



ISSN: 2525-815X

Journal of Environmental Analysis and Progress

Journal homepage: www.jeap.ufrpe.br/<https://doi.org/10.24221/jeap.5.1.2020.2801.038-048>

Classificação climática e aptidão agrícola para Bom Jesus-PI em diferentes cenários climáticos

Climate classification and agricultural aptitude for Bom Jesus-PI in different climate scenarios

Gabriel Siqueira Tavares Fernandes^a, Edivania de Araujo Lima^b, Fabrício Marcos Oliveira Lopes^a, Douglas Alberto de Oliveira Silva^a, Anderson dos Santos^a, Tecla Ticiane Félix da Silva^a

^a Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Departamento de Engenharia Agrícola. Rua Manoel de Medeiros, SN, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil. CEP: 52171-900. E-mail: agrogabrielt@gmail.com, douglasalbertosilva@hotmail.com, pabriciope@gmail.com, teclaticiane12@hotmail.com, agryanderson@gmail.com.

^b Universidade Federal do Piauí-UFPI, Colegiado de Engenharia Agrônômica, Rodovia Bom Jesus-Viana, km 01, Bom Jesus, Piauí, Brasil. CEP 64900-000. E-mail: edivania@ufpi.edu.br.

ARTICLE INFO

Recebido 05 Out 2019

Aceito 04 Dez 2019

Publicado 13 Jan 2020

ABSTRACT

The climatic characterization of a region allows the recommendation and the determination of better management of crops. In this sense, the objective was to identify changes in the climatic classification and agroclimatic aptitude of the city of Bom Jesus-Piauí, in different climatic scenarios. The municipality is part of the semi-arid Piauiense region, with a hot and humid climate. In the composition of the climatological water balance (BHC), calculated by the method of Thornthwaite & Mather, the datasets of the climatological normal of 1961-1990 and 1981-2010, both made available by the National Institute of Meteorology (INMET), were used. Among the two climatic scenarios evaluated, there was an increase of 1.5°C in the mean air temperature, a reduction of 106.7 mm in rainfall totals and an increase of 350.7 mm in the ETP, resulting in a long dry season and the presence of water deficiency in most of the year. Regarding the climatic classification, a change in the climatic type of the region was observed, no longer being classified as Dry subunit (C1), and being classified as Semiarid (D). In this way the cultivation of banana, cashew and sorghum were affected by the reduction of the water availability of the region.

Keywords: Agricultural production, water balance, water availability.

RESUMO

A caracterização climática de uma região permite a recomendação e a determinação de um melhor manejo de culturas agrícolas. Nesse sentido, objetivou-se identificar mudanças na classificação climática e aptidão agroclimática da cidade de Bom Jesus-Piauí, em diferentes cenários climáticos. O município integra a região do Semiárido Piauiense, possuindo clima quente e úmido. Na composição do balanço hídrico climatológico (BHC), calculado pelo método de Thornthwaite & Mather, utilizaram-se os conjuntos de dados das normais climatológicas de 1961-1990 e 1981-2010, ambas disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Verificou-se, entre os conjuntos de dados avaliados, um aumento de 1,5°C na temperatura média do ar, redução de 106,7 mm nos totais pluviométricos e um aumento de 350,7 mm na ETP, configurando uma longa estação seca e a presença de deficiência hídrica na maior parte do ano. No que se trata à classificação climática constatou-se uma mudança no tipo climático da região, deixando de ser classificado como Subúmido seco (C₁) e passando a ser classificado como Semiárido (D), desta forma o cultivo da banana, caju e sorgo foram afetados pela redução da disponibilidade hídrica da região.

Palavras-Chave: Produção agrícola, balanço hídrico, disponibilidade hídrica.

Introdução

A classificação climática é imprescindível para fornecer características gerais da configuração climática e temporal de qualquer região. Segundo Oliveira & Oliveira (2019) a classificação climática tem o intuito de identificar em uma determinada região de estudo, zonas com características climáticas relativamente homogêneas visando fornecer informações valiosas sobre as condições climáticas, suas potencialidades agrícolas e o meio ambiente da região. Diante do atual cenário da ocorrência de fenômenos que indicam tendências de mudanças climáticas, monitorar o comportamento da climatologia é crucial para ter um melhor entendimento da interação água-planta-atmosfera que resultam em melhorias no desenvolvimento de diversos setores, tais como: recursos hídricos, agricultura, saneamento básico, entre outros.

A disponibilidade hídrica de uma região é um fator de extrema importância na agricultura, visto que contribui, significativamente, para o rendimento de cultivos. Tal fator depende do balanço entre as chuvas e a evapotranspiração, os quais são modulados pelas condições atmosféricas (radiação solar, umidade relativa e velocidade dos ventos) e, no caso desta última, por condições de superfície (tipo de vegetação, tipo de solo, entre outros) (Pereira et al., 2002).

Uma das ferramentas fundamentais para a quantificação da disponibilidade hídrica no solo e o planejamento agrícola é o balanço hídrico climatológico, seguido da classificação climática, propostos por Thornthwaite & Matter (1955). Estes instrumentos são utilizados para delimitar áreas com aptidão climática apropriada para diferentes tipos de plantios (Ometo, 1981).

Com a utilização associada do balanço hídrico e da classificação climática, obtém-se informações úteis para a recomendação de cultivos que apresentam condições de se adaptarem a região, visto que consideram-se os fatores solo (textura, profundidade do sistema radicular das plantas e o movimento da água do solo) e atmosfera (temperatura, precipitação e evapotranspiração potencial) (Matos et al., 2014), caracterizando, um sistema de análise climática mais eficiente do que a classificação de Köppen, do ponto de vista agrícola (Cunha & Martins, 2009).

O Nordeste do Brasil, dentre todas as regiões, é a que apresenta uma maior sensibilidade aos ricos eminentes das mudanças climáticas, com possível aridização e subsequente desertificação (Marengo et al., 2011; Vieira et al., 2015). Nas projeções futuras, espera-se o aumento de dias quentes e ocorrência de secas mais frequentes e intensas (IPCC, 2014; Marengo et al., 2017), com

possibilidade de redução em 13,9% na disponibilidade de água superficial em algumas regiões, até 2039 (Montenegro et al., 2012).

