

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E DIAGNÓSTICO DA APTIDÃO AGROCLIMÁTICA DE CULTURAS PARA BARBALHA - CE

Raimundo Mainar de Medeiros¹, Rigoberto Moreira de Matos², Patrícia Ferreira da Silva³, João Alvino Sampaio da Silva⁴, Paulo Roberto Megna Francisco⁵

¹ Doutorando em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande,
(mainarmedeiros@gmail.com) Paraíba-Brasil

² Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande,
Paraíba-Brasil

³ Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande,
Paraíba-Brasil

⁴ Mestre em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba-
Brasil

⁵ Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande,
Paraíba-Brasil

Recebido em: 31/03/2015 – Aprovado em: 15/05/2015 – Publicado em: 01/06/2015

RESUMO

O zoneamento agroclimático é importante no processo de informação do potencial agrícola de uma dada região, além de definir a melhor época de plantio e as culturas mais adequadas ao cultivo na região. Objetivou-se com o presente estudo caracterizar o clima e efetivar o zoneamento agroclimático para 11 culturas apontando as suas possíveis aptidões de cultivo para o município de Barbalha - CE. Utilizou-se uma série histórica de precipitação e temperatura do ar média para a realização do cálculo do balanço hídrico climatológico, classificação climática, construção do evapopluiograma e o zoneamento agroclimático das culturas. A deficiência hídrica anual é de 654,4 mm, ocorrendo excesso hídrico anual de 245,8 mm nos meses de fevereiro a abril. Os índices de aridez, umidade e hídrico foram 44,50, 16,71 e -9,99%, respectivamente. O clima da região foi classificado como C₁ A' W a' clima Seco subúmido, Megatérmico, com moderado excesso de água no verão, com 31,38% da evapotranspiração potencial anual concentrada no trimestre mais quente do ano. A região possui aptidão plena para os cultivos de abacaxi, algodão herbáceo, feijão, mamona, mandioca e sisal. Para o cultivo de caju, milho e sorgo constatou-se aptidão moderada. Apenas o cultivo da banana e cana-de-açúcar foi restrito devido à região apresentar déficit hídrico acentuado. Para garantir produtividade máxima das culturas é indispensável o uso de sistemas de irrigação para complementar o fornecimento hídrico nos meses que ocorrem déficit hídrico no solo.

PALAVRAS-CHAVE: aptidão agrícola, evapopluiograma, zoneamento agroclimático.

CLIMATE CHARACTERISTICS AND DIAGNOSIS OF CROP AGROCLIMATIC FITNESS FOR BARBALHA - CE

ABSTRACT

The agroclimatic zoning is important in the information process of the agricultural potential of a given region, and set the best time of planting and the most suitable

crops for cultivation in the region. The objective of the present study characterizes the climate and accomplish the agroclimatic zoning for eleven cultures pointing its possible cultivation of skills for the city of Barbalha - CE. We used a time series of average air temperature and precipitation for the completion of the calculation of climatic water balance, climate classification, construction of evapopluviograma and the agroclimatic zoning of crops. The annual water deficit is 654.4 mm, occurring annual water surplus of 245.8 mm in the months from february to april. The aridity index, humidity and water were 44.50, 16.71 and -9.99%, respectively. The climate was classified as C₁ A' W a' sub-humid climate Dry, megathermic with moderate excess water in the summer, with 31.38% of the annual potential evapotranspiration concentrated in the hottest quarter. The region has full fitness for pineapple crops, upland cotton, beans, castor beans, cassava and sisal. For the cashew, maize and sorghum contacted a moderate fitness. Only the cultivation of banana and cane sugar was restricted due to the region a water deficit. To ensure maximum productivity of crops is necessary to use irrigation to supplement the water supply in the months occurring soil water deficit.

KEYWORDS: agricultural aptitude, evapopluviograma, agroclimatic zoning.

INTRODUÇÃO

A variabilidade climática de uma região exerce importante influência nas diversas atividades socioeconômicas, especialmente na produção agrícola. Sendo o clima constituído de um conjunto de elementos integrados, determinante para a vida, este adquire relevância, visto que sua configuração pode facilitar ou dificultar a fixação do homem e o desenvolvimento de suas atividades nas diversas regiões do planeta. Dentre os elementos climáticos, a precipitação tem papel preponderante no desenvolvimento das atividades humanas, refletindo na economia (SLEIMAN & SILVA, 2008).

De acordo com SILVA et al., (2011) o sucesso das culturas exploradas em uma dada região depende da regularidade e da quantidade das precipitações. As variabilidades espaciais e temporais da precipitação pluvial nas regiões áridas e semiáridas são fatores limitantes para o cultivo de sequeiro, técnica de sobrevivência realizada por pequenos agricultores familiares no semiárido do nordeste do Brasil (ALVES & AZEVEDO, 2013).

A delimitação do clima permite não só estabelecer os indicadores do potencial do meio físico para a região em estudo, mas também, conhecer áreas homogêneas sob o ponto de vista socioeconômico, contribuindo para o planejamento e desenvolvimento de atividades sustentável e viável a região. Para ORTOLANI & CAMARGO (1987) as variações no regime hídrico e climático são os fatores que mais atuam na limitação da produção agrícola mundial. A frequência e a distribuição inadequada das precipitações são responsáveis por 60 a 70% da variabilidade final da produção agrícola. O conhecimento histórico das condições climáticas é importante para efetuar o planejamento dos cultivos e o manejo a ser realizado durante o ciclo da cultura, observando-se cuidadosamente a variabilidade da precipitação e a intensidade da evapotranspiração, o que pode ser evitado, ou, reduzir ao máximo, a ocorrência de déficit hídrico (MARENGO et al., 2004). O balanço hídrico (BH) é utilizado para estimar parâmetros climáticos e, a partir destes, é possível identificar as condições climaticamente favoráveis para a exploração de uma determinada cultura (REICHARDT & TIMM, 2004).

