

Influências de Mudanças Climáticas no Balanço Hídrico Climatológico de Cacoal – RO

Carolina Deina¹ (UTFPR) – caroldeina@hotmail.com

Ailton Marcolino Liberato² (UNIR) – ailtonliberato@unir.br

Resumo: A disponibilidade hídrica pode ser quantificada pelo balanço hídrico climatológico, no qual fica evidenciada a flutuação temporal de períodos com excedente e com deficiência, permitindo, dessa forma, o planejamento de atividade agropecuária. O presente plano de trabalho teve como objetivo estimar as componentes do balanço hídrico utilizando dados observacionais de 1999 a 2010 da estação meteorológica localizada no município de Cacoal e as projeções futuras de precipitação e temperatura do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, como também análise da expansão agropecuária do município. O método utilizado foi o de Thornthwaite e Mather de 1957. Os resultados mostram que o balanço hídrico nas condições atuais, apresenta evapotranspiração real e potencial semelhantes entre os meses de junho a abril, e outubro a dezembro, por outro lado, apresenta uma grande variação entre junho a outubro (período seco). Onde no período seco ocorre a deficiência hídrica. As projeções futuras indicam uma grande deficiência hídrica se a precipitação reduzir e se a temperatura aumentar no futuro, com isso, causaria um impacto negativo na produção agrícola e na pecuária do município de Cacoal com a diminuição de produtividade.

Palavras-chave: Balanço hídrico; Cacoal; Agropecuária.

1. Introdução

O balanço hídrico caracteriza a contabilidade de entrada e saída de água no solo. A entrada é representada pela precipitação enquanto a saída é dada pela evapotranspiração e pela drenagem de água sub superficial para o lençol freático, considerado como excedente. O cálculo do balanço hídrico é importante no planejamento e manejo do sistema agrícola.

O balanço hídrico é composto pela evapotranspiração real e potencial, excesso e a deficiência hídrica (FERREIRA et. al., 2001). A evapotranspiração potencial representa uma demanda evaporativa em certo período de tempo, que depende da radiação solar e do vento. Por outro lado, a evapotranspiração real representa uma estimativa de evapotranspiração efetiva ou de perda de água do solo em certo período de tempo. O excesso hídrico corresponde à diferença entre a precipitação e a evapotranspiração potencial, enquanto a deficiência hídrica corresponde à diferença entre evapotranspiração real e evapotranspiração potencial. Segundo Santos et. al. (2010) o balanço hídrico permite realizar o zoneamento agroclimático e ambiental de uma região, classificar o clima desta região, e permitir o conhecimento da necessidade e disponibilidade hídrica no solo ao longo do tempo, definindo os períodos de deficiência hídrica e excesso hídrico em certo local. A deficiência hídrica e a

¹ Graduação em andamento em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFP/Campus de Medianeira.

² Docente do Curso de Engenharia de Produção da Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR/Campus de Cacoal.

evapotranspiração real e potencial são parâmetros indispensáveis para determinar a produtividade da água em determinado local.

Devido à grande demanda atual por recursos hídricos no mundo, entender o ciclo d' água dentro de uma bacia hidrográfica, principalmente a precipitação e evapotranspiração é de suma importância. Segundo Camargo (1971), para saber se uma região apresenta deficiência ou excesso de água durante um ano, é indispensável comparar dois elementos opostos do balanço hídrico: a precipitação que fornece a umidade para o solo e a evapotranspiração que consome a umidade do solo. Segundo Pereira et al. (2002), a disponibilidade hídrica pode ser quantificada pelo balanço hídrico climatológico, no qual fica evidenciada a flutuação temporal de períodos com excesso e deficiência. O balanço hídrico de uma região tende a se manter sem grandes alterações naturais, mas com o aumento populacional e o uso indiscriminado da água, e ações antrópicas podem acabar interferindo no ciclo hidrológico, por meio das taxas de precipitação, de infiltração no solo, da evapotranspiração e do escoamento superficial e profundo.

Na Amazônia um dos elementos meteorológicos que apresenta maiores resultados na produção agrícola é a precipitação pluviométrica, pois é o elemento que determina a disponibilidade de água no solo para o uso das plantas quando há ausência de irrigação (MOTA; MEDEIROS, 2002). Segundo Liberato & Brito (2010), analisar as componentes do balanço hídrico é importante para entender a produção agropecuária de uma região, o potencial de energia hidroelétrica, as características bióticas dos ecossistemas e a oferta de recursos hídricos. Qualquer variação na disponibilidade hídrica terá efeitos socioeconômicos e terá que ser levado em consideração em planejamentos futuros de desenvolvimento. Diante do exposto o presente trabalho avaliou os impactos dos cenários futuros quanto às mudanças climáticas nas componentes do balanço hídrico no município de Cacoal, Estado de Rondônia.

