

## **ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DA PALMA FORRAGEIRA PARA O ESTADO DA BAHIA**

Lúcio Aderito dos Anjos Veimrober Júnior<sup>1</sup>, Neilon Duarte da Silva<sup>2</sup>, Alisson Jadavi Pereira da Silva<sup>3</sup>, Delfran Batista dos Santos<sup>4</sup>, Hans Raj Gheyi<sup>5</sup>, Francisco Airdesson Lima do Nascimento<sup>2</sup>

### **RESUMO**

A palma forrageira é uma alternativa importante na oferta de alimentação animal em regiões semiáridas. Todavia seu cultivo tem requerido conhecimentos básicos a fim de obter produção regular. Neste sentido, o conhecimento climático da localidade é fundamental. Objetivou-se elaborar o zoneamento agroclimático da cultura da palma forrageira (*Opuntia* sp.) para o estado da Bahia. A elaboração do zoneamento agroclimático fundamentou-se em indicadores climáticos referendados em literatura científica e na utilização de séries históricas de dados climatológicos obtidos em estações meteorológicas e postos pluviométricos de 452 localidades no território baiano. Os resultados obtidos permitem afirmar que condições climáticas mais favoráveis ao cultivo da palma forrageira no estado da Bahia são encontradas nas mesorregiões semiáridas Centro Norte, Nordeste Baiano e Vale do São Francisco. O cultivo comercial da palma forrageira pode ser realizado em todo o território do estado da Bahia, exceto nas faixas litorâneas do estado compreendendo as mesorregiões Sul e Metropolitana de Salvador, e parte do Extremo Oeste Baiano. O Vale do São Francisco é a única mesorregião que não apresenta inaptidão ao cultivo da palma forrageira.

**Palavras-chave:** aptidão climática, cactácea, tolerância a seca, mapeamento.

## **AGROCLIMATIC ZONING OF FORAGE PALM FOR THE STATE OF BAHIA**

### **ABSTRACT**

Forage palm is an important alternative in the supply of animal feed in semiarid regions. However, its cultivation requires basic knowledge in order to obtain regular production and the climatic

---

<sup>1</sup> Instituto Federal da Bahia, Seabra, Bahia, Brasil e Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, Brasil, [agrolucio10@gmail.com](mailto:agrolucio10@gmail.com)

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, Brasil, [neylon\\_duart@hotmail.com](mailto:neylon_duart@hotmail.com); [airdessonpai@hotmail.com](mailto:airdessonpai@hotmail.com)

<sup>3</sup> Instituto Federal Baiano, Gov. Mangabeira-BA e Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, Brasil [alissonagr@gmail.com](mailto:alissonagr@gmail.com)

<sup>4</sup> Instituto Federal Baiano, Serrinha, Bahia, Brasil, [delfran.batista@gmail.com](mailto:delfran.batista@gmail.com)

<sup>5</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, Brasil, [hans@agriambi.com.br](mailto:hans@agriambi.com.br)

knowledge of the locality is fundamental. In this context, this study aimed to elaborate the agroclimatic zoning of forage palm (*Opuntia* sp.) for the state of Bahia, Brazil. The elaboration of agroclimatic zoning was based on climatic indicators referenced in scientific literature and the use of climatological data from historical series of 452 localities in the territory of Bahia. The results obtained allow us to state that climatic conditions more favorable to the cultivation of forage palm in the state of Bahia are found in the semi - arid mesoregions of the North, Northeast and Sao Francisco Valley. Commercially, the forage palm can be cultivated throughout the state of Bahia, except in the coastal strips of the state comprising the southern and metropolitan mesoregions of Salvador, and part of the extreme west of Bahia. The São Francisco Valley is the only mesoregion that does not present unsuitability to forage palm cultivation.