O conhecimento das variáveis agroclimáticas de uma região é de fundamental

importância para todas as atividades humanas desenvolvidas, principalmente para a agricultura. O balanço hídrico climatológico proposto por THORNTHWAITE & MATHER (1948, 1955), é uma ferramenta de manejo e procura nortear ações de planejamento na produção agrícola para uma dada região, possibilitando maior rentabilidade dos cultivos.

A água é essencial para o desenvolvimento das culturas, a sua falta ou excesso pode influenciar na produção agrícola de determinada localidade ou de uma região (TAIZ & ZEIGER, 2009). De acordo com MEDEIROS et al., (2013a) a técnica do balanço hídrico fornece o saldo de água disponível no solo para o vegetal, ou seja, contabiliza a entrada (precipitação e ou irrigação) e a saída (evapotranspiração potencial), considerando determinada capacidade de armazenamento de água pelo solo.

MATOS et al., (2014) afirmam que o uso do balanço hídrico para uma região é de suma importância, pois o mesmo considera as características do solo como textura física, profundidade efetiva do sistema radicular das plantas e o movimento de água no solo durante todo o ano. Para tanto, o método de classificação climática de Thornthwaite é amplamente utilizado, sendo esse em função de dados das normais climatológicas de temperatura, precipitação e evapotranspiração potencial (ETp), mais eficiente para detectar pequenas variações espaciais climáticas quando comparada a classificação de Köppen (CUNHA & MARTINS, 2009).

Assim, a investigação do clima local com base nos índices de aridez (Ia), hídrico (Ih) e de umidade (Iu); favorece o estudo do zoneamento agroclimático determinando a aptidão das culturas exploradas, com base no evapopluviograma e o cálculo dos índices de vegetação (Iv), repouso por seca (Irs), repouso por frio (Irf) e hídrico (Ih).

O zoneamento agroclimatológico constitui-se, como ferramenta importante no processo de tomada de decisão, permitindo, a partir das análises das variabilidades climáticas locais e de sua espacialização, a delimitação de regiões com diferentes aptidões climáticas ao cultivo. A definição de épocas de semeaduras ajustadas aos estudos probabilísticos da distribuição temporal das chuvas, bem como a recomendação de cultivares com maiores potenciais produtivos, maior resistência ao déficit hídrico e com ciclos mais precoces podem diminuir os efeitos causados pela má distribuição das chuvas e pelo uso de tecnologias não adequadas (SILVA et al., 2013).

O conhecimento das culturas que mais se adequam às condições climáticas para o município de Barbalha - CE proporcionará o seu desenvolvimento agrícola, tornando rentável e socioeconomicamente viável, assim objetivou-se com o presente estudo determinar aptidões climáticas para as culturas do abacaxi, algodão herbáceo, banana, caju, cana-de-açúcar, feijão, milho, mamona, mandioca, sisal, e sorgo classificando as aptidões das culturas mais adequadas ao plantio na região e sua classificação climática.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Centro Vocacional Técnico - CVTEC, situado na estação Experimental da Embrapa Algodão, localizado no município de Barbalha - CE, cujas coordenadas geográficas são 07° 30' S de latitude e 39° 20' W de longitude e 409,03 metros de altitude, localizada na microrregião do Cariri cearense, (Figura 1). O solo local é constituído por associação de Latossolos Vermelho-

Distróficos (ARAÚJO et al., 2013). Segundo SILVA et al., (2013) a precipitação média anual é de 1.047,9 mm, com 66,3% das chuvas sendo registradas entre os meses de janeiro a abril e temperatura média anual de 24,1 °C, oscilando de 22,1 °C no mês mais frio (julho) a 25,8 °C no mês mais quente (novembro).



FIGURA 1. Localização do Município de Barbalha no estado do Ceará.

Fonte: www.geoparkararipe.org.br.

Utilizou-se de uma série histórica de 39 anos de dados meteorológicos para a área estudada, no período de 1974 a 2013, onde estes dados passaram por fase de consistência e preenchimento de falhas, posteriormente foram aplicados em planilhas do Microsoft Excel. Os dados foram obtidos a partir da estação meteorológica convencional, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

O método adotado para obtenção do balanço hídrico climático foi o proposto por THORNTHWAITE & MATHER (1948, 1955), com elaboração de planilhas eletrônicas que contabiliza a água do solo, em que a precipitação representa ganho e a evapotranspiração perda de umidade do solo, podendo-se estimar os valores correspondentes ao Excedente Hídrico (S) e Deficiência Hídrica (D). Com base nesta metodologia foi estimada a capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD) de 100 mm. A Evapotranspiração Potencial (ETp) foi obtida conforme a Equação 1.

$$ETp = Fc \cdot 16 \cdot \left(10 \frac{T}{I} \right)^a \quad (1)$$

Em que:

ETp – Evapotranspiração potencial anual em mm.ano⁻¹;

Fc – Fator de correção, conforme a Tabela 1;

T – Temperatura média mensal em °C;

I – Índice anual de calor, correspondente a soma dos 12 índices mensais; e

a – Função cúbica do índice anual de calor dada por: $6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 0,01791 \cdot I + 0,492$.

TABELA 1. Fator de Correção (Fc) conforme a metodologia de THORNTHWAITE (1948) em função dos meses do ano.

Fator de Correção											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1,80	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10

Fonte: UNESCO (1982).

No cálculo dos índices de aridez, umidade e hídrico, utilizaram-se as equações 2, 3 e 4. Tais índices são essenciais para a caracterização climática da região segundo o método de THORNTHWAITE (1948), e no estudo de adaptação de culturas à região (Zoneamento Agrícola).

$$Ia = 100 \frac{\sum D}{\sum ETp} \quad (2)$$

$$Iu = 100 \frac{\sum ES}{\sum ETp} \quad (3)$$

$$Ih = Iu - 0,6 \cdot Ia \quad (4)$$

Em que:

Ia – Índice de aridez em (%);

Iu – Índice de umidade em (%);

Ih – Índice hídrico em (%);

$\sum D$ – Somatório da deficiência hídrica anual em mm.ano⁻¹;

$\sum S$ – Somatório do excesso hídrico anual em mm.ano⁻¹; e

$\sum ETp$ – Somatório da evapotranspiração potencial anual em mm.ano⁻¹.