A intensificação das tendências observadas terá impactos no município de Bom Jesus, localizado no sudoeste piauiense, principalmente, no que se refere a disponibilidade hídrica e seu impacto na produção agrícola. Essa região está inserida no cerrado setentrional brasileiro, o qual possui elevado desenvolvimento tecnológico e agrícola, principalmente devido à expansão das lavouras de grãos. Vale ressaltar que o município apresenta grande potencial para cultivos irrigados tendo em vista que compõe o chamado Vale do Gurguéia e apresenta grande quantidade de água subterrânea (Piauí, 2008; MME, 2008), situação que pode minimizar os efeitos de possíveis mudanças climáticas e redução de recursos hídricos.

Dessa forma, a verificação de mudanças atuais na configuração climática, bem como, nas possíveis alterações na aptidão agrícola regional, torna-se crucial para o melhor desenvolvimento da produção vegetal. Em virtude dos fatos mencionados, objetivou-se, com a execução do presente trabalho, identificar mudanças na classificação climática e aptidão agroclimática do município de Bom Jesus – Piauí, em diferentes cenários climáticos.

Material e Métodos

A região analisada, corresponde ao município de Bom Jesus, localizado na região Sudoeste do Estado do Piauí (Figura 1).



Figura 1. Localização geográfica do município de Bom Jesus-PI (09°04'28''S; 44°21'31''W). Fonte: Própria (2019).

O município integra a região do Semiárido Piauiense, possuindo clima quente e úmido,

classificado por Köppen como Awa (Tropical chuvoso com estação seca no inverno e temperatura média do ms mais quente maior que 22°C). Localizado nas coordenadas geográficas 09°04'28''S, 44°21'31''W, e altitude média de 277 m, com precipitação média entre 900 a 1200 mm.ano⁻¹ e temperatura média de 26,2°C (INMET, 2017).

Para execução do balanço hídrico climatológico (BHC), utilizaram-se dois conjuntos de dados, os quais foram compostos pelas normais climatológicas de 1961-1990 e 1981-2010, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O BHC foi calculado pelo método proposto por Thornthwaite & Mather (1955), através de uma planilha do software Microsoft Excel, desenvolvida por Rolim et al. (1998), admitindo-se uma capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm.

A partir da extração dos dados do balanço hídrico determinou-se o índice de aridez (I_a), índice hídrico (I_h) e o índice de umidade (I_u), tais parâmetros são essenciais para a classificação climática de uma região, segundo o método Thornthwaite (1948), bem como em análises de aptidão e zoneamento agroclimático. O cálculo desses índices foi realizado conforme as equações 1, 2 e 3, respectivamente.

$$I_a = 100 * \frac{\Sigma DEF}{\Sigma ETP} \quad \text{Eq.(1)}$$

$$I_h = 100 * \frac{\Sigma EXC}{\Sigma ETP} \quad \text{Eq.(2)}$$

$$I_u = \frac{(100 * \Sigma EXC - 60 * \Sigma DEF)}{\Sigma ETP} \quad \text{Eq.(3)}$$

onde: DEF = deficiência hídrica anual; EXC = excesso hídrico anual; ETP = evapotranspiração potencial anual.

A partir da determinação desses índices, foram realizadas as classificações climáticas para ambas as normais climatológicas, de acordo com a metodologia de Thornthwaite (1948) (Tabelas 1-4).

Tabela 1. Tipos Climáticos baseados no Índice de umidade (I_u). Fonte: Thornthwaite (1948).

| Tipo climático | ETP anual (mm) |
|--------------------|------------------|
| A' – Megatérmico | ETP ≥ 1140 |
| B'₄ – Mesotérmico | 997 ≤ ETP < 1140 |
| B'₃ – Mesotérmico | 855 ≤ ETP < 997 |
| B'₂ – Mesotérmico | 712 ≤ ETP < 855 |
| B'₁ – Mesotérmico | 570 ≤ ETP < 712 |
| C'₂ – Microtérmico | 427 ≤ ETP < 570 |
| C'₁ – Microtérmico | 285 ≤ ETP < 427 |
| D' – Tundra | 142 ≤ ETP < 285 |
| E' – Gelo perpétuo | ETP < 142 |

Tabela 2. Subdivisão dos Tipos Climáticos com base no Índice de Aridez (I_a). Fonte: Thornthwaite (1948).

| Tipos climáticos | Índice de umidade (I _u) |
|--------------------|-------------------------------------|
| A – Superúmido | I _u ≥ 100 |
| B₄ – Úmido | 80 ≤ I _u < 100 |
| B₃ – Úmido | 60 ≤ I _u < 80 |
| B₂ – Úmido | 40 ≤ I _u < 60 |
| B₁ – Úmido | 20 ≤ I _u < 40 |
| C₂ – Subúmido | 0 ≤ I _u < 20 |
| C₁ – Subúmido seco | -20 ≤ I _u < 0 |
| D – Semiárido | -40 ≤ I _u < -20 |
| E – Árido | -60 ≤ I _u < -40 |

Tabela 3. Subdivisão dos Tipos Climáticos com base no Índice hídrico (I_h). Fonte: Thornthwaite (1948).

| Climas úmidos (A, B, C₂) | Índice de aridez (I _a) |
|---|------------------------------------|
| r – deficiência de água pequena ou nula | 0 ≤ I _a < 16,7 |
| s – deficiência de água moderada no verão | 16,7 ≤ I _a < 33,3 |
| w – deficiência de água moderada no inverno | 16,7 ≤ I _a < 33,3 |
| S₂ – grande deficiência de água no verão | I _a ≥ 33,3 |
| W₂ – grande deficiência de água no inverno | I _a ≥ 33,3 |