2. Objetivos

2.1 Geral

Avaliar os impactos dos cenários futuros das mudanças climáticas nas componentes do balanço hídrico climático no município de Cacoal no estado de Rondônia.

2.2 Específicos

- a) Estimar as componentes do balanço hídrico em Cacoal;
- b) Analisar componentes do balanço hídrico e expansão agropecuária em Cacoal.

3. Materiais e Métodos

3.1 Área de Estudo

Os dados meteorológicos para realização do estudo foram adquiridos junto a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM/RO (2012) entre o período de 1999 a 2010, da estação meteorológica automática de superfície (11° 29'01" S, 61° 22'46" W e 186m), localizada na Escola Agrícola Alta Raupp no município de Cacoal (Figura 1).

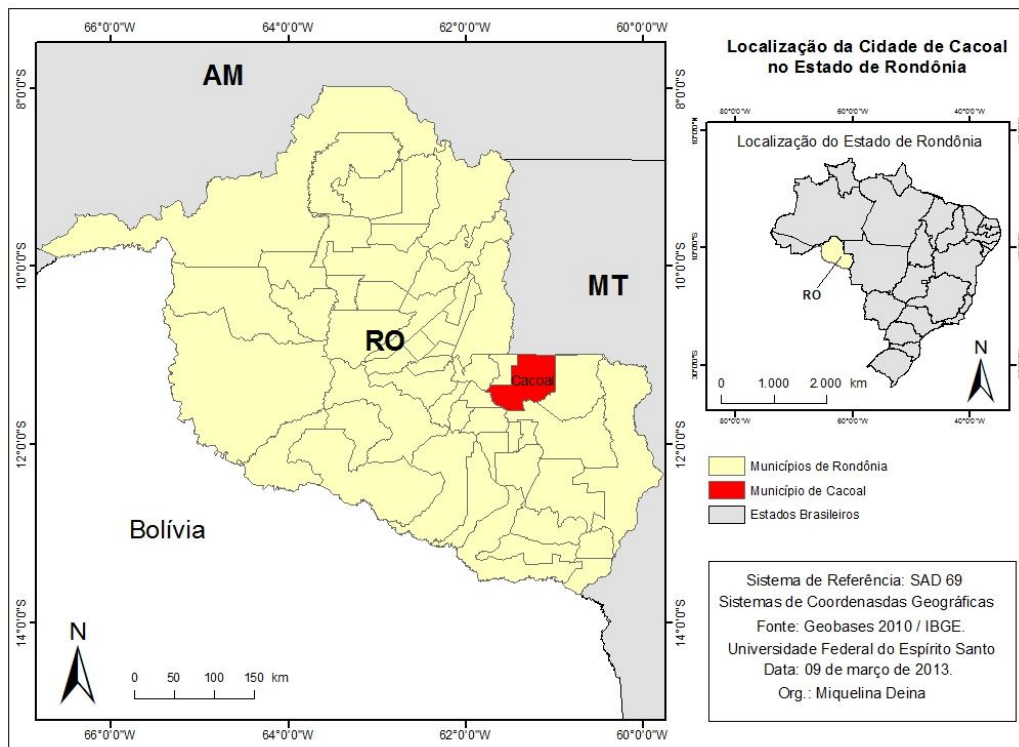


Figura 1 - Localização da área de estudo. Fonte: Organização - Miquelina Deina.

Também foram utilizados dados de produção agropecuária disponibilizado pelo IBGE (2013).

3.2 Metodologia

A realização desta pesquisa contou com o cálculo do balanço hídrico climático com um CAD de 150 mm baseado em cinco cenários disponíveis no IPCC, sendo um cenário atual e os demais cenários futuros, a saber: a) cenário atual (dados observados de 1999 a 2010); b) Cenário A2+, cujos parâmetros são o aumento da precipitação em 15% até 2100 em relação à média atual e aumento da temperatura em 3,8°C; c) Cenário A2-, com parâmetros de diminuição da precipitação em 15% até 2100 em relação à média atual e aumento da temperatura em 3,8°C; e) Cenário B2+, cujos parâmetros são o aumento da precipitação em 15% e aumento da temperatura em 1,3°C; d) Cenário B2-, com parâmetros de diminuição da precipitação em 15% e aumento da temperatura em 1,3°C. Esses cenários são os utilizados pelos relatórios de Impacto Climático do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel of Climate Change – IPCC).