A classificação climática foi obtida de acordo com a metodologia proposta por THORNTHWAITE (1948) utilizando-se os valores dos índices de aridez (Ia), umidade (Iu), hídrico (Ih) e (Cv) em conformidade com a concentração da evapotranspiração potencial na estação quente, definida pelos três meses consecutivos de temperatura mais elevada do ano.

A concentração da evapotranspiração potencial na estação quente foi dada pela Equação 5, a qual representa a percentagem da evapotranspiração anual que ocorre nos meses j, k, l, de temperatura mais elevada do ano (trimestre mais quente do ano).

$$Cv = 100 (ETp_j + ETp_k + ETp_l) / (ETp) \quad (5)$$

Em que:

Cv – Concentração da evapotranspiração na estação mais quente do ano em (%);

ETp_j – evapotranspiração potencia no mês j em mm.mês⁻¹;
ETp_k – evapotranspiração potencial no mês k em mm.mês⁻¹;
ETp_l – evapotranspiração potencial no mês l em mm.mês⁻¹;
ETp – evapotranspiração potencial anual em mm.ano⁻¹.

Realizou-se a elaboração do evapopluviograma, o qual se refere a um climograma adaptado ao balanço hídrico (BHC), para fins de estudo das condições climáticas mais adequadas às culturas, através do sistema de coordenadas ortogonais. Como nesse caso a evapotranspiração potencial é plotada em função da precipitação, assim obtém-se o evapopluviograma.

O diagrama apresenta-se dividido em seis setores hídricos, nos quais os valores da precipitação correspondem a diferentes múltiplos e submúltiplos da evapotranspiração potencial, e em outras quatro faixas térmicas com valores correspondentes às limitações e exigências térmicas da cultura.

Utilizando-se dos pontos do evapopluviograma determinaram-se os índices de vegetação (Iv), de repouso por seca (Irs) de repouso por frio (Irf) e hídrico (Ih). Por fim, os valores dos índices climáticos foram aplicados na Tabela 2 para determinação da aptidão climática da região, classificando as culturas em aptidão plena, moderada, restrita e inaptidão.

TABELA 2. Síntese da aptidão e exigências climáticas das culturas (OMETTO, 1981).

Cultura	Aptidão	Índice Climático	Deficiência/Excesso
Abacaxi	Plena	→ $-20 \leq I_h < 20$	⇒ Boas condições hídricas e térmicas para o desenvolvimento da cultura.
	Moderada	→ $I_h > 20$	⇒ Umidade excessiva, prejudicando o desenvolvimento vegetativo e a frutificação da cultura.
	Restrita	→ $-20 \leq I_h < -20$ → $-40 \leq I_h < -30$	⇒ Restrições hídricas para o desenvolvimento da cultura. ⇒ Limitações para o cultivo do abacaxi, por deficiência hídrica acentuada.
	Inaptidão	→ $I_h < -40$	⇒ Deficiência hídrica severa, não possibilitando o desenvolvimento da cultura, a não ser através de irrigação.
Algodão Herbáceo	Plena	→ $30 \leq I_v < 50$, $I_{sv} \leq 1$ e $I_{rs} \geq 4$	⇒ Boas condições hídricas e térmicas para o desenvolvimento da cultura.
	Moderada	→ $30 < I_v < 50$, $I_{sv} > 1$ e $I_{rs} \geq 4$	⇒ Período vegetativo normal, mas com ocorrência de seca.
	Restrita	→ $30 < I_v < 50$ → $I_{sv} \leq 1$ e $I_{rs} < 4$	⇒ Repouso por seca insuficiente para a maturação da fibra. ⇒ Período vegetativo curto com ocorrência de seca no mesmo.
	Inaptidão	→ $20 < I_v < 30$, $I_{sv} > 1$ e $I_v > 50$ → $I_v < 20$	⇒ Umidade excessiva para o desenvolvimento da cultura. ⇒ Ocorrência de seca durante todo o ciclo da cultura.

Banana	Plena	→ $D < 200 \text{ mm}$	⇒ Boas condições hídricas para o desenvolvimento da cultura.
	Moderada	→ $200 < D < 350 \text{ mm}$	⇒ Insuficiência hídrica estacional, prolongando o ciclo da cultura.
	Restrita	→ $350 < D < 700 \text{ mm}$	⇒ Deficiência hídrica acentuada, sendo possível o cultivo apenas em várzeas e locais mais úmidos.
	Inaptidão	→ $D > 700 \text{ mm}$	⇒ Deficiência hídrica muito severa. O cultivo somente possível através de irrigação.
Caju	Plena	→ $I_h > -10$ e $D < 100 \text{ mm}$	⇒ Em geral não há limitações climáticas para a cultura, principalmente nas regiões e climas quentes.
	Moderada	→ $I_h < -10$ e $100 < D < 200 \text{ mm}$ → $200 < D < 700 \text{ mm}$	⇒ Ocorrência normal de pequena deficiência hídrica.
	Restrita	→ $700 < D < 900 \text{ mm}$	⇒ Cultivo parcial prejudicado pela deficiência hídrica.
	Inaptidão	→ $D > 700 \text{ mm}$	⇒ Deficiência hídrica severa na maioria dos solos. Cultivo somente através de suprimento d'água por irrigação. ⇒ Suprimento hídrico insuficiente para a cultura.
Cana-de-Açúcar	Plena	→ $I_h > 0$ e $D < 200 \text{ mm}$	⇒ Boas condições hídricas para o desenvolvimento da cultura
	Moderada	→ $I_h > 0$ e $D > 200 \text{ mm}$	⇒ Ocorrência de seca estacional; cultivo recomendado em várzeas úmidas.
	Restrita	→ $0 > I_h > -10$	⇒ Ocorrência de seca estacional intensa. Cultivo possível com irrigação suplementar.
	Inaptidão	→ $I_h < -10$	⇒ Carência hídrica muito severa para cultura da cana-de-açúcar.
Feijão	Plena	→ $I_v > 30$, $1 < I_{rs} < 5$ $D > 20 \text{ mm}$, $T > 22 \text{ °C}$	⇒ Melhores condições climáticas para o desenvolvimento da cultura.
	Moderada	→ $25 < I_v < 30$ → $D > 20 \text{ mm}$, $T > 22 \text{ °C}$	⇒ Período vegetativo curto.
	Restrita	→ $2 < I_v < 25$	⇒ Aptidão plena para variedades precoces.
	Inaptidão	→ $I_v < 20$ e $D > 20 \text{ mm}$	⇒ Deficiência hídrica acentuada, necessitando suprimento d'água por irrigação. ⇒ Cultivo inapropriado por insuficiência hídrica acentuada. Cultivo possível apenas com irrigação.

Milho	Plena	→ $40 < I_v < 60$, $D > 0$ e $T > 19\text{ °C}$	⇒ Condições hídricas e térmicas satisfatórias para o desenvolvimento da cultura.
	Moderada	→ $30 < I_v < 40$, $D < 0$ e $S < 500\text{ mm}$	⇒ Pequena insuficiência hídrica no período vegetativo, com umidade excessiva na maturação. Aptidão plena para variedades precoces.
	Restrita	→ $I_v < 20$	⇒ Deficiência hídrica severa para o desenvolvimento da cultura, ou insuficiência térmica.
	Inaptidão	→ $I_h > -10$, $D > 100\text{ mm}$ e $S < 500\text{ mm}$	⇒ Deficiência hídrica muito severa, tornando inviável o cultivo do milho.
Mamona	Plena	→ $-20 < I_h < 0$, $D > 60\text{ mm}$ e $T > 20\text{ °C}$	⇒ Boas condições hídricas e térmicas para o cultivo de quaisquer variedades.
	Moderada	→ $-40 < I_h < -20$, $0 < D < 60\text{ mm}$ e $T > 20\text{ °C}$	⇒ Pequena deficiência hídrica, exceto para variedades resistentes à seca.
	Restrita	→ $I_h > 0$, $D > 100\text{ mm}$ e $T < 19\text{ °C}$	⇒ Áreas demasiadamente úmidas ou demasiadamente secas para a cultura. Insuficiência térmica.
	Inaptidão	→ $I_h < -40$	⇒ Deficiências hídricas elevadas, as quais prejudicam o desenvolvimento da cultura.
Mandioca	Plena	→ $-10 < I_h < 50$ e $T_a > 19\text{ °C}$	⇒ Condições climáticas satisfatórias para a cultura.
	Moderada	→ $-35 < I_h < -10$ e $17\text{ °C} < T_a < 19\text{ °C}$	⇒ Pequena deficiência hídrica e limitações térmicas para o desenvolvimento da cultura.
	Restrita	→ $-45 < I_h < -35$	⇒ Severa deficiência ou excesso hídrico, prejudicando o desenvolvimento ou a manutenção e colheita da cultura.
	Inaptidão	→ $I_h < -45$ e $T_a < 17\text{ °C}$	⇒ Condições hídricas e/ou térmicas inadequadas ao cultivo da mandioca.
Sisal	Plena	→ $I_h > -10$, $D > 100\text{ mm}$ e $S < 500\text{ mm}$	⇒ Boas condições hídricas para o desenvolvimento da cultura.
	Moderada	→ $-30 < I_v < -10$ e $S < 500\text{ mm}$	⇒ Suprimento hídrico deficiente, prejudicando o desenvolvimento da cultura em alguns anos.
	Restrita	→ $-40 < D < -30\text{ mm}$	⇒ Representa umidade excessiva no período vegetativo.
	Inaptidão	→ $I_h < -40\text{ mm}$	⇒ Deficiência hídrica acentuada, prejudicando o desenvolvimento vegetativo da cultura.
			⇒ Deficiência hídrica muito severa, tornando inviável o cultivo do sisal.

Sorgo	Plena	→ $20 < I_v < 30$, $D > 200$ mm e $T > 18$ °C	⇒ Condições hídricas e térmicas satisfatórias, tanto no período das chuvas quanto na estação seca.
	Moderada	→ $30 < I_v < 40$ e $S < 500$ mm	⇒ Por excesso hídrico, afetando a produção.
	Restrita	→ $40 < I_v < 60$	⇒ Restrições ao cultivo do sorgo por apresentar um excesso hídrico acentuado.
	Inaptidão	→ $I_v > 60$	⇒ Não recomendado para o cultivo do sorgo.

Símbolos: I_h - Índice hídrico anual proveniente do balanço hídrico, I_v - Índice de vegetativo anual, I_{rs} - Índice de repouso por seca, I_{sv} - Índice de seca na vegetação, T - Temperatura média anual, D - Deficiência hídrica e S - Excesso hídrico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis utilizadas na determinação do balanço hídrico climatológico para o período de 1974 a 2013 no município de Barbalha – CE, encontram-se na Tabela 3 e conforme a Figura 2, considerando a capacidade de armazenamento de água disponível (CAD) de 100 mm.

De acordo com os dados verificou-se que a temperatura média anual é de 25,6 °C, com oscilações mensais de 24,2 °C, a mínima ocorre nos meses de junho e julho e a máxima de 27,3 °C advinda nos meses de outubro e novembro. Sendo os meses de outubro, novembro e dezembro o trimestre de temperaturas mais elevadas do ano, correspondente as maiores taxas de evapotranspiração potencial.

Esses valores estão dentro do intervalo desejável para o cultivo das principais culturas da região, já que apresenta um bom desenvolvimento fisiológico em temperaturas entre 18 a 34 °C, temperaturas abaixo ou acima destas faixas podem prejudicar o desenvolvimento das estruturas reprodutivas das plantas, promovendo o abortamento e queda das flores (MATOS et al., 2014). FERREIRA et al., (2014) também evidenciaram em seus estudos sobre a fruticultura no estado do Ceará que as temperaturas variam de 18 a 28 °C sendo o clima quente, seco e subúmido, reafirmando os resultados encontrados no presente estudo.