Tabela 4. Subdivisão dos Tipos Climáticos com base no Índice Térmico (Evapotranspiração Potencial anual-ETP). Fonte: Thornthwaite (1948).

| Climas úmidos (C₁, D, E) | Índice hídrico (I _h) |
|---|----------------------------------|
| d – excesso de água pequena ou nula | 0 ≤ I _h < 10 |
| s – excesso de água moderada no verão | 10 ≤ I _h < 20 |
| w – excesso de água moderada no inverno | 10 ≤ I _h < 20 |
| S₂ – grande excesso de água no verão | I _h ≥ 20 |
| W₂ – grande excesso de água no inverno | I _h ≥ 20 |

Posteriormente, confeccionou-se os respectivos evapopluiogramas, utilizando o software Microsoft Excel 2016. Esses referem-se a um climograma adaptado ao BHC que, através de um sistema de coordenadas ortogonais, fornece informações relevantes para estudos de zoneamento agrícola (Medeiros et al., 2015). A partir dos evapopluiogramas, determinou-se os índices culturais (I_v – Índice de Vegetação, I_h – Índice Hídrico e I_{rs} – Índice de repouso por seca)

para realizar a classificação da aptidão agroclimática das culturas (aptidão plena, restrita, moderada e inaptidão) (Tabela 5).

Tabela 5. Aptidão climática de algumas culturas agrícolas. Fonte: Medeiros et al. (2013).

| 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 | $-40 \leq I_h < -30$ | 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. |
| Banana | Plena | $DEF < 200$ m | Boas condições hídricas para o desenvolvimento da cultura |
| | Moderada | $200 < DEF < 350$ m | Insuficiência hídrica estacional, prolongando o ciclo da cultura. |
| | Restrita | $350 < DEF < 700$ m | Deficiência hídrica acentuada, sendo possível o cultivo apenas em várzeas e locais mais úmidos. |
| | Inaptidão | $DEF > 700$ m | Deficiência hídrica muito severa. O cultivo somente possível através de irrigação. |
| Caju | Plena | $I_h > -10$; $DEF < 100$ mm | Em geral não há limitações climáticas para a cultura, principalmente nas regiões e climas quentes. |
| | Moderada | $I_h < -10$; $100 < D < 200$ mm; $200 < D < 700$ mm | Ocorrência normal de pequena deficiência hídrica. Cultivo parcial prejudicado pela deficiência hídrica. |
| | Restrita | $700 < DEF < 900$ mm | Deficiência hídrica severa na maioria dos solos. Cultivo somente através de suprimento d'água por irrigação. |
| | Inaptidão | $DEF > 700$ mm | Suprimento hídrico insuficiente para a cultura. |
| Cana-de-açúcar | Plena | $I_h > 0$; $DEF < 200$ mm | Boas condições hídricas para o desenvolvimento da cultura |
| | Moderada | $I_h > 0$; $DEF > 200$ 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 | $I_v > 30$; $1; < I_{rs} < 5$; $DEF < 20$ mm; $T_a > 22^\circ\text{C}$ | Melhores condições climáticas para o desenvolvimento da cultura. |
| | Moderada | $25 < I_v < 30$; $DEF > 20$ mm; $T_a > 22^\circ\text{C}$ | Período vegetativo curto. Aptidão plena para variedades precoces. |
| | Restrita | $20 < I_v < 25$ | Deficiência hídrica acentuada, necessitando suprimento d'água por irrigação. |
| | Inaptidão | $I_v < 20$; $DEF > 20$ mm | Cultivo inapropriado por insuficiência hídrica acentuada. Cultivo possível apenas com irrigação. |
| Milho | Plena | $40 < I_v < 60$; $DEF > 0$; $T > 19^\circ\text{C}$ | Condições hídricas e térmicas satisfatórias para o desenvolvimento da cultura. |
| | Moderada | $30 < I_v < 40$; $DEF < 0$; $S < 500$ 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 | $I_h > -10$; $D > 1$ mm; $S < 500$ mm | Deficiência hídrica muito severa, tornando inviável o cultivo do milho. |

| | | | |
|-------|-----------|--|--|
| | Plena | $20 < I_v < 30$; DEF < 20 mm 0; T > 18 °C | Condições hídricas e térmicas satisfatórias, tanto no período das chuvas quanto na estação seca. |
| Sorgo | Moderada | $30 < I_v < 40$; $I_v < 20$; DEF < 500 mm | Por excesso hídrico, afetando a produção. Ocorrência de problemas fitossanitários. |
| | Restrita | $40 < I_v < 60$ | Restrições ao cultivo do sorgo por apresentar um excesso hídrico acentuado. |
| | Inaptidão | $I_v > 60$ | Não recomendado. |

Resultados e Discussão

A temperatura média do ar da região (Figura 2), no decorrer do ano, apresenta valores superiores entre agosto e novembro, sendo setembro o mês em que se encontra o maior valor desse elemento meteorológico, para ambas normais climatológicas. Os quais variam em torno de 2°C

acima da média (26,2°C – 1961-1990; 27,7°C – 1981-2010). Observa-se que esse comportamento está relacionado ao período da estação seca característica do clima da região (Figura 3), onde há menores totais pluviométricos, dessa forma, espera-se maiores temperaturas do ar.

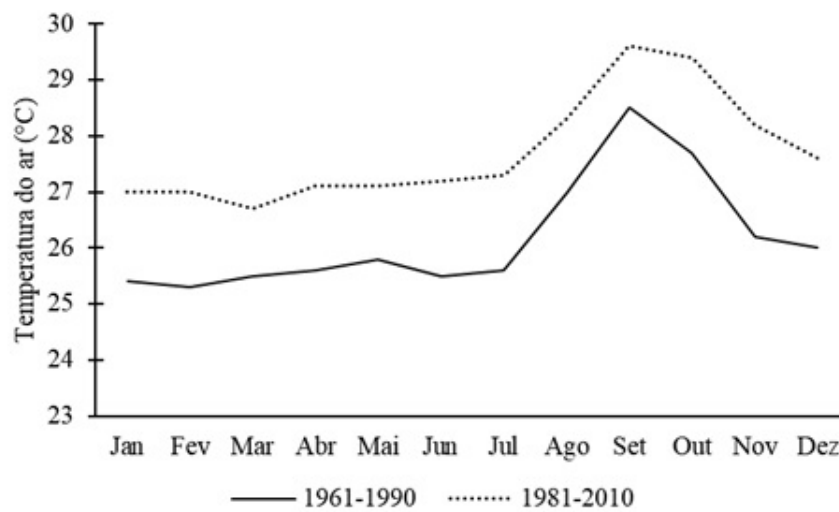


Figura 2. Temperatura média do ar em diferentes normais climatológicas para o município de Bom Jesus, Piauí.