**Keywords:** meteorological variables, Gumbel distribution, extremes values, climatology.

## INTRODUÇÃO

A palma forrageira (*Opuntia* sp.) é uma planta cactácea exótica, oriunda do México, encontra-se difundida em diversas partes do mundo principalmente em regiões áridas e semiáridas. É caracterizada pelo processo fotossintético de metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), que diferentemente das plantas C3 e C4, apresentam mecanismo de abertura estomática noturna e fechamento diurno conforme variações dos fatores ambientais (MALES; GRIFFITHS, 2017; TAIZ; ZEIGER, 2009), o que confere a essa cultura elevada adaptação as regiões com restrição hídrica (SILVA et al., 2015).

A palma forrageira é cultivada em mais de um milhão hectares para fins de alimentação animal em todo planeta (INGLESE, 2017). Neste cenário, o nordeste brasileiro possui a maior área de palma forrageira cultivada no mundo, com cerca de 600 mil ha (LOPES, 2012), sob predominantemente regime de sequeiro. No estado da Bahia, estima-se uma área plantada de aproximadamente 138 mil hectares (ALMEIDA, 2011), o que corresponde a 23% de toda área cultivada da região nordeste.

Todavia, os plantios no semiárido baiano, majoritariamente, encontram-se abaixo de sua capacidade produtiva máxima (CHIACCHIO et al., 2006). Os baixos rendimentos produtivos da palma forrageira estão normalmente atrelados ao manejo inadequado, incidência de pragas e cultivo em regiões de reduzida adaptabilidade

edafoclimática (CARVALHO et al., 2017). Embora haja boa adaptação do seu cultivo em grande parte da região semiárida, vale ressaltar limitações existentes. Localidades com altitude superior a 300 m, precipitações acima de 400 mm e umidade relativa acima de 40% possuem maior potencialidade produtiva ao cultivo da cultura (DUQUE, 2004; FARIAS et al., 2005). Áreas que apresentam noites quentes e secas, resultam em aumento na perda de água pela planta, o que pode ser um fator limitante à sua produtividade (CÂNDIDO et al., 2013).

O estado da Bahia possui uma extensão territorial de aproximadamente 565 mil km<sup>2</sup>, distribuídos em 417 municípios, apresenta elevada diversidade de relevo, composto por extensas planícies, planaltos, vales, montanhas e serras, além de possuir a maior costa marítima do Brasil, com cerca de 900 km de extensão (IBGE, 2018). Tais características, juntamente com os distintos sistemas de circulações atmosféricas do atlântico sul, tornam a climatologia do estado uma das mais complexas em todo o planeta (NIMER, 1989), o que possibilita uma elevada variabilidade espacial e temporal das precipitações e temperatura do ar no território baiano (SIMÕES et al., 2018).

O zoneamento agroclimático desponta como uma ferramenta importantíssima na redução dos riscos à atividade agrícola permitindo subsidiar a avaliação de impactos climáticos sobre o rendimento das culturas, planejamento e viabilidade da produção agrícola, implementação de políticas públicas,

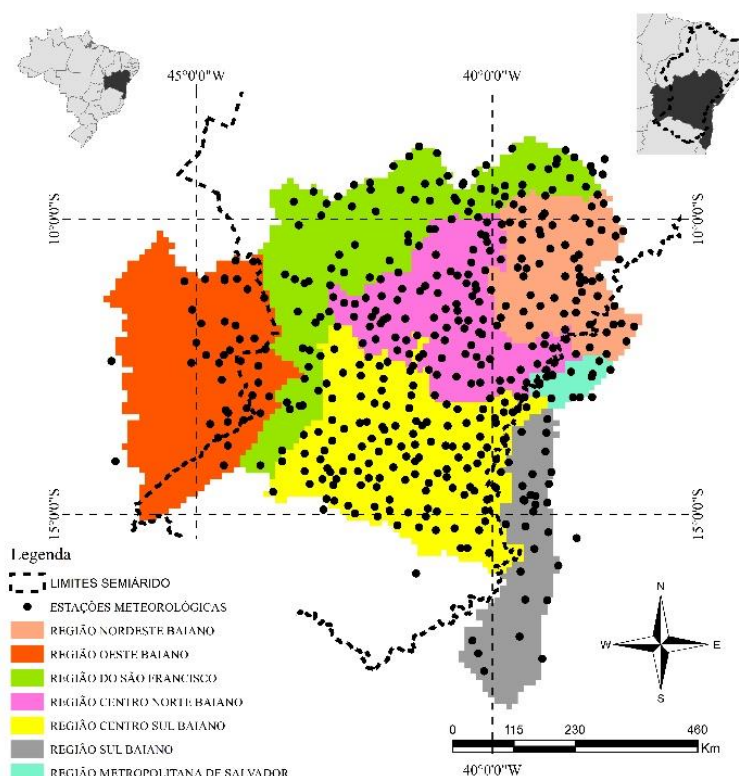
## ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DA PALMA FORRAGEIRA PARA O ESTADO DA BAHIA

como definição de linhas de financiamento rural (BEZERRA et al., 2014).

Mesmo respondendo por aproximadamente 1/4 da área cultivada da cultura da palma forrageira no Nordeste, o estado da Bahia ainda carece de seu zoneamento agroclimático. Diante deste contexto, o trabalho objetivou realizar o zoneamento agroclimático da cultura da palma forrageira (*Opuntia* sp.) para o estado da Bahia.

### MATERIAIS E MÉTODOS

Localizado ao sul da Região Nordeste, o estado da Bahia faz divisa com oito Estados brasileiros: Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Piauí, Tocantins, Goiás, Minas Gerais e Espírito Santo. Conforme apresentado na Figura 1, o estado da Bahia se subdivide em sete mesorregiões: Nordeste Baiano, Centro Norte, Vale do São Francisco, Extremo Oeste, Centro Sul, Sul Baiano e Metropolitana de Salvador.



**Figura 1.** Postos de observações climáticas utilizados na elaboração do zoneamento agroclimático da palma forrageira para o estado da Bahia

O procedimento de aplicação do zoneamento tem como base a integração de conjunto de dados de clima e solo, modelos de simulação de crescimento da cultura, técnicas de análise de decisão e ferramentas de geoprocessamento (CUNHA; ASSAD, 2001). Elaborou-se o zoneamento agroclimático da palma forrageira utilizando-se dados climatológicos de 452 postos de observações, sendo 33 estações meteorológicas automáticas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e 422 postos pluviométricos da

ANA (Agência Nacional de Águas) localizados em todas as mesorregiões do estado da Bahia (Figura 1). Estas estações contemplam dados meteorológicos de precipitação (P), temperatura mínima (Tmin), máxima (Tmax), média (Tmed) e amplitude térmica (AT), fazendo parte de médias históricas com períodos de 30 a 50 anos de dados meteorológicos em estações recentes e antigas convencionais do INMET e da ANA. A complementação desse conjunto de informações foi realizada com a inserção de

dados de índice de umidade no solo ( $Iu$ ), indicador climático adimensional, obtidos por meio do cálculo do balanço hídrico climatológico utilizando-se o modelo proposto

$$Ia = \frac{(100 \times DEF)}{ETp}, \quad (1)$$

$$Ih = \frac{(100 \times EXC)}{ETp}, \quad (2)$$

$$Iu = Ih - 0,6 \cdot Ia, \quad (3)$$

Em que: DEF-Déficit hídrico (mm); ETp-Evapotranspiração potencial (mm); EXC-Excedente hídrico (mm).

Realizou-se estimativa de temperatura anuais do ar ( $T$  em °C), para localidades que possuíam apenas dados anuais de precipitação.

$$T = C_0 + C_1\lambda + C_2\varphi + C_3h + C_4\lambda^2 + C_5\varphi^2 + C_6h^2 + C_7\lambda\varphi + C_8\lambda h + C_9\varphi h, \quad (4)$$

Em que:  $C_0, C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8$  e  $C_9$  são os coeficientes da função quadrática obtidos a partir da regressão dos quadrados mínimos.

Os indicadores climáticos da palma forrageira utilizados foram baseados em estudo realizado por Souza et al. (2008),

por Thornthwaite (1948). Obteve-se o  $Iu$  mediante cálculo dos índices de aridez ( $Ia$ ) e hídrico ( $Ih$ ) conforme as equações 1, 2 e 3:

Foi realizada em função das coordenadas geográficas locais latitude ( $\varphi$ , em grau decimal); longitude ( $\lambda$ , em grau decimal) e altitude ( $h$ , em m) utilizando-se o modelo proposto por Cavalcanti e Silva (1994), conforme a equação 4:

conforme Tabela 1. Tais indicadores foram também utilizados nos zoneamentos agroclimáticos dos Estados brasileiros: Pernambuco (MOURA et al., 2011), Paraíba (BEZERRA et al., 2014), Piauí (LUCENA et al., 2016) e Sergipe (SOUZA et al., 2018).

**Tabela 1.** Indicadores climáticos utilizados na elaboração do zoneamento agroclimático da palma forrageira para o Estado da Bahia.

Variável climática anual	Aptidão		
	Plena	Restrita	Inapta
Temperatura média (°C)	$16,1 \leq T_{med} \leq 25,4$	$T_{med} < 16,1$ e $T_{med} > 25,4$	-
Temperatura máxima (°C)	$28,5 \leq T_{max} \leq 31,5$	$T_{max} < 28,5$ e $T_{max} > 31,5$	-
Temperatura mínima (°C)	$8,6 \leq T_{min} \leq 20,4$	$T_{min} < 8,6$ e $T_{min} > 20,4$	-
Amplitude térmica (°C)	$10,0 \leq \Delta T \leq 17,2$	$\Delta T < 10,0$ e $\Delta T > 17,2$	-
Precipitação (mm)	$368,4 \leq P \leq 812,4$	$812,4 \leq P \leq 1.089,9$ e $P < 368,4$	$P > 1.089,9$
Índice de umidade (-)	$0,656 \leq Iu \leq 0,318$	$0,318 \leq Iu \leq 0,77$ e $Iu < 0,656$	$Iu > 0,77$

Fonte: SOUZA et al. (2008).

Para espacialização dos dados, cálculo de áreas e classificação de aptidão climática utilizou-se o software ArcGis® 10.6 e aplicou-se o método de interpolação “krigagem ordinária”, para obtenção dos mapas para  $T_{med}$ ,  $T_{max}$ ,  $T_{min}$ ,  $P$  e  $AT$ .

No zoneamento foi destacada a delimitação do semiárido objetivando

corroborar possíveis zonas de aptidão para o cultivo da palma forrageira. Os dados do zoneamento obtidos de cada indicador climático e postos meteorológicos do estado foram cruzados para obter-se o zoneamento agroclimático final, adotando os seguintes critérios conforme Moura et al. (2011) e

## ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DA PALMA FORRAGEIRA PARA O ESTADO DA BAHIA

referenciado por Bezerra et al. (2014) e Lucena et al. (2016) em descrição a seguir:

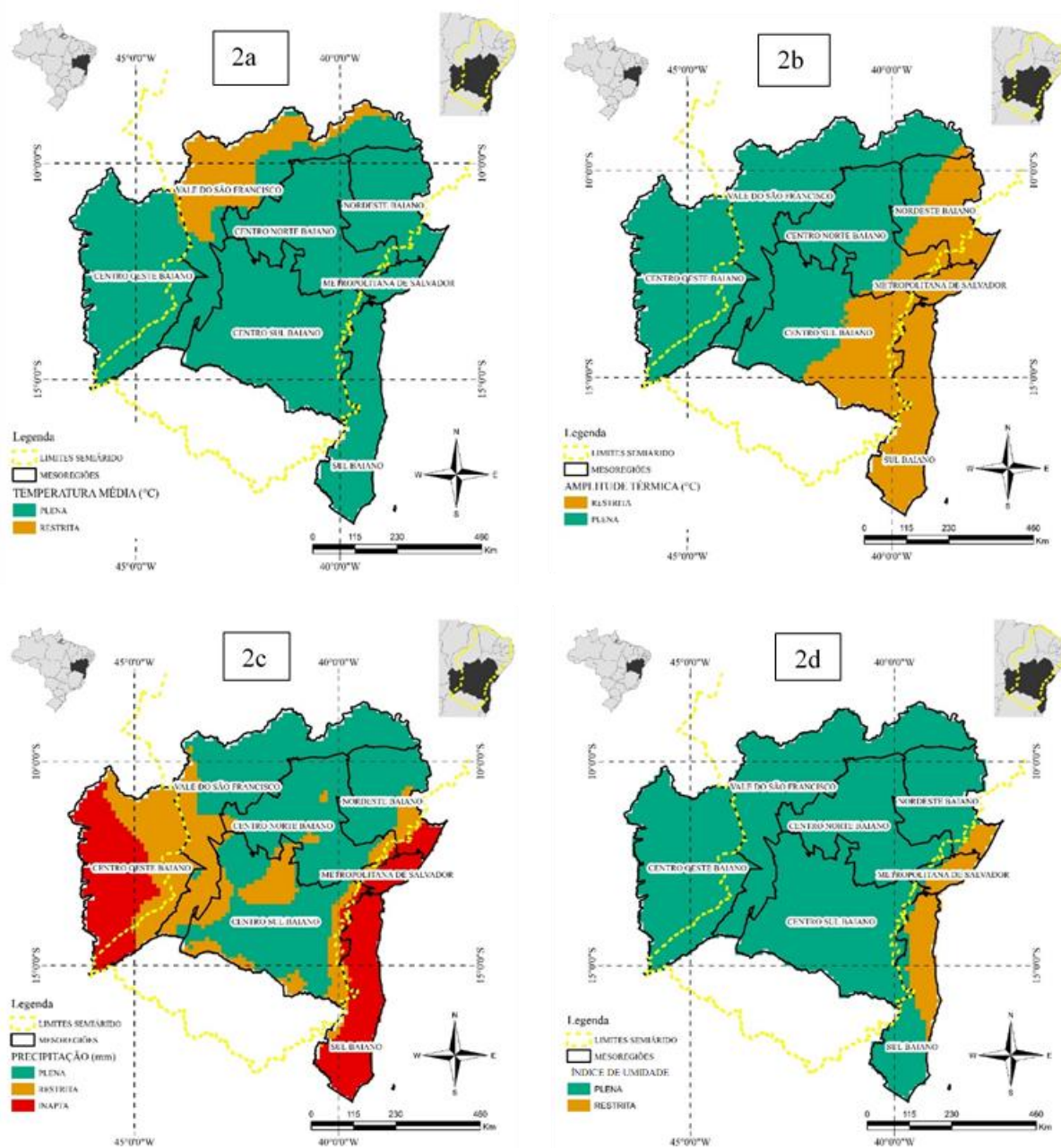
- Aptidão plena: localidade possui clima adequado ao desenvolvimento da cultura, sem apresentar nenhuma restrição;
- Aptidão restrita: cultivo limitado por no mínimo um dos indicadores climáticos;
- Inapta: fora das faixas adequadas ao desenvolvimento da cultura.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dados de temperatura explicitam elevada variabilidade espacial no território baiano (Figura 2a). Os maiores valores de temperatura média anual são encontrados em grande parte na mesorregião do Vale do São Francisco, correspondendo a área que vai dos municípios de Bom Jesus da Lapa a Juazeiro. Com temperaturas médias anuais que passam dos 25,4 °C, o crescimento e desenvolvimento da cultura da palma forrageira é limitado para este indicador (SOUZA et al., 2008). Valores altos nessas localidades podem estar atrelados a elevados níveis de déficit de pressão de vapor, que promovem altas taxas evaporativas e de temperatura. Dados obtidos de temperatura média anual no estado apresentam variações entre 19 a 26 °C; temperatura máxima entre 24 a 33 °C e temperatura mínima entre 15 e 22 °C. Temperaturas mais amenas são encontradas nas mesorregiões do Centro Sul (parte da região da Chapada Diamantina ao município de Vitória da Conquista), Centro Norte (municípios de Irecê a Senhor do Bonfim) e todo Extremo Oeste do estado, com temperaturas mínimas que variam entre 16 e 21 °C, dentro da faixa de aptidão plena ao cultivo da cactácea. Esta variável climática é restritiva ao cultivo da palma forrageira, devido a influência direta no mecanismo de absorção do dióxido de carbono (BEZERRA et al., 2014; SOUZA et al., 2018).

Durante a noite as plantas CAM requerem, para seu melhor desenvolvimento, temperaturas mais amenas, pois há favorecimento da absorção de CO<sub>2</sub> e constituição de compostos metabólicos para

formação de biomassa (DRENNAN; NOBEL, 1998; NOBEL, 2002; MALES; GRIFFITHS, 2017). Conforme Figura 2b, a amplitude térmica (AT) no estado da Bahia varia em menor grau nas regiões próximas a costa litorânea e em maior grau na medida em que se aproxima do extremo oeste do estado. A AT que varia em torno de 7 a 15 °C em todo estado permite classificar o cultivo da palma forrageira no território baiano em apto ou apto com restrições. Não havendo, portanto, inaptidão ao cultivo da cactácea no estado da Bahia relacionando à amplitude térmica como indicador climático.



**Figura 2.** Mapas climatológicos anuais do estado da Bahia, Brasil: (a) Temperatura Média (°C), (b) Amplitude Térmica (°C), (c) Precipitação (mm) e (d) Índice de Umidade do Solo (adimensional).

Em todo estado da Bahia, as estações secas e chuvosas são bem definidas, sendo os volumes pluviométricos do período chuvoso responsáveis por maior parte dos totais anuais de precipitação. Os menores índices de precipitação ocorrem em regiões específicas do estado, mas coincidentes com a delimitação do semiárido. A Figura 2c explicita a precipitação média anual em aproximadamente 900 mm com localidades apresentando valores abaixo de 450 mm (predominantemente na porção norte da

mesorregião do Vale do São Francisco, parte do Nordeste e Centro Sul Baiano), em contraposição se têm localidades com precipitação média anual acima de 1.089 mm, faixa limite para cultivo da palma forrageira. Esse valor é predominantemente encontrado na costa litorânea (parte sul da mesorregião do Nordeste Baiano, toda área compreendida nas mesorregiões Metropolitana de Salvador e Sul Baiano).

Quantidades elevadas de umidade no solo propiciam inibição do crescimento da

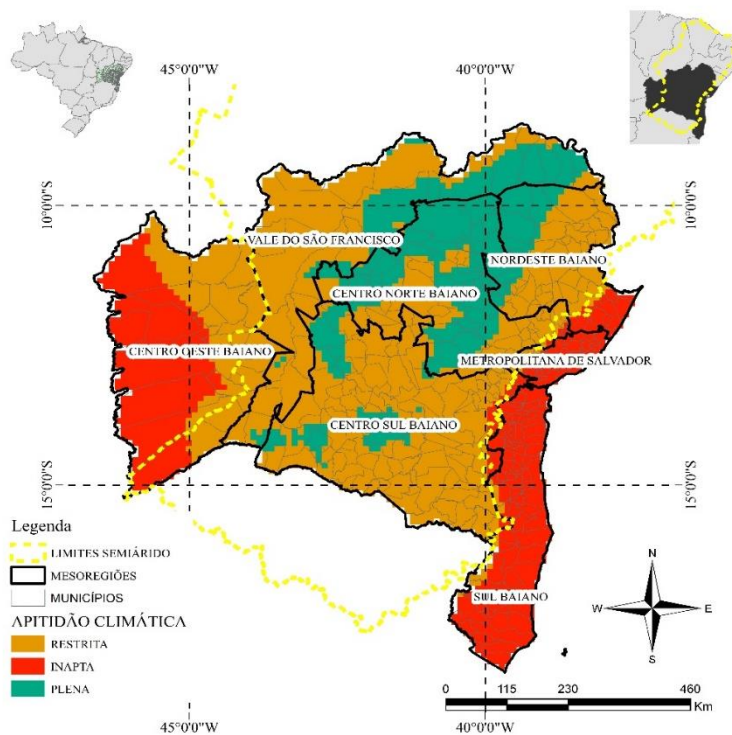
## ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DA PALMA FORRAGEIRA PARA O ESTADO DA BAHIA

palma forrageira por conta do mecanismo das plantas CAM em armazenar água nos tecidos da planta em condições de escassez hídrica o que conseqüentemente reduz a transpiração em caso de excedente hídrico (NOBEL, 2002; TAIZ; ZEIGER, 2009). Deste modo, taxas elevadas de umidade no solo fazem essas plantas acumularem água além da sua capacidade de transpirar, possibilitando a ocorrência de apodrecimento, tombamento e aumento de vulnerabilidades à incidência de pragas e doenças, predominantemente às fúngicas, como a podridão de *Fusarium* (BEZERRA et al., 2014).

O índice de umidade do solo (Iu) no estado da Bahia, varia de 0,32 a 1,3. Conforme Figura 2d, localidades com Iu superior a 0,77, faixa limite para cultivo da palma forrageira, encontram-se predominante na faixa litorânea (áreas das mesorregiões do Sul Baiano, Metropolitana de Salvador, sudeste do Nordeste Baiano) e grande parte do Extremo Oeste Baiano. Essas localidades são consideradas inaptas ao cultivo da cactácea,

pois além de apresentarem Iu acima de 0,77 apresentam também precipitação superior a 1.089,9 mm (MOURA et al., 2011).

Na Figura 3 é apresentado o zoneamento agroclimático da cultura da palma forrageira (*Opuntia* sp.) para o Estado da Bahia. Evidencia-se que a inaptidão para o cultivo da cactácea encontra-se predominantemente na costa marítima, que vai do litoral norte na mesorregião do Nordeste ao Extremo Sul Baiano, além de parte da mesorregião Extremo Oeste. Os zoneamentos agroclimáticos para a cactácea em Pernambuco (MOURA et al., 2011), Paraíba (BEZERRA et al., 2014) e Sergipe (SOUZA et al., 2018) corroboram os resultados encontrados para inaptidão em faixas litorâneas. Em todo estado, com exceção do Vale do São Francisco, todas as mesorregiões apresentaram inaptidão em alguma localidade (Tabela 2); Sul (93,98%), Metropolitana de Salvador (82,76%), Extremo Oeste (46,28%), Nordeste Baiano (12,06%), Centro Sul (5,56%) e Centro Norte (1,51%).



**Figura 3.** Zoneamento agroclimático da palma forrageira para o estado da Bahia, Brasil.

Ainda na Figura 3, é nítida a dominância da aptidão plena e de aptidão com restrições

para as mesorregiões do Centro Sul, Centro Norte, Vale do São Francisco e grande parte do Nordeste Baiano.

Verifica-se na Tabela 2, que a mesorregião do Centro Norte Baiano possui as melhores condições climáticas para o cultivo da palma forrageira com 57,34% da sua área com aptidão plena, seguida da mesorregião do Nordeste Baiano (31,52%), Vale do São Francisco (29,96%) e Centro Sul (13,26%). Essas áreas são enquadradas no domínio do semiárido, corroborando com Almeida (2011) acerca das principais áreas produtivas de cultivo da palma forrageira no estado. As mesorregiões Sul Baiano, Metropolitana de

Salvador e Extremo Oeste não apresentam aptidão plena ao cultivo da cultura. Constatase ainda na Tabela 2, que em todas as mesorregiões do estado há localidades com possibilidade de cultivo da palma forrageira com aptidão restrita; Centro Sul (81,18%), Vale do São Francisco (70,04%), Nordeste Baiano (56,42%), Extremo Oeste (53,72%), Centro Norte (41,15%), Metropolitana de Salvador (17,24), e Sul (6,02%). O cultivo da palma forrageira pