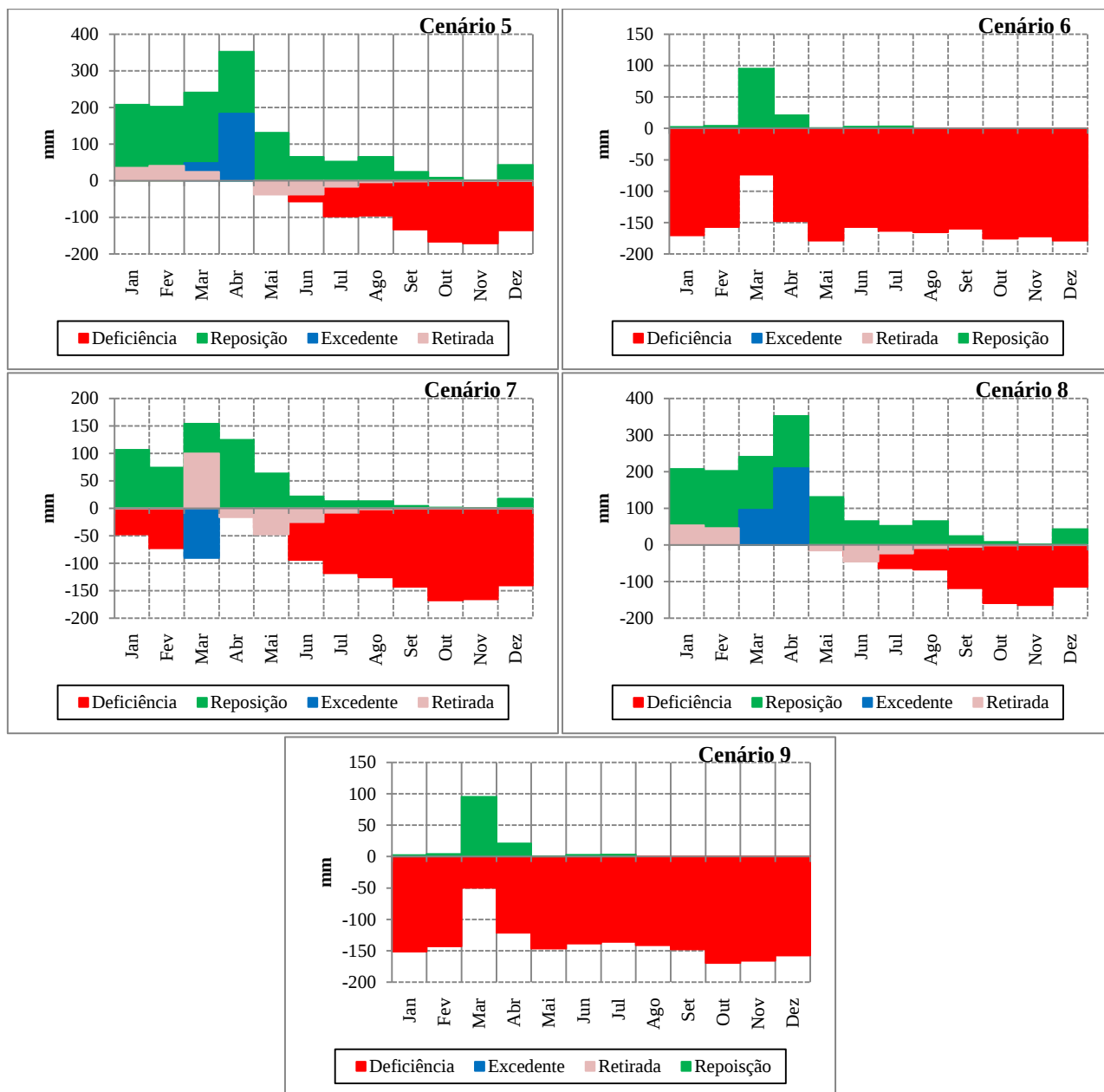


Figura 7 – Representação gráfica completa do balanço hídrico climatológico para os nove cenários.