O cálculo do balanço hídrico foi realizado com a utilização do software desenvolvido por Rolim et al. (1998), o qual utiliza a metodologia proposta por Thornthwaite & Mather (1957) com as modificações de Krishan (1980).

O aumento da temperatura do ar está baseado em uma média de seis modelos climáticos do IPCC TAR (MARENGO, 2006) em relação à média atual. O cenário A2 – mostra um mundo futuro muito heterogêneo comparado ao atual no qual a regionalização domina com alto índice de crescimento populacional, e menor preocupação quanto ao desenvolvimento econômico acelerado, nesse mundo existirá um fortalecimento de identidades culturais regionais, como tradições locais e valores da família. O Cenário B2 – descreve um mundo futuro no qual a mudança tecnológica é mais diversa. Sua atenção é

voltada para a sustentabilidade social, econômica e ambiental, e em iniciativas comunitárias e inovação social no lugar de soluções globais.

A Figura 2 apresenta as projeções de temperatura e precipitação do IPCC (2007) para América do Sul e indica aumento de temperatura, além da redução e aumento da precipitação entre 2080 a 2099. Área circulado em azul e vermelho corresponde a Amazônia Brasileira. A escala de temperatura esta em graus centigrado (°C) e a de precipitação em porcentagem (%). As projeções são: Anual, DJF: Dezembro – Janeiro – Fevereiro e JJA: Junho-Julho-Agosto.

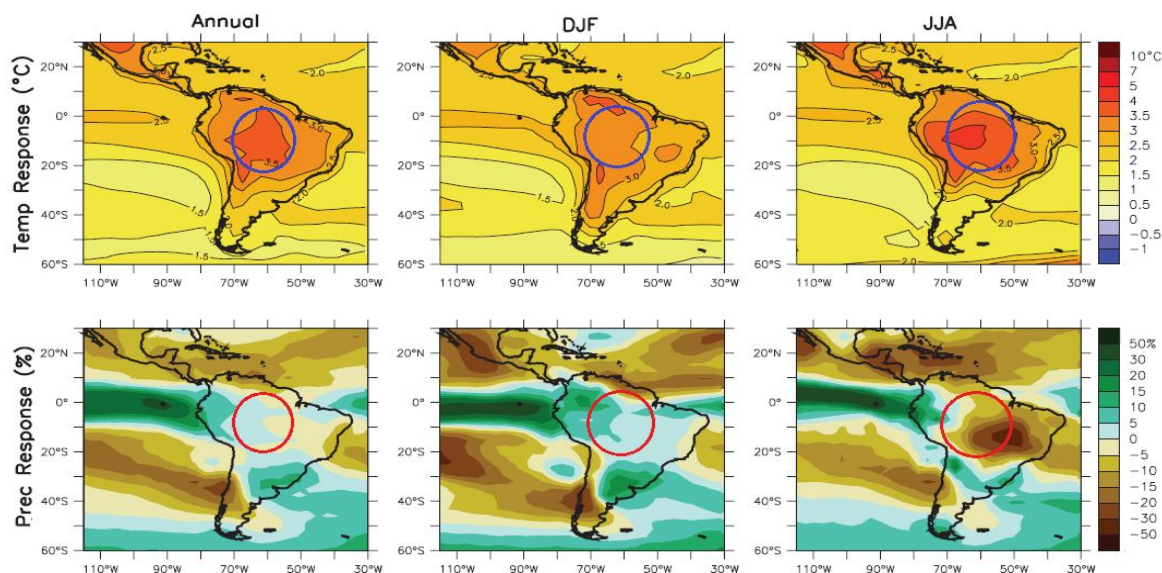


Figura 2 - Resposta da temperatura e precipitação para 2080 a 2099 em relação a 1980-1999 na América do Sul. Fonte: IPCC (2007).

4. Resultados e Discussão

4.1 Climatologia Local

A precipitação pluviométrica de Cacoal apresenta um ciclo sazonal bem definido, onde os meses mais chuvosos do ano são dezembro, janeiro, fevereiro e março, com precipitação variando entre 226,4 a 259,9 mm/mês. E os meses mais secos são junho, julho e agosto com precipitação variando entre 9,3 a 29,9 mm/mês (Figura 3).

A temperatura média do ar apresenta valores mínimos no mês de junho e máximos no mês de agosto (Figura 3). Durante os meses mais secos do ano ocorrem os focos de queimadas e conseqüentemente aumento na concentração de partículas de aerossóis na atmosfera, contribuindo para o aquecimento local. Os máximos e mínimos de temperatura do ar e precipitação pluviométrica estão relacionados com a declinação solar, máximo fluxo de irradiação solar no topo da atmosfera no início e final do ano, e mínima no meio do ano.