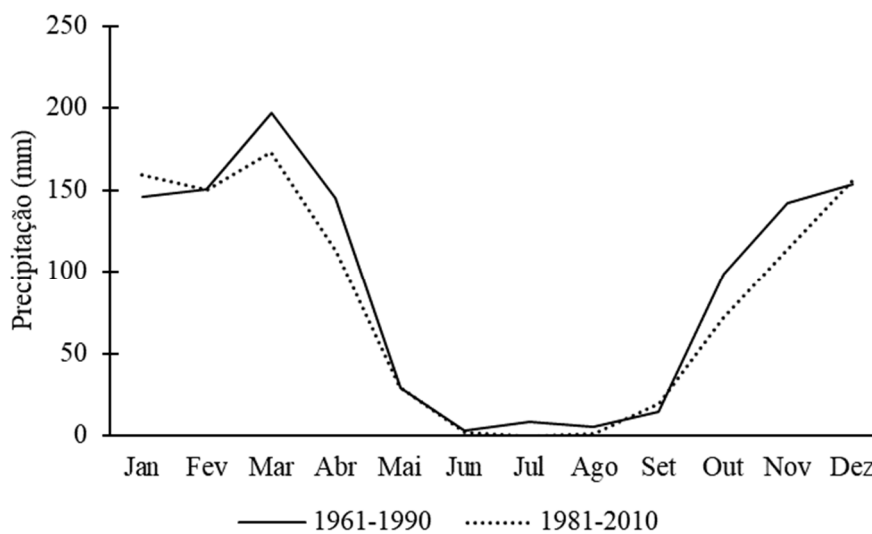


Figura 3. Precipitação acumulada média em diferentes normais climatológicas para o município de Bom Jesus, Piauí.

O padrão de variação mensal de cada elemento meteorológico entre as climatologias é semelhante, em contrapartida, há diferenças em suas magnitudes (Figuras 2 e 3). Em relação à temperatura do ar, tem-se um perceptível aumento com a configuração climática de 1981-2010, resultando em um acréscimo de 1,5°C na temperatura média anual. O mês mais quente recebe um aumento de 1,1°C, o mês com menores valores desse componente deixa de ser fevereiro (25,3°C) e passa a ser março (26,7°C). Um aumento dessa magnitude na condição climática média da região pode causar diversos impactos, tais como a inaptidão para cultivo de algumas culturas, o aumento da demanda evaporativa atmosférica que pode causar diminuição de disponibilidade hídrica, além de desconforto térmico, entre outros.

No que se refere à precipitação pluviométrica (Figura 3), no decorrer do ano, março é o mês mais chuvoso (197,4 mm – 1961-1990; 172,9 mm – 1981-2010), junho e julho são os meses que apresentam menores totais pluviométricos para a NC de 1961-1990 (3 mm) e NC de 1981-2010 (0 mm), respectivamente. Essa variação mensal se dá em decorrência da sazonalidade de fenômenos atmosféricos sobre a

região como, Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), as massas de ar Equatorial Atlântica e Equatorial Continental, entre outros (Coelho & Terra, 1998).

Com o decorrer dos anos, e consequentes caracterizações climáticas, observa-se que houve uma redução evidente na precipitação da região, resultando em um decréscimo de 106,7 mm na precipitação acumulada anual. Os comportamentos encontrados para este elemento meteorológico, bem como para a temperatura do ar, podem indicar aridização da região, uma vez que estão diretamente relacionados à evapotranspiração e, consequentemente à disponibilidade hídrica.

Com o Balanço Hídrico Climatológico (BHC), observa-se que na climatologia de 1961-1990 (Tabela 6), o período chuvoso é configurado de novembro a abril (P-ETP positivos), o qual apresenta menor evapotranspiração potencial (124 mm) quando comparado ao período seco (139 mm), por apresentar uma menor temperatura do ar. Há ajuste de deficiência hídrica anual de 576 mm, e um pequeno excesso hídrico apenas nos meses de março e abril, totalizando um excedente anual de 91,3 mm.

Tabela 6. Balanço Hídrico Climatológico do município de Bom Jesus-PI, segundo a normal climatológica de 1961-1990. T = Temperatura média; P = Precipitação pluviométrica; ETP = Evapotranspiração potencial; NEG-AC = Negativo acumulado; ARM = Armazenamento; ALT = Alteração; ETR = Evapotranspiração real; DEF = Deficiência hídrica; EXC = Excesso hídrico.