Apesar de considerar condições normais e extremas na simulação dos cenários, averiguou-se a classificação climática segundo Thornthwaite sendo Árido (Cenários 1, 3, 6 e 9) a Semiárido (Cenários 2, 4, 5, 7 e 8) com predominância de excesso d'água pequeno ou nulo, com exceção dos cenários 2, 5 e 8 (que correspondem aos cenários de ocorrência de eventos de máximo regime de precipitação) onde ocorre excesso d'água moderado no verão.

Os cenários 1, 3, 4, 6 e 9 apresentaram-se mais críticos devido ao elevado valor de deficiência, associado ao prologando período de duração de tal evento, prevalecendo durante todo o decorrer do ano. Observa-se ainda que os meses em que ocorreram eventos de excedente situam-se no período de março a abril (cenários 2, 5 e 8), onde o período chuvoso hidrológico ocorre entre os meses de janeiro a abril.

Devido a ocorrência de praticamente todos os cenários de balanço hídrico apresentarem a componente excedente com valores nulos, optou-se por não utilizar esta variável na análise de correlação linear.

A correlação linear entre os parâmetros envolvidos neste estudo, demonstrou que a precipitação é o parâmetro que mais se relaciona, sendo o fator determinante para a estimação da ETR, DEF e RET, quando comparado com a temperatura. Sabe-se que a relação entre a temperatura e precipitação é inversa, havendo um aumento dos valores de correlação linear de forma negativa, principalmente nos cenários 7, 8 e 9 (precipitação mínima), para os demais cenários a relação entre precipitação e temperatura é positiva. Os valores de correlação linear encontrados foram baixos na maioria dos casos, por isso, optamos por não exibir a tabela de correlação.

Logo, com exceção da ETR os demais parâmetros dependem muito mais de características internas do solo do que da própria precipitação e temperatura.

CONCLUSÕES

Existe deficiência hídrica pronunciada no município de Cruzeta/RN para os cenários de simulação 3, 4, 6 e 9, em praticamente todos os meses do ano, além do cenário 1 de condições normais de temperatura e regime de precipitação pluvial.

Sendo que o período de excedente hídrico ocorre apenas nos meses de março a abril para os cenários simulados 2, 5 e 8, estes em virtude de se considerar os eventos extremos de precipitação máxima, logo visto que a área em estudo se situa em plena região de semiárido.

Os componentes do balanço hídrico em Cruzeta/RN foram influenciados diretamente pela variável precipitação pluvial, o que limita diretamente a disponibilidade, armazenamento de água e consequentemente alterando o ciclo hidrológico em escala local, retardando o processo de evapotranspiração.

O local apresenta distribuição sazonal das chuvas com dois períodos bem distintos: um seco, entre os meses de agosto a dezembro, e um outro chuvoso nos demais meses. Tanto o balanço hídrico quanto as classificações climáticas evidenciam a necessidade de técnicas que visem suprir tais demandas durante os meses de deficiência hídrica, além da implementação de tecnologias alternativas que amenizem tais deficiências no período prolongado de estiagem, principalmente em regiões semiáridas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pelo apoio financeiro.

BIBLIOGRAFIA

CAMARGO, M.B.P.; CAMARGO, A.P. (1993). “*Representação gráfica informatizada do extrato do balanço hídrico de Thornthwaite & Matter*”. Bragantina, Campinas, v.52, p.169-172.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. (2002). “*Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas*”. Guaíba: Agropecuária, 478p.

RIO GRANDE DO NORTE. INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE. (2008). “*Perfil de seu município – Cruzeta*”. Natal, RN, v. 10, p. 1-23. Disponível em: <http://www.idema.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/idema/socio_economicos/arquivos/Perfil%202008/Cruzeta.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2012.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. (1998). “*Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial*”. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.6, p.133-137.

SANTOS, C.M.A. (2007). “*Estatística Descritiva - Manual de Auto-aprendizagem*”, Lisboa, Edições Sílabo, 261p.

THORNTHWAITE, C.W. (1948). “*An approach toward a rational classification of climate*”. Geography Journal, v.38, p.55-94.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. (1955). “*The water balance. Publications in Climatology*”. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO, O. (2000). “*Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a visão mundial da água*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 31-43.

VAREJÃO-SILVA, M. A. (2006). “*Meteorologia e climatologia*”. Versão digital 2 – Recife, PE.