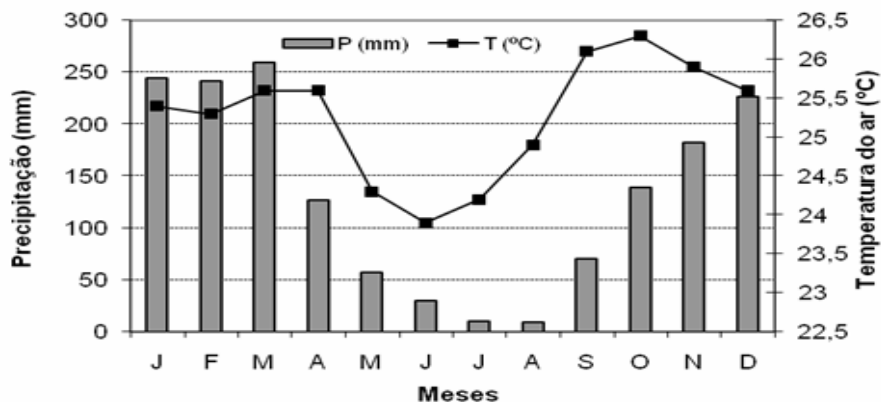


Figura 3 - Climatologia de Cacoal no período de 1999 a 2010. Fonte: Deina (2013)

4.2 Balanço Hídrico

A Figura 4 apresenta a variabilidade da precipitação média mensal, a evapotranspiração real (ETR) e potencial (ETP), à deficiência (DEF) e o excesso hídrico (EXC) médio, no período de 1999 a 2010. A ETP apresenta valores mínimos no mês de junho e máximos no mês de outubro, enquanto a ETR apresenta valores mínimos no mês de agosto e máximos no mês de outubro. Consequentemente apresenta uma deficiência hídrica entre os meses de maio a outubro, com seu valor máximo em agosto. O excesso hídrico ocorre entre o mês de novembro a abril (Figura 4).

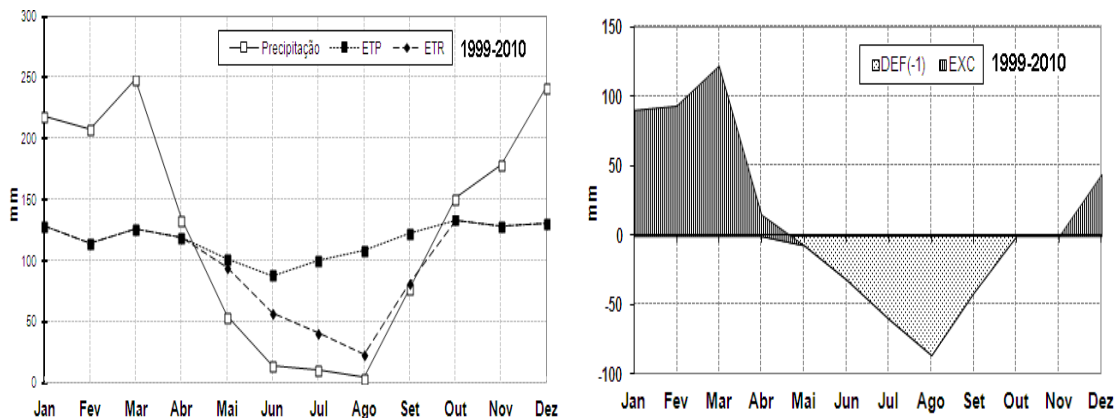


Figura 4 - Componentes do balanço hídrico climático no município de Cacoal no período de 1999 a 2010. Fonte: Deina (2013)

Conforme o cenário A2+ do IPCC, onde a precipitação aumenta em 15% e a temperatura em 3,8%, a deficiência hídrica aumentará enquanto o excesso hídrico será reduzido (Figura 5).

No cenário atual (Figura 4) a DEF ocorre entre os meses de maio e outubro, ao passo que no cenário A2 este período inicia em abril e termina em dezembro (Figura 4), acarretando perdas na produção agropecuária e riscos de incêndios em áreas de pastagem e florestas da região.

Quanto ao cenário A2- do IPCC, se a precipitação pluviométrica reduzir em 15% e a temperatura aumentar em 3,8° (Figura 5), consequentemente o solo ficará mais seco ao longo do ano. Tal fato acarretará perdas de pastagens e florestas, incêndios e consequentemente poderá ocorrer substituição da vegetação atual por outra mais resistente à seca.

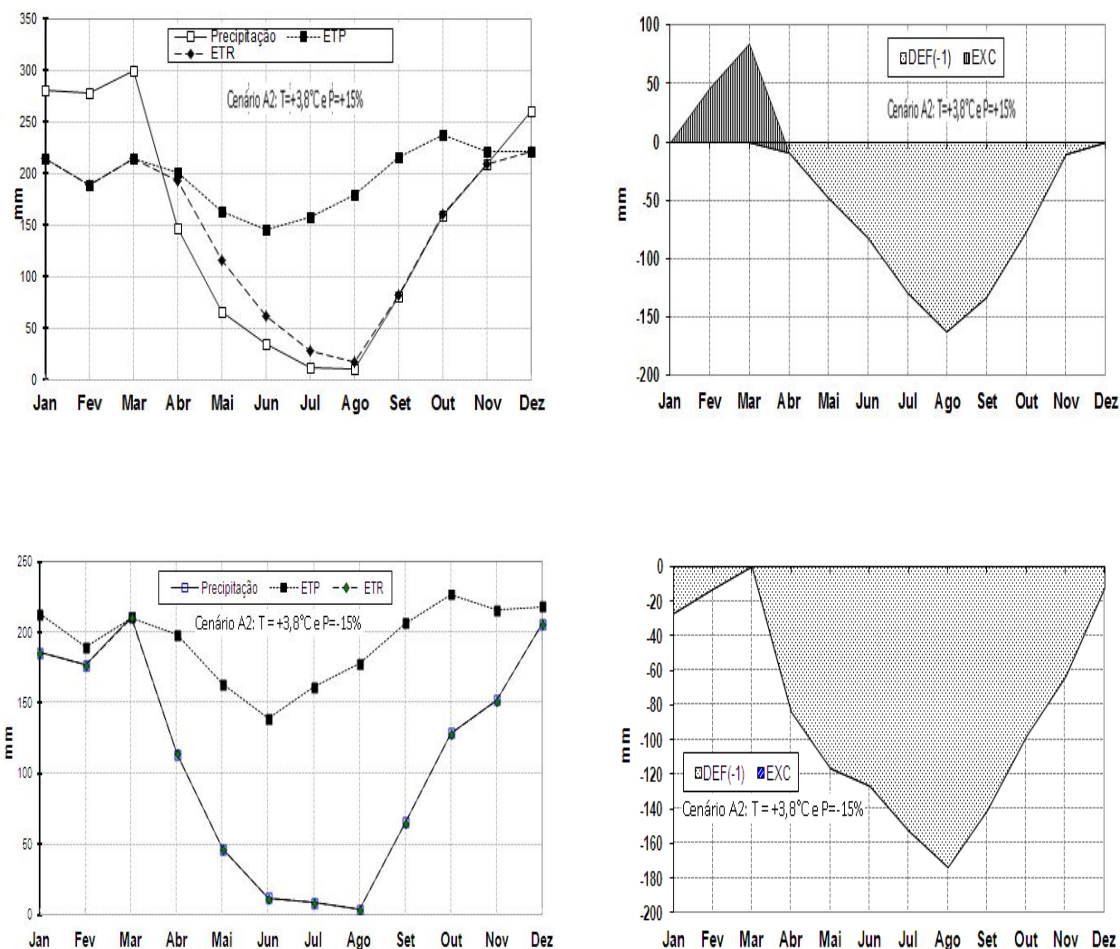


Figura 5 - Projeção das componentes do balanço hídrico climático para o cenário A2 do IPCC no município de Cacoal. Fonte: Deina (2013)

No cenário B2+ do IPCC (Figura 6), onde a temperatura média do ar aumenta 1,3°C e a precipitação pluviométrica em 15%, a evapotranspiração potencial variou entre 105,2 a 162,7 mm/mês, sendo a menor em junho e a maior no mês de outubro. A evapotranspiração real variou entre 28,9 a 159,9 mm/mês, sendo os meses de junho, julho e agosto com menor evapotranspiração e os meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro com maior evapotranspiração. A deficiência hídrica ocorre nos meses de maio a outubro e o excesso hídrico ocorre entre novembro a maio.

Já no cenário B2- do IPCC (Figura 6), quando a precipitação reduz em 15% e a temperatura média do ar aumenta em 1,3°C, a evapotranspiração potencial variou de 105,2 a 162,7 mm/mês, sendo o valor menor no mês de junho e o valor maior no mês de outubro. A evapotranspiração real variou entre 20,2 a 154,1 mm/mês, sendo junho, julho e agosto os meses com menor evapotranspiração e os meses de novembro, dezembro e janeiro com maior evapotranspiração. A deficiência hídrica apresentou valores variando entre 0 a -106,8 mm/mês entre os meses de abril a novembro e o período de excesso hídrico ocorre entre fevereiro e abril.

Comparando o cenário A2 com o cenário B2, verificou-se um maior impacto no primeiro cenário.

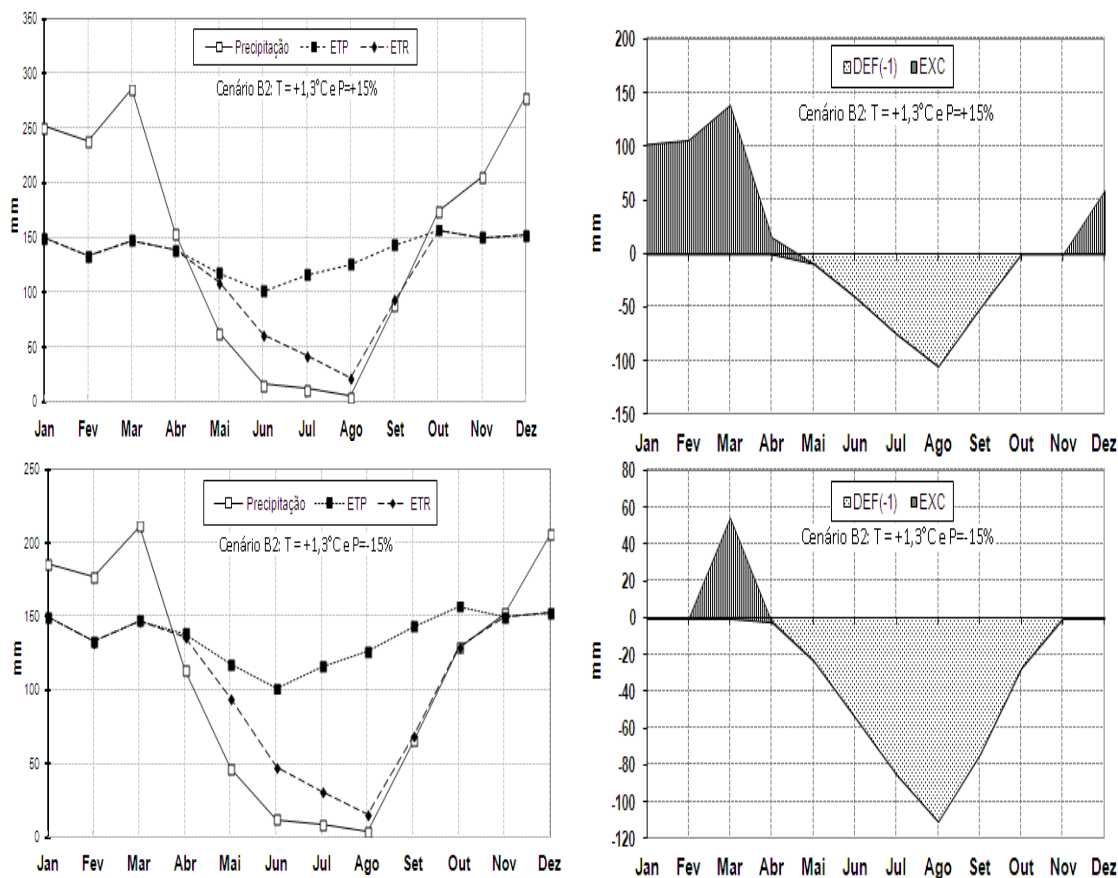


Figura 6 - Projeção das componentes do balanço hídrico climático para o cenário B2 do IPCC no município de Cacoal. Fonte: Deina (2013)

4.3 Índices Climáticos

A Tabela 1 apresenta os valores de índice de aridez (Ia), índices de umidade (Iu) e umidade efetiva (IM) para o período de 1999 a 2010 (cenário atual), e cenários A2-, A2+, B2- e B2+ do IPCC.

Tabela 1 - Índices Climáticos.

Ano	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)
1999 – 2010	0,15	0,28	0,19
Cenário A2-	0,42	0,00	-0,25
Cenário A2+	0,28	0,06	-0,11
Cenário B2-	0,24	0,06	-0,08
Cenário B2+	0,16	0,27	0,18

Fonte: Deina (2013)

Segundo Liberato (2009) o índice de aridez vem a ser a deficiência hídrica dada em porcentagem da evapotranspiração potencial, este conceito de deficiência é usado também no balanço hídrico. Dessa forma, o índice de aridez vai ser igual a 100 vezes a deficiência hídrica subtraída pela evapotranspiração potencial. Sendo assim, o campo de variação do índice de aridez é zero quando não existe déficit e 100 quando a deficiência se iguala a evapotranspiração potencial.

Barros (2010) estabeleceu os seguintes valores para os índices de aridez: hiperárido (< 0,05); árido (0,05 < 0,20); semiárido (0,21 < 0,50); subúmido Seco (0,51 < 0,65) e subúmido

Úmido ($> 0,65$). Quando comparado estes valores com a Tabela 1, notamos que entre os anos de 1999 a 2010, no cenário B2+ os índices de aridez apresentaram valores de 0,15, 0,16 e 0,16 (áridos), já nos cenários A2-, A2+, B2- o índice de aridez (Ia) foram 0,42, 0,28 e 0,24.

O índice de umidade (Iu) é o excesso de água expresso em porcentagem, representada pela evapotranspiração potencial (LIBERATO, 2009). Assim, o índice de umidade vai ser igual a 100 vezes o excesso de água subtraído pela evapotranspiração potencial. Dessa forma, o conceito de excesso vem a ser aquele expresso pelo balanço hídrico, e o campo de variação do índice de umidade estará entre zero e um valor qualquer positivo. Obtêm-se o índice de umidade efetiva (IM) igualando o índice de umidade menos 0,6 que multiplica o índice de aridez.

Foram observadas variações significativas entre os índices climáticos para o cenário atual e projeções futuras.

4.4 Agropecuária

A Tabela 2 apresenta o desenvolvimento da pecuária de Cacoal entre 2004 a 2011. Nesse período nota-se uma queda da produção de bovinos - efetivos do rebanho entre o período de 2004 a 2007, e um aumento entre o período de 2008 a 2011.

Tabela 2 - Pecuária em Cacoal.

Pecuária	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Efetivos dos rebanhos	442.615	422.577	415.620	390.063	398.202	407.258	417.489	419.282

Fonte: IBGE (2013)

Observa-se na Tabela 3 que a lavoura permanente teve sua maior produção de bananas entre os anos de 2006 e 2007, a produção de cacau se manteve constante entre os anos de 2008 a 2011, a produção de café teve um aumento significativo em 2010 e uma redução de 9.374 toneladas em 2011, a maior produção de goiaba foi durante os anos de 2006 e 2008, se mantendo constante entre os anos de 2009 a 2011, reduzindo uma tonelada da sua maior produção, a laranja teve sua maior produção em 2010, o limão teve uma redução da sua produção ao longo do tempo, o mamão teve um aumento significativo ao longo do tempo, sendo de 1.290 toneladas entre os anos de 2004 a 2011, o maracujá teve sua maior produção em 2009 e 2010, e a produção da tangerina caiu drasticamente.

Tabela 3 - Lavoura permanente em Cacoal.

Lavoura permanente / Quantidade produzida em toneladas									
Ano	Banana	Cacau	Café	Goiaba	Laranja	Limão	Mamão	Maracujá	Tangerina
2004	3.972	380	8.462	24	218	207	390	80	58
2005	4.074	380	8.040	98	212	201	462	80	54
2006	4.640	450	6.700	114	214	202	774	80	14
2007	4.640	450	9.379	91	321	202	1.161	120	126
2008	4.176	568	12.645	114	321	202	1.393	120	126
2009	4.176	568	9.015	113	390	135	1.858	148	18
2010	4.176	568	19.241	113	520	135	2.322	148	*
2011	4.176	568	9.867	113	360	177	1.680	125	*

Fonte: IBGE (2013)

Quanto à lavoura temporária (Tabela 4), o arroz teve sua maior produção no ano de 2005, sendo de 4.588 toneladas, enquanto entre os anos de 2005 a 2011 teve uma redução de 2.819 toneladas de sua produção. A cana de açúcar teve sua maior produção em 2006, e o feijão teve um crescimento de 1.807 entre os anos de 2004 a 2011. A mandioca se manteve constante entre os anos de 2005 a 2011, enquanto a melancia aumentou 128 toneladas da sua produção ao longo do tempo e o milho aumentou sua produção em 1.112 toneladas entre 2004 a 2011. O tomate diminuiu sua produção em 45 toneladas ao longo dos anos, mantendo sua produção constante entre os anos de 2008 a 2011.

Tabela 4 - Lavoura temporária em Cacoal.

Lavoura temporária / Quantidade produzida em toneladas							
Ano	Arroz	Cana-de-açúcar	Feijão	Mandioca	Melancia	Milho	Tomate
2004	1.822	640	1.067	11.484	100	5.445	120
2005	4.588	562	1.093	11.988	150	5.603	120
2006	2.214	688	1.405	11.988	189	5.603	125
2007	2.214	660	1.821	11.988	151	6.723	100
2008	2.214	600	2.612	11.988	147	6.723	75
2009	2.214	580	2.874	11.988	221	7.394	75
2010	2.214	580	123	11.988	221	6.557	75
2011	1.769	580	2.874	11.988	228	6.557	75

Fonte: IBGE (2013)

Os dados apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3, que representa a realidade agropecuária do município de Cacoal, poderá sofrer grandes reduções na produção se ocorrer grandes deficiências hídricas na região no futuro. A falta de água pode acarretar sérios problemas para a região, afetando a agricultura local e a pecuária. Pois, a falta de chuva contribui com a redução da umidade do solo, diminui o nível e a vazão dos rios, altera a cobertura vegetal de uma região, e torna o ambiente mais seco, propiciando a ocorrências de grandes incêndios e consequentemente a diminuição da produtividade de muitas culturas agrícolas.

5. Considerações Finais

Balanço hídrico nas condições atuais - segundo os resultados encontrados, observa-se que a evapotranspiração real e potencial é semelhante entre os meses de junho a abril, e outubro a dezembro, por outro lado, apresenta uma grande variação entre junho a outubro (período seco). No período seco ocorre a deficiência hídrica.

Balanço hídrico projeções – no cenário A2 e B2 observa-se uma grande deficiência hídrica se a precipitação reduzir e se a temperatura aumentar no futuro, com isso, causaria um impacto negativo na produção agrícola e na pecuária do município de Cacoal com a diminuição da produtividade.

Vale destacar também que as projeções de temperatura dos modelos climáticos do IPCC, para quase todos os modelos indicam aumento de temperatura para a Amazônia, mas existem divergências nas projeções futuras de precipitação. Além disso, os modelos climáticos podem não representar corretamente o que ocorrerá no futuro, devido à falta de variáveis que representem a interação da biosfera com a atmosfera de forma mais real.

Referências

- BARROS, K. O. *Índice de Aridez como Indicador da Susceptibilidade à Desertificação na Mesorregião Norte de Minas*. Viçosa. 89p. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Viçosa, 2010.
- CAMARGO, A. P. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. *Boletim do Instituto Agrônomo de Campinas*, v.116, 1971. 28 p.
- DEINA, C. *Influências de Mudanças Climáticas no Balanço Hídrico Climatológico de Cacoal – RO*. Relatório Final de Iniciação Científica PIBIC/UNIR/CNPq, 2013. 20p.
- FERREIRA, A. S.; MIRANDA, E. E.; CAPUTI, E.; LECLERC, F. C. P. *Agricultura e balanço hídrico: relatório técnico do monitoramento*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2001. 30p.
- KRISHAN, A. Agroclimatic classification methods and their application in Índia. In: *Climatic classification: a consultant's Meeting*. Patancheru: ICRISAT, 1980.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 01 fev. 2013.
- LIBERATO, A. M. *Impacto de Cenários de Mudanças Climáticas no Balanço Hídrico da Amazônia Ocidental*. Campina Grande – PB. 104p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, 2009.
- LIBERATO, A. M. & BRITO, J. I. B. INFLUÊNCIA DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO BALANÇO HÍDRICO DA AMAZÔNIA OCIDENTAL. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 3, p. 170-180, 2010.
- MARENGO, J. A. & DIAS, P. S. *Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos*. In: Rebouças, A. C.; Braga, B.; Tundisi, J. G. *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3. ed. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da USP, Academia Brasileira de Ciências. p. 63-109, 2006.
- MOTA, M. R.; MEDEIROS, C. M. Balanço Hídrico na Região de Manaus - AM. *Revista da Universidade do Amazonas*. Série Ciências Agrárias, UFAM, v. 10, n.1-2, p. 73-78, 2002.
- Panel on Climate Change - IPCC. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers*. IPCC, Genebra, 2007.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas*. Livraria e Editora Agropecuária, Guaíba, 2002. 478p.
- ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente excel para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.6, n.1, p.133 – 137, 1998.
- Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental - SEDAM. *Boletim Climatológico de Rondônia - Ano 2010*, Coordenadoria de Geociências (COGEO) - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental, Porto Velho, v.12, 2012.
- SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, Noroeste do estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.4, n.º. 3, p.142–149, 2010.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and Water Balance. *Publications in Climatology*, v.10, n.3. Drexel Institute of Technology, Centeron. 1957.