A região tem uma distribuição da precipitação pluvial mensal irregular para o período estudado, com o total médio anual de 1.174,7 mm, e as maiores taxas pluviométricas entre os meses de janeiro a abril, com oscilações de 181,3 a 234,4 mm, que corresponde à quadra chuvosa da localidade, sendo comum a ocorrência de veranicos nesta época. Os menores valores de precipitação ocorrem nos meses de maio a dezembro, com flutuações de (3,9 a 85,3 mm). Estes resultados estão corroborando com o estudo de SILVA et al., (2013) sobre as oscilações no regime da precipitação pluvial no município de Barbalha - CE.

MEDEIROS et al., (2013b) relatam que a região estudada possui uma quadra chuvosa correspondente aos meses de janeiro a abril, sendo o mês de março o mais chuvoso, com um total médio mensal de 240,6 mm, enquanto o mês de agosto evidencia o menor índice pluviométrico 2,7 mm.

As precipitações ocorridas de junho a novembro são caracterizadas como abaixo da evapotranspiração real, não sendo suficiente para a produção agrícola de sequeiro e com pouca contribuição para o armazenamento de água no solo, necessitando de suprimento de água para os cultivos através da irrigação.

A evapotranspiração potencial anual (ETp) é de 1.470,5 mm, com oscilações de 96,8 a 156,0 mm mês⁻¹, as maiores taxas evapotranspirada ocorrem nos meses de setembro a novembro. Salienta-se que ocorre uma menor quantidade de água evapotranspirada quando comparada a temperatura do ar registrada nos meses mais frios do ano, maio a julho. A evapotranspiração potencial no mês mais frio (junho) é de apenas 3,2 mm dia⁻¹, enquanto que no mês mais quente (outubro) chega a alcançar uma média de 5,0 mm dia⁻¹. A quantidade que realmente está sendo evapotranspirada de água é expressa pela evapotranspiração real (ETr), que se comportou de forma semelhante à distribuição da precipitação pluvial (Tabela 3).

Estas flutuações ocorrem devido às oscilações entre os períodos secos e chuvosos regionais. Salienta-se ainda que as oscilações dos fatores provocadores e/ou inibidores de chuvas depende exclusivamente dos fenômenos de larga, meso e grande escala, assim como das contribuições dos efeitos locais, por exemplo, o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); a atuação dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN).

TABELA 3. Balanço hídrico climatológico (BHC) para o município de Barbalha – CE.

Meses	T (°C)	P	ETp	ETr (mm)	D	S
Jan	25,8	181,3	127,7	127,7	0,0	0,0
Fev	25,2	203,5	108,6	108,6	0,0	48,4
Mar	24,9	234,4	114,6	114,6	0,0	119,8
Abr	24,8	185,0	107,4	107,4	0,0	77,6
Mai	24,5	57,8	104,9	95,4	9,5	0,0
Jun	24,2	19,7	96,8	53,2	43,5	0,0
Jul	24,3	18,5	100,3	34,6	65,7	0,0
Ago	25,2	3,9	114,8	12,5	102,3	0,0
Set	26,5	7,2	133,9	10,2	123,7	0,0
Out	27,3	24,1	156,0	25,0	131,0	0,0
Nov	27,3	41,3	152,9	41,5	111,4	0,0
Dez	26,9	85,3	152,6	85,4	67,2	0,0
Total	306,8	1174,7	1470,5	816,1	654,4	245,8
Média	25,6	88,5	122,5	68,0	54,5	20,5

Símbolos: Temperatura média do ar (T), Precipitação pluviométrica (P), Evapotranspiração potencial (ETp), Evapotranspiração real (ETr), Deficiência hídrica (D) e Excesso Hídrico (S).

Analisando a deficiência hídrica Figura 2, verifica-se que nos meses de agosto a novembro ocorrem os maiores déficits de água no solo, oscilando de 102,3 a 131,0 mm mês⁻¹, com um total anual de 654,4 mm. Não ocorrendo déficits hídricos nos meses de janeiro a abril, meses correspondentes à quadra chuvosa da região. Os excedentes hídricos ocorrem nos meses de fevereiro, março e abril, com flutuação entre 48,4 a 119,8 mm mês⁻¹, com valor anual de 245,8 mm.

Para garantir produtividade em quantidade e qualidade das culturas SANTOS et al., (2010) afirmam que é indispensável o uso de sistemas de irrigação em regiões que apresentam deficiência hídrica acentuada, principalmente quando este déficit se estende por quase todos os meses do ano. O comportamento da deficiência hídrica deve ser observado cuidadosamente no planejamento agrícola, visando uma

agricultura mais segura e economicamente viável, recomenda-se o uso de sistemas de irrigação. O conhecimento histórico das condições climáticas é importante para efetuar o planejamento dos cultivos e o manejo a ser realizado durante o ciclo das culturas, observando-se cuidadosamente a variabilidade da precipitação e a intensidade da evapotranspiração, o que pode ser evitado, ou, reduzindo ao máximo, a ocorrência de déficit hídrico (MARENGO et al., 2004).

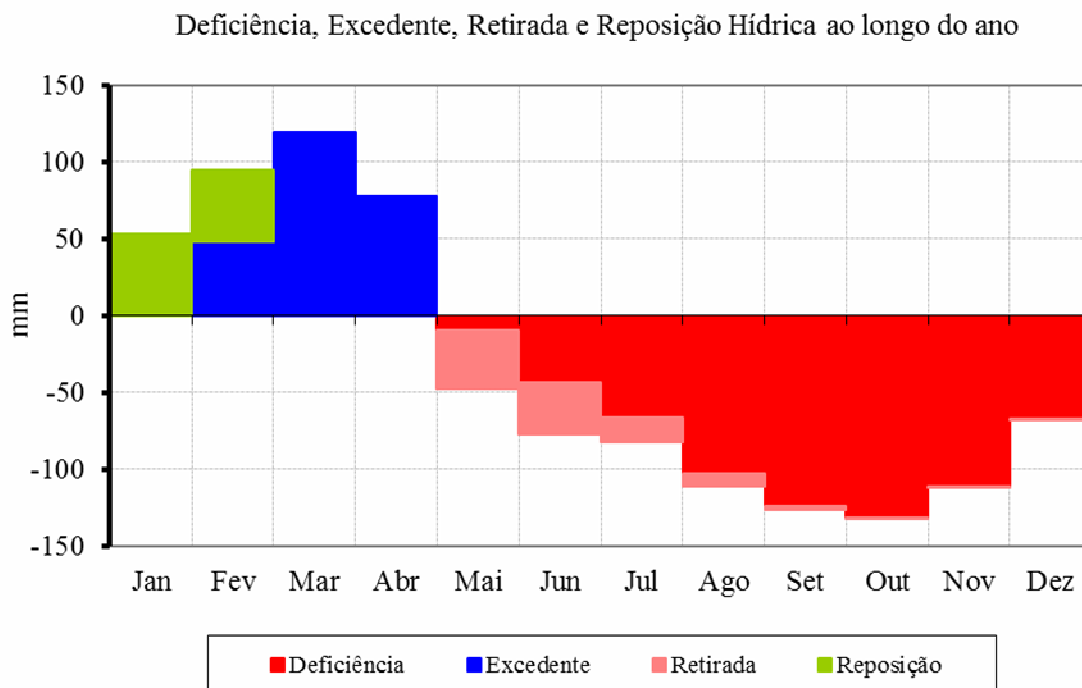


FIGURA 2. Estrato do balanço hídrico climatológico médio mensal para o município de Barbalha – CE.

Através do balanço hídrico climatológico foi possível determinar os índices de aridez (I_a), umidade (I_u), hídrico (I_h) e o C_v , onde o C_v é a concentração da evapotranspiração potencial na estação quente, determinada pelos três meses consecutivos de temperatura mais elevada do ano (trimestre mais quente). Tais índices determinam a classificação climática, baseada em observações e estudos realizados nas condições do Sudeste Árido dos Estados Unidos da América e aplicado ao resto do mundo, proposto por THORNTHWAITE (1948).

Utilizando o índice hídrico anual (I_h) definiu-se o tipo de clima como Seco Subúmido (C_1), através da evapotranspiração potencial anual obteve-se a classificação térmica como sendo um clima Megatérmico (A'), como o $I_h < 0$ genericamente designados como “climas secos” são enquadrados de acordo com o índice de umidade (I_u) assim originando o subtipo climático (W) Moderado excesso de água no verão, e em conformidade com a concentração da evapotranspiração potencial na estação quente (C_v), definida pelos três meses consecutivos de temperatura mais elevada foi estabelecido outro subtipo climático (a') indicando a percentagem da evapotranspiração potencial anual concentrada no trimestre mais quente do ano.

A fórmula climática obtida para o município de Barbalha – CE, encontra - se na Tabela 4. Segundo THORNTHWAITE ($C_1 A' W a'$) a região constitui de um clima

seco subúmido, Megatérmico, com moderado excesso de água no verão, sendo 31,38% da evapotranspiração potencial anual concentrada no trimestre mais quente do ano.

O sistema de classificação climática de THORNTHWAITE (1948) permite separar eficientemente os climas de uma região, uma vez que o método é sensível aos totais de chuva, temperatura e relevo da região estudada, resultando em maior número de tipos climáticos, gerando informações eficientes através do balanço hídrico normal, demonstrando a capacidade para delimitação das zonas agroclimáticas (ROLIM, 2007).

TABELA 4. Classificação climática (CC) para o município de Barbalha - CE.

la	lu	Ih	Tipo climático em função do índice hídrico (Ih)	Tipo climático em função da Evapotranspiração Potencial (ETp)	Subtipo climático em função de Ih e lu	Subtipo climático em função de (Cv)
	(%)					
44,50	16,71	-9,99	C ₁	A'	S	a'

A partir dos resultados do balanço hídrico climatológico e da relação da evapotranspiração e precipitação elaborou-se o evapopluiograma (Figura 3), para a efetivação do zoneamento agroclimático para as culturas do município de Barbalha - CE. Segundo ALVES & AZEVEDO (2013) a distribuição da evapotranspiração potencial e precipitação pluvial no evapopluiograma, gerando as quatro faixas térmicas e os seis setores hídricos, são ferramentas eficazes na caracterização do clima de uma dada região para exploração de uma determinada cultura.

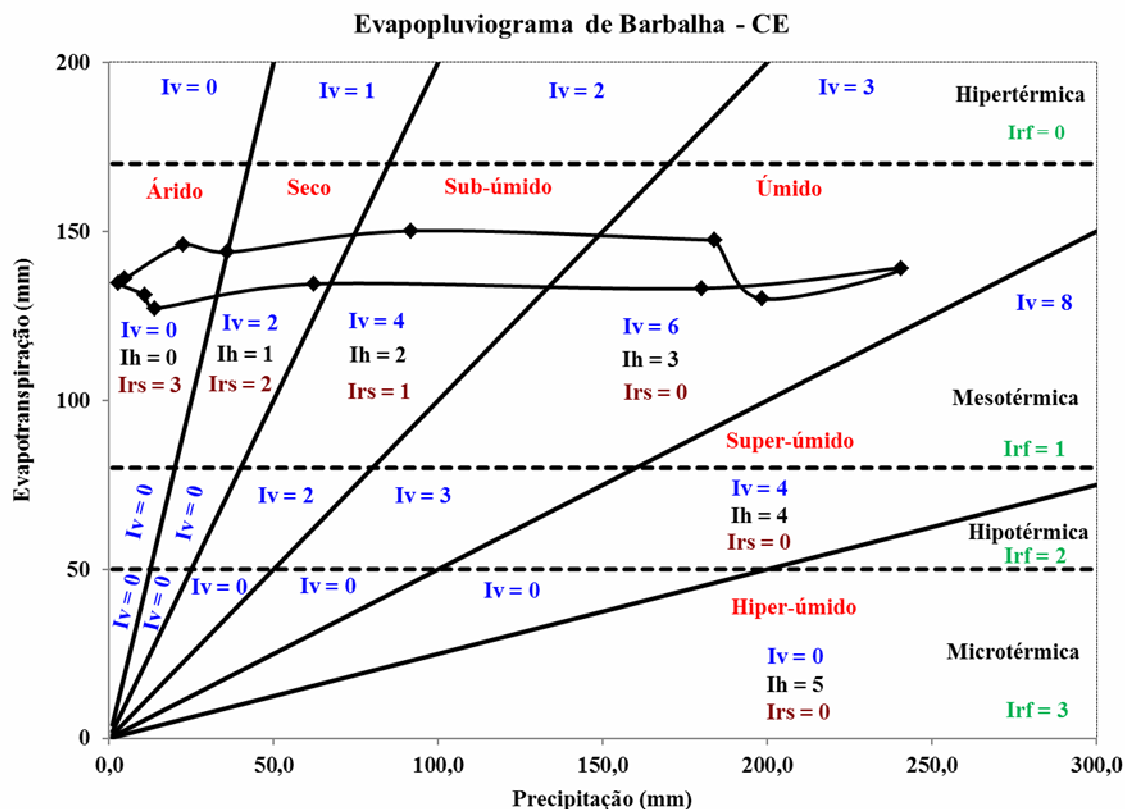


FIGURA 3. Distribuição dos setores hídricos e faixas térmicas do evapopluiograma para o município de Barbalha – CE.

Após passarem por fases de cálculos, evapopluviograma e aplicação em tabelas, os resultados dos índices climáticos estão expostos na Tabela 5. Estes índices estão de acordo com vários estudos realizados para o semiárido nordestino, conforme MEDEIROS et al., (2013c).

FRANCISCO et al., (2011) relatam que estes índices indicam as condições para explorar a cultura de forma sustentável visando o planejamento para que se tenha retorno econômico, com base no clima e solo desta localidade para obtenção de uma maior rentabilidade nos cultivos agrícolas.

TABELA 5. Índices e parâmetros climáticos para o município de Barbalha - CE.

Índice Climático	I _h	I _v	I _{rs}	I _{rf}	C _v (%)	T _a (°C)	P	ET _p (mm)	D	S
Valor	16	32	20	12	31,38	25,6	1.174,7	1.470,5	654,4	245,8

Símbolos: I_h - Índice hídrico anual proveniente do balanço hídrico, I_v - Índice vegetativo anual, I_{rs} - Índice de repouso por seca, I_{rf} - Índice de repouso por frio, C_v - Concentração da evapotranspiração potencial na estação quente, T - Temperatura média anual, P - Precipitação pluvial, ET_p - Evapotranspiração Potencial anual, D - Deficiência hídrica e S - Excesso hídrico.

WOLLMANN & GALVANI (2013) relatam que as condições locais hídricas e de clima, são levadas em consideração no zoneamento agroclimático, visando à exploração de culturas economicamente rentáveis. São estas as características agroclimáticas desta localidade que determinam aptidão ao desenvolvimento das culturas.

De acordo com os índices climáticos da Tabela 5 aplicados em relação à Tabela 2, realizou-se o zoneamento agroclimático de algumas culturas para a região, com aptidão plena, moderada e restrita. Determinou-se para a área de estudo as culturas e suas atividades fisiológicas que se adaptam às disponibilidades climáticas e hídricas locais, que se encontram na Tabela 6.

TABELA 6. Zoneamento Agroclimático de algumas culturas para o município de Barbalha - CE.

Cultura	Índice Climático	Aptidão
Abacaxi	$-20 \leq I_h < 20$	Plena
Algodão herbáceo	$30 \leq I_v < 50$; $I_{sv} \leq 1$ e $I_{rs} \geq 4$	Plena
Banana	$350 < D < 700$ mm	Restrita
Caju	$I_h < -10$; $200 < D < 700$ mm	Moderada
Cana-de-açúcar	$0 > I_h > -10$	Restrita
Feijão	$I_v > 30$; $1 < I_{rs} < 5$; $D < 20$ mm; $T_a > 22$ °C	Plena
Milho	$30 < I_v < 40$; $D < 0$; $S < 500$ mm	Moderada
Mamona	$-20 < I_h < 0$; $DEF > 60$ mm; $T > 20$ °C	Plena
Mandioca	$-10 < I_h < 50$ e $T_a > 19$ ° C	Plena
Sisal	$I_h > -10$, $DEF > 100$ mm, $EXC < 500$ mm	Plena
Sorgo	$30 < I_v < 40$, $S < 500$ mm	Moderada

A partir das exigências climáticas das culturas e com base nas faixas de aptidão plena, moderada, restrita e inaptidão de algumas culturas, e os resultados

do I_h - Índice hídrico, I_v - Índice de vegetação, I_{rs} - Índice de repouso por seca, T - Temperatura média, D - Deficiência hídrica e S - Excesso hídrico, verificou-se que o município de Barbalha - CE possui aptidão plena para os cultivos de abacaxi, algodão herbáceo, feijão, mamona, mandioca e sisal. Para o cultivo de caju, milho e sorgo constatou-se aptidão moderada. Apenas o cultivo da banana e cana-de-açúcar fica restrito devido à região apresentar déficit hídrico acentuado.

Apesar desta região possuir uma faixa de temperatura do ar adequada ao desenvolvimento e formação das estruturas reprodutivas das culturas, a deficiência hídrica acentuada limita a exploração de culturas rentáveis (fruticultura, hortaliças e leguminosas) exigentes em grande volume de água.

Para TOLEDO et al., (2009) a aptidão de uma dada região é definida com base na associação da precipitação, temperatura e altitude local, estas informações são de grande importância sob o aspecto social inerente as culturas, geradora de recursos para a agricultura familiar. Visto que Barbalha - CE possui aptidão climática para estas culturas, a utilização de tecnologias nos cultivos como variedades mais produtivas, resistentes e a utilização de sistemas de irrigação para complementar o fornecimento de águas nas épocas secas, aumentará a produtividade dos cultivos, gerando emprego e renda para o município.

Nesse contexto, para que se possa produzir no município faz-se necessário o planejamento adequado e a utilização de um sistema de irrigação eficiente e compatível com a demanda de água da cultura e a quantidade disponível na propriedade para utilização na agricultura.

CONCLUSÕES

O presente estudo proporciona subsídios para auxílio à tomada de decisão, mediante a disponibilização das informações do Balanço Hídrico Climatológico, classificação climática, zoneamento agroclimático e aptidão das culturas, favorecendo um planejamento adequado das atividades agrícolas e consequentemente diminuição dos riscos aos quais esta atividade está submetida.

O uso da irrigação torna-se indispensável, principalmente nos meses que apresentam maior déficit hídrico, podendo adotar o manejo da irrigação com base nos dados históricos de evapotranspiração e desta forma suprir as necessidades hídricas dos cultivos garantindo, produtividade máxima das culturas. As atividades fisiológicas das culturas se adaptam às disponibilidades hídricas e climáticas da região.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão das bolsas de mestrado e doutorado.

REFERÊNCIAS

ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V.; **Caracterização agroclimática para a microbacia hidrográfica do Riacho Namorado, São João do Cariri-PB.** XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Centro de eventos Benedito Nunes,

Belém – PA, 2013.

ARAÚJO, A. O.; MENDONÇA, L. A. R.; LIMA, M. G. S. L.; FEITOSA, J. V.; SILVA, F. J. A.; NESS, R. L. L.; FRISCHKORN, H.; SIMPLÍCIO, A. A. F.; KERNTOPF, M. R. Modificações nas propriedades dos solos de uma área de manejo florestal na Chapada do Araripe. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 37, p. 754-762, 2013.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Revista Irriga**, v. 14, n. 1, p. 1 - 11, 2009.

FERREIRA, F. S.; MORENO, N. B. C.; EVANGELISTA, J. S. B.; SILVA, A. C. A.; AMANCIO, L. C. S. A fruticultura no Ceará: evolução e tendências na região metropolitana do cariri. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18; p. 01 - 13, 2014.

FRANCISCO, P. R. M.; PEREIRA, F. C.; MEDEIROS, R. M. SÁ, T. F. F. Zoneamento de risco climático e aptidão de cultivo para o município de Picui – PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, p. 1043 - 1055, 2011.

MARENGO, J. A.; SOARES, W. R.; SAULO, C.; NICOLINI, M. Climatology of the low-level Jet East of the Andes as Derived from NCEP-NCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. **Journal of Climate**, v. 17, n. 12, p. 2261 - 2280, 2004.

MATOS, R. M.; SILVA, J. A. S.; MEDEIROS, R. M. Aptidão climática para a cultura do feijão caupi do município de Barbalha – CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, nº. 6, p. 422 - 431, 2014.

MEDEIROS, R. M.; AZEVEDO, P. V.; SABOYA, L. M. F.; FRANCISCO, P. R. M. Classificação climática e zoneamento agroclimático para o município de Amarante – PI. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n. 2, p. 170 - 180, 2013b.

MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D. C.; SOUZA, F. A. S.; GOMES FILHO, M. F. Análise climatológica, classificação climática e variabilidade do balanço hídrico climatológica na bacia do rio Uruçui Preto, PI. **Revista Brasileira de Geografia física**, V. 6, n. 4, p. 652 - 664, 2013a.

MEDEIROS, R. M.; SILVA, J. A. S.; SILVA, A. O.; MATOS, R. M.; BALBINO, D. P. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para a área produtora da banana do município de Barbalha, CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n. 4, p. 258 - 268, 2013c.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981.

ORTOLANI, A. A.; CAMARGO, M. B. P. Influência dos fatores climáticos na produção. **Ecofisiologia da Produção Agrícola**. Piracicaba: Potafos, 1987. 249 p.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: Conceitos, processos e aplicações**. São Paulo, Manole, 2004. 478p.

ROLIM, G. S. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo.

Revista Bragantina, v. 66, n. 4, p. 711 - 720, 2007.

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. 3, p.142 - 149, 2010.

SILVA, J. A. S.; MEDEIROS, R. M.; SILVA, A. O.; SILVA, J. W. O. S.; MATOS, R. M. **Oscilações no regime da precipitação pluvial no município de Barbalha - CE.** I Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido – SBRNS, 22 a 24 de maio de 2013, Iguatu – CE, Brasil.

SILVA, VICENTE P. R.; PEREIRA, E. R. R.; AZEVEDO, P. V.; SOUSA, F. A. S.; SOUSA, I. F. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol.15, n.2, p. 131-138, 2011.

SLEIMAN, J., SILVA, M. E. S. A climatologia de precipitação e a ocorrência de veranicos na porção noroeste do estado do Rio Grande do Sul. **SIMP GEO-SP**, Rio Claro, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

THORNTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review**, London, v. 38, p. 55 - 94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Publication in Climatology N°8, Laboratory of Climatology, Center ton, N. J. 1955.

TOLEDO, J. V.; MARTINS, L. D.; KLIPPEL, V. H.; PEZZOPANE, J. E. M.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. Zoneamento agroclimático para a cultura do pinhão manso (*Jatropha Curcas*L.) e da mamona (*Ricinus Communis* L.) no estado do Espírito Santo. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 05, p. 41 - 51, 2009.

UNESCO. **Mexico City Declaration on Cultural Policies World Conference on Cultural Policies Mexico City**, 26 July - 6 August, 1982.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. Zoneamento agroclimático: linhas de pesquisa e caracterização teórica-conceitual. **Sociedade e Natureza**, v. 25, p. 179-190, 2013.