| Meses | T | P | ETP | P-ETP | NEG-AC | ARM | ALT | ETR | DEF | EXC |
|---------------|------|--------|---------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|------|
| | °C | mm | | | | | | | | |
| Jan | 25,4 | 145,9 | 124,68 | 21,2 | -71,3 | 49,0 | 21,2 | 124,7 | 0 | 0 |
| Fev | 25,3 | 150,7 | 109,81 | 40,9 | -10,6 | 89,9 | 40,9 | 109,8 | 0 | 0 |
| Mar | 25,5 | 197,4 | 122,95 | 74,4 | 0 | 100 | 10 | 123 | 0 | 64,4 |
| Abr | 25,6 | 145 | 118,02 | 27,0 | 0 | 100 | 0 | 118 | 0 | 27 |
| Mai | 25,8 | 28,9 | 122,87 | -94,0 | -94,0 | 39,1 | -60,9 | 89,8 | 33 | 0 |
| Jun | 25,5 | 3 | 112,28 | -109,3 | -203,3 | 13,1 | -26,0 | 29 | 83,3 | 0 |
| Jul | 25,6 | 8,4 | 117,4 | -109,0 | -312,2 | 4,4 | -8,7 | 17,1 | 100,3 | 0 |
| Ago | 27 | 5,3 | 143,99 | -138,7 | -450,9 | 1,1 | -3,3 | 8,6 | 135,4 | 0 |
| Set | 28,5 | 14,5 | 172,92 | -158,4 | -609,4 | 0,2 | -0,9 | 15,4 | 157,5 | 0 |
| Out | 27,7 | 98,2 | 164,72 | -66,5 | -675,9 | 0,1 | -0,1 | 98,3 | 66,4 | 0 |
| Nov | 26,2 | 142,3 | 132,99 | 9,3 | -236,1 | 9,4 | 9,3 | 133 | 0 | 0 |
| Dez | 26 | 153,8 | 135,43 | 18,4 | -128,0 | 27,8 | 18,4 | 135,4 | 0 | 0 |
| Totais | - | 1093,4 | 1578,04 | -484,6 | - | 434,2 | 0 | 1002,1 | 576 | 91,3 |
| Médias | 26,2 | 91,1 | 131,5 | -40,4 | - | 36,2 | - | 83,5 | 48 | 7,6 |

Com a configuração climática de 1981-2010, nota-se que houve uma alteração do período chuvoso da região (Tabela 7); esse reduz-se aos meses de janeiro a março, com consequente presença de deficiência hídrica no solo na maior

parte do ano (período seco). Além disso, houve um aumento de 22,2% na evapotranspiração potencial com relação à climatologia anterior (1961-1990), devido ao aumento da temperatura média do ar.

Tabela 7. Balanço hídrico climatológico da cidade de Bom Jesus-PI, segundo a normal climatológica de 1981-2010. T = Temperatura média; P = Precipitação pluviométrica; ETP = Evapotranspiração potencial; NEG-AC = Negativo acumulado; ARM = Armazenamento; ALT = Alteração; ETR = Evapotranspiração real; DEF = Deficiência hídrica; EXC = Excesso hídrico.

| Meses | T | P | ETP | P-ETP | NEG-AC | ARM | ALT | ETR | DEF | EXC |
|---------------|------|-------|---------|--------|---------|-------|-------|-------|-------|-----|
| | (°C) | (mm) | | | | | | | | |
| Jan | 27 | 159,3 | 152,35 | 7,0 | -266,6 | 7,0 | 7,0 | 152,3 | 0 | 0 |
| Fev | 27 | 149,8 | 136,11 | 13,7 | -157,8 | 20,6 | 13,7 | 136,1 | 0 | 0 |
| Mar | 26,7 | 172,9 | 141,36 | 31,5 | -65 | 52 | 32 | 141,4 | 0 | 0 |
| Abr | 27,1 | 112,3 | 142,36 | -30,1 | -95 | 39 | -14 | 125,8 | 16,5 | 0 |
| Mai | 27,1 | 29,2 | 144,09 | -114,9 | -210,0 | 12,2 | -26,4 | 55,6 | 88,5 | 0 |
| Jun | 27,2 | 1,6 | 139,5 | -137,9 | -347,9 | 3,1 | -9,2 | 10,8 | 128,7 | 0 |
| Jul | 27,3 | 0 | 146,03 | -146,0 | -493,9 | 0,7 | -2,4 | 2,4 | 143,7 | 0 |
| Ago | 28,3 | 1,5 | 171,66 | -170,2 | -664,1 | 0,1 | -0,6 | 2,1 | 169,6 | 0 |
| Set | 29,6 | 19,2 | 204,49 | -185,3 | -849,4 | 0,0 | -0,1 | 19,3 | 185,2 | 0 |
| Out | 29,4 | 71,1 | 209,93 | -138,8 | -988,2 | 0,0 | 0,0 | 71,1 | 138,8 | 0 |
| Nov | 28,2 | 114,5 | 174,2 | -59,7 | -1047,9 | 0,0 | 0,0 | 114,5 | 59,7 | 0 |
| Dez | 27,6 | 155,3 | 166,71 | -11,4 | -1059,3 | 0,0 | 0,0 | 155,3 | 11,4 | 0 |
| Totais | - | 986,7 | 1928,77 | -942,1 | - | 134,6 | 0 | 986,7 | 942,1 | 0 |
| Médias | 27,7 | 82,2 | 160,73 | -78,5 | - | 11,2 | - | 82,2 | 78,5 | 0 |

A deficiência hídrica anual é de 942,1 mm (Tabela 7), 63,5% superior a deficiência de normal de 1961-1990, pelo fato de apresentar um maior período seco. Vale salientar que não houve excedente hídrico em nenhum dos meses do período chuvoso e, nesse ínterim, o armazenamento atingiu apenas 50% da sua capacidade. Nesse sentido, fica evidente que houve uma redução na disponibilidade hídrica da região e um processo de aridização.

Esse processo de redução da disponibilidade hídrica é natural ao clima da região, compondo sua variabilidade climática historicamente (Marengo et al., 2016) e, assim como exposto nos balanços hídricos (Tabelas 6 e 7), tendem a se intensificar a médio e longo prazo. Além de impactos no cultivo de plantas alimentícias, espera-se riscos à segurança alimentar e hídrica na região (Eakin et al., 2014).

Medeiros et al. (2013) encontraram resultados semelhantes para uma região do semiárido paraibano, resultando em redução de recursos hídricos e necessidade de gestão desses para qualidade da produção agrícola. No município de Santa Filomena, Piauí, Santos et al. (2014) também encontraram a mesma tendência, em diferentes cenários climáticos.

No que se refere à classificação climática, observa-se uma mudança no tipo climático da região (Tabela 8), tal alteração se deu em decorrência da redução da disponibilidade hídrica mensurada e exposta pelo Índice Umidade (Iu).

Tabela 8. Classificação climática para o município de Bom Jesus-PI em diferentes normais climatológicas. Ih = Índice hídrico; Ia = Índice de aridez; Iu = Índice de umidade.

| Normal climatológica | Ih | Ia | Iu | Classificação climática |
|----------------------|------|-------|--------|-------------------------|
| | % | | | |
| 1961-1990 | 5,79 | 36,50 | -16,11 | C ₁ dA' |
| 1981-2010 | 0 | 48,84 | -29,31 | DdA' |

Com a normal climatológica de 1961-1990, o clima de Bom Jesus – PI, foi classificado como Subúmido seco, Megatérmico, apresentando excesso de água pequeno ou nulo (Tabela 8). No entanto, com a segunda normal climatológica de 1981-2010, que evidenciou uma nova configuração dos elementos climáticos da região, o tipo climático deixa de ser classificado como Subúmido seco (C₁) e passa a ser classificado como Semiárido (D).

O processo de aridez, é evidenciado para o Nordeste do Brasil, como mostrado por Marengo et al. (2011), IPCC (2014) e Vieira et al. (2015). Os mesmos autores identificaram tendências da região para o processo, com subsequente desertificação e redução na intensidade e frequência de chuvas, bem como aumento na temperatura média, em consequência do aquecimento global. No entanto, para a região de Bom Jesus, não há estudos que comprovem tal tendência e indícios de ocorrência de mudanças climáticas, como expõe o presente estudo, sendo pioneiro na temática.

No que se refere à produção vegetal, com a configuração dos elementos climáticos analisada, têm-se um fator prejudicial, visto que a disponibilidade hídrica tem efeito significativo no

rendimento vegetal em decorrência de estar relacionada a todos os processos fisiológicos da planta (Gordin et al., 2015; Souza et al., 2015; Taiz & Zeiger, 2017).

Quando passam por estresse hídrico, as plantas tendem a fechar seus estômatos com o intuito de perder menos água por transpiração, o que conseqüentemente ocasiona uma redução na assimilação de CO₂ e redução da fotossíntese líquida, diminuindo o rendimento (Taiz & Zeiger,

2017). Dessa forma, evidencia-se a preocupação com a análise de aptidão agroclimática da região de Bom Jesus - PI, considerando a alteração do balanço hídrico, para cultivos em sistemas de sequeiro.

Os índices de cultivos, os quais são utilizados para a determinação da aptidão climática, foram obtidos a partir dos evapopluviogramas que estão dispostos nas Figuras 4 e 5.

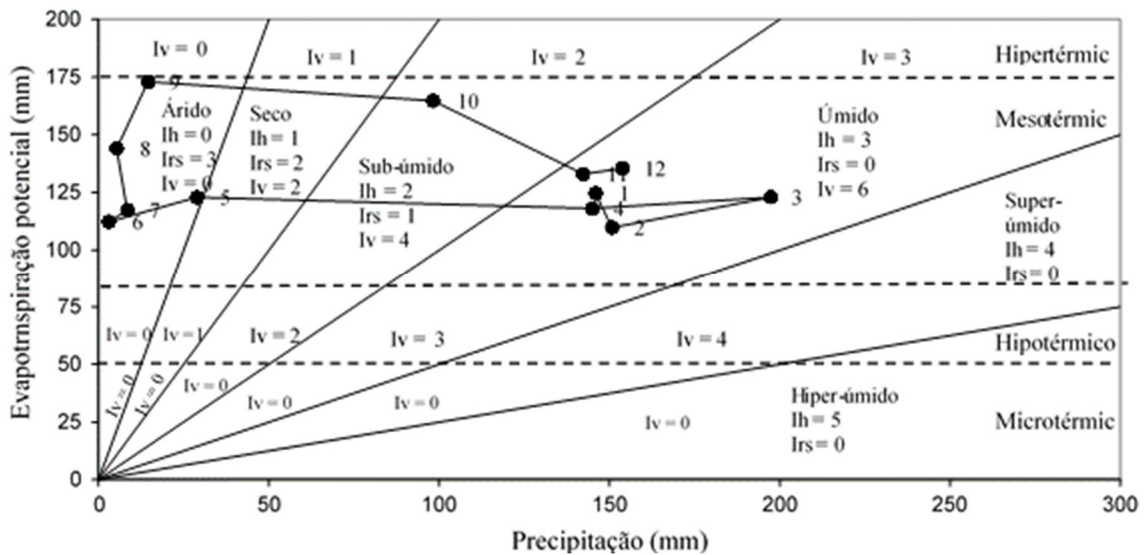


Figura 4. Evapopluviograma do município de Bom Jesus-PI, segundo a normal climatológica de 1961-1990.

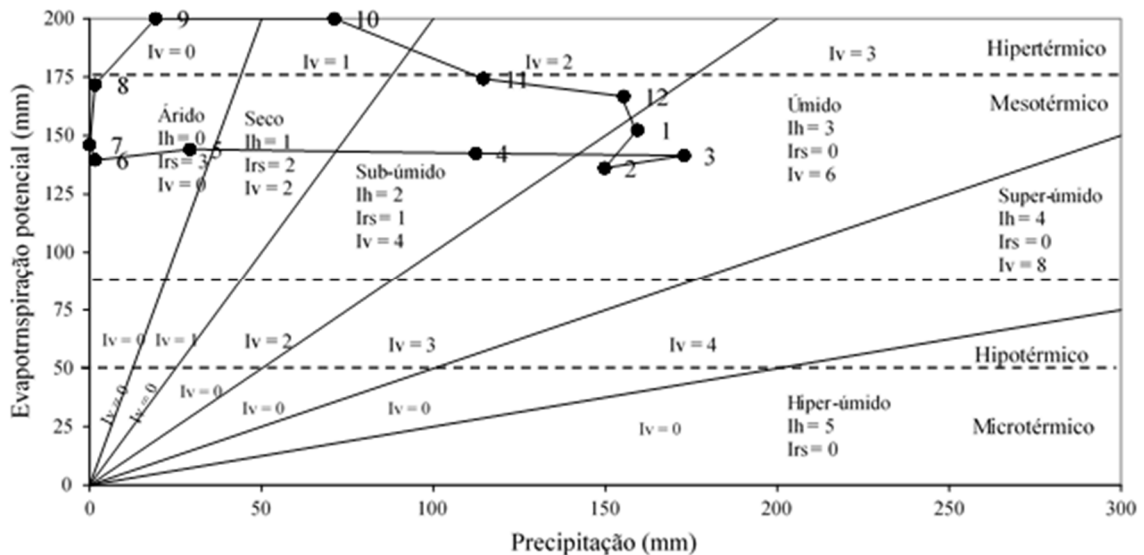


Figura 5. Evapopluviograma do município de Bom Jesus-PI, segundo a normal climatológica de 1981-2010.

Os índices climáticos calculados podem ser visualizados na Tabela 9, bem como as suas

variações de acordo com as normais climatológicas.

Tabela 9. Índices climáticos obtidos com os evapopluviogramas para o município de Bom Jesus-PI em diferentes normais climatológicas. Ih = Índice hídrico, Iv = Índice de vegetação, Irs = Índice de repouso por seca. T = Temperatura média; P = Precipitação pluviométrica; ETP = Evapotranspiração potencial; DEF = Deficiência hídrica; EXC = Excesso hídrico.

| Normal climatológica | Ih | Iv % | Irs | T °C | P | ETP | DEF | EXC |
|----------------------|----|---------|-----|---------|--------|---------|-------|------|
| | | | | | | mm | | |
| 1961-1990 | 20 | 40 | 16 | 26,2 | 1093,4 | 1578,04 | 576 | 91,3 |
| 1981-2010 | 16 | 31 | 20 | 27,7 | 986,7 | 1928,77 | 942,1 | 0,00 |

Esses índices indicam a capacidade da região de suportar o cultivo, considerando fatores do clima e solo, de forma que garanta alto rendimento sem a necessidade de irrigação suplementar (Francisco et al., 2011). É notável que há uma redução nos Ih e Iv e aumento do Irs na normal climatológica de 1981-2010 em relação à anterior, o que expõe a redução da oferta hídrica da região e uma possível alteração na aptidão ao estabelecimento de culturas na mesma (Tabela 5).

Dessa forma, obteve-se a classificação da aptidão agroclimática (zoneamento agrícola) para algumas culturas, as quais apresentaram aptidão plena, moderada e inaptidão, na região de Bom Jesus (Tabela 10). Adicionalmente, pode-se notar quais culturas tiveram seu estabelecimento prejudicado pelas mudanças ocorridas na configuração dos elementos climáticos da região.

Tabela 10. Aptidão climática para culturas agrícolas na região de Bom Jesus-PI em diferentes cenários (Normais Climatológicas-NC).

| Cultura | Aptidão - NC 1961-1990 | Aptidão - NC 1981-2010 |
|----------------|------------------------|------------------------|
| Abacaxi | Plena | Plena |
| Banana | Restrita | Inaptidão |
| Caju | Moderada | Inaptidão |
| Cana-de-açúcar | Moderada | Moderada |
| Feijão | Plena | Plena |
| Milho | Moderada | Moderada |
| Sorgo | Restrita | Moderada |

Como evidenciado na Tabela 10, o cultivo da banana e do caju são prejudicadas pela acentuada deficiência hídrica da região, sendo a aptidão aos cultivos extinguida e seu cultivo recomendado somente com uso de irrigação. O sorgo, por ser uma espécie xerófila e tolerante à seca (Landau & Sans, 2015), apresentava aptidão restrita e com a redução da disponibilidade hídrica, a região passou a ter predisposição moderada a essa cultura.

A cana de açúcar e o milho possuem aptidão moderada por insuficiência hídrica. A cultura no milho, em contrapartida, pode ser realizada caso se utilize uma cultivar de ciclo precoce. Atualmente, a região possui capacidade para suprir as necessidades hídricas e térmicas apenas dos cultivos de feijão e abacaxi, indicando que ambos podem ser cultivados em sistema de sequeiro.

Em Amarante, município localizado na mesorregião centro-norte piauiense, Medeiros et al. (2013) encontraram condições de aptidão plena para as culturas de cana-de-açúcar, feijão, milho, banana, caju; de aptidão moderada para as culturas da banana, caju, feijão e abacaxi.

Diante do exposto, a cidade de Bom Jesus vem passando, provavelmente, por uma alteração no seu regime climático, com consequência em todos os setores que dependem do clima na região. No que se refere à agricultura, recomenda-se a utilização de um planejamento adequado com utilização de culturas que a região tenha capacidade de suportar ou fornecimento eficiente de água por irrigação às demais.

Além de melhorias em políticas de gestão de secas e tomadas de decisões que visem adaptar a população local para lidar com futuras secas (Marengo et al., 2016), no que se refere à produção de alimentos, há necessidade de melhorias nos genótipos de fontes de alimentos primárias, com o desenvolvimento de cultivares mais tolerantes à deficiência hídrica.

Adicionalmente, utilização de técnicas de manejo agrícola como adoção de épocas de plantio, irrigação suplementar, melhoria da qualidade do solo, rotação de culturas, utilização de plantas de cobertura, entre outros, podem ser utilizadas para minimizar esses impactos, uma vez que a maioria das culturas dadas como inaptas e com aptidão moderada são cultivadas por pequenos e médios produtores rurais da agricultura familiar, por serem

uma culturas de subsistência, e que a redução de áreas aptas ao cultivo da mesma, comprometem especialmente o sustento destas famílias.

Conclusão

A cidade de Bom Jesus-PI vem apresentando tendências de mudanças em sua climatologia, passando de um clima Subúmido seco para Semiárido, implicando em uma redução na disponibilidade hídrica local.

A região apresentou mudanças na aptidão agroclimática, nos cenários avaliados, desfavorecendo a cultura da banana e caju. Além disso, necessita-se irrigação suplementar para a maioria dos cultivos avaliados.

Referências

- Gordin, C. R. B.; Scalon, S. D. P. Q.; Masetto, T. E. 2015. Disponibilidade hídrica do substrato e teor de água da semente na germinação de niger. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 45, (3), 312-318. <http://dx.doi.org/10.1590/198340632015v4535337>.
- Coelho, M. A.; Terra, L. 1998. *Geografia do Brasil: Espaço Natural, Territorial e Socioeconômico Brasileiro*. São Paulo: Moderna.
- Cunha, A. R.; Martins, D. 2009. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. *Revista Irriga*, 14, (1), 1-11.
- Eakin, H. C.; Lemos, M. C., Nelson, D. R. 2014. Differentiating capacities as a means to sustainable climate change adaptation. *Global Environmental Change*, 27, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.013>
- Francisco, P. R. M.; Pereira, F. C.; Medeiros, R. M. Sá, T. F. F. 2011. Zoneamento de risco climático e aptidão de cultivo para o município de Picuí-PB. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 4, (5), 1043-1055.
- IPCC. 2014: *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. In: Field, C. B.; Barros, V. R.; Dokken, D.J.; Mach, K.J.; Mastrandrea, M.D.; Bilir, T.E.; Chatterjee, M.; Ebi, K.L.; Estrada, Y.O.; Genova, R.C.; Girma, B.; Kissel, E.S.; Levy, A.N.; MacCracken, S.; Mastrandrea, P.R.; White, L.L. (eds.). *Organización Meteorológica Mundial*, Ginebra, Suíça, p. 200.
- Landau, E. C.; Sans, L. M. A. 2015. Cultivo do sorgo. *Embrapa Milho e Sorgo – Sistemas de Produção*. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 10 Jul. 2019.
- Marengo, J. A.; Alves, L. M.; Beserra, E. A.; Lacerda, F. F. 2011. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: Medeiros, S. S.; Gheyi, H. R.; Galvão, C. O.; Paz, P. S. (Org.). *Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas*. Campina Grande, PB: INSA, p. 443.
- Marengo, J. A.; Cunha, A. P.; Alves, L. M. 2016. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. *Climanálise*, 3, 49-54.
- Marengo, J. A.; Torres, R. R.; Alves, L. M. 2017. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. *Theoretical and Applied Climatology*, 129, (3-4), 1189-1200. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1840-8>.
- Matos, R. M.; Silva, J. A. S.; Medeiros, R. M. 2014. Aptidão climática para a cultura do feijão caupi do município de Barbalha-CE. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 8, (6), 422-431.
- Medeiros, R. M.; Matos, R.; Silva, P. F.; Saboya, L.; Francisco, P. R. M. 2013. Classificação climática e zoneamento agroclimático para o município de Amarante-PI. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 7, (2), p. 170-180. <https://doi.org/10.7127/rbai.v7n200011>.
- Medeiros, R. M.; Borges, C. K.; Lima, A. T.; Melo, A. S.; Francisco, P. R. M. 2013. Avaliação das condições hídricas por meio do panorama de mudanças climáticas em Cabaceiras-PB. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 6, (3), 227-239. <https://doi.org/10.7127/rbai.v6n300088>
- Medeiros, R. M.; Matos, R.; Silva, P. F.; Saboya, L.; Francisco, P. R. M. 2015. Classificação climática e zoneamento agroclimático de culturas para São João do Cariri -PB. *Enciclopédia Biosfera*, 11, (21), 2984-2996.
- MME – Ministério de Minas e Energia. Diagnóstico do município de Bom Jesus-PI. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/piaui/relatorios/030.pdf>. 2008. Acesso em: 10 Jul. 2019.
- Montenegro, S.; Ragab, R. 2012. Impact of possible climate and land use changes in the semiarid regions: A case study from North Eastern Brazil. *Journal of Hydrology*, 434, 55-68.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.02.036>

- Oliveira, J. A. M.; Oliveira, C. M. M. 2019. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Arinos-MG. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 12, (6), 3021-3027. <https://doi.org/10.7127/rbai.v12n600901>.
- Pereira, A. R.; Angelocci, L. R.; Sentelhas, P. C. 2002. *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas-Guaíba: Agropecuária*, p. 478.
- PIAUÍ. 2008. Bacia do Rio Gurguéia. Disponível em: <www.ccom.pi.gov.br/download/GURG.pdf>. Acesso em: 10 Jul. 2019.
- Rolim, G. S.; Sentelhas, P. C.; Barbieri, V. 1998. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 6, (1), 133-137.
- Santos, D. C.; Medeiros, R. M.; Santos, D. C.; Brito, J. I. B. 2014. Balanço hídrico climatológico e erosividade em função das mudanças climáticas em Santa Filomena-PI/Brasil. *Revista de Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental*, 9, (1), 29-37.
- Souza, L. C.; Melo, N. C.; Siqueira, J. A. M.; Oliveira Neto, C. F. 2015. Comportamento bioquímico no milho submetido ao déficit hídrico e a diferentes concentrações de silício. *Agrarian*, 8, (29), 260-267.
- Taiz, L.; Zeiger, E. 2017. *Fisiologia vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, p. 918.
- Thornthwaite, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geographic Review*, 38, 55-93.
- Thornthwaite, C. W.; Matter, J. R. 1955. The water balance. *Publications in Climatology*, p. 104.
- Vieira, R. M. S. P.; Tomasella, J.; Alvala, R. C. S.; Sestini, M. F.; Affonso, A. G.; Rodriguez, D. A.; Barbosa, A. A.; Cunha, A. P. M. A.; Valles, G. F.; Crepani, E.; Oliveira, S. B. P.; Souza, M. S. B.; Calil, P. M.; Carvalho, M. A.; Valeriano, D. M.; Campello, F. C. B.; Santana, M. O. 2015. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. *Solid Earth*, 6, (1), 347. <https://doi.org/10.5194/se-6-347-2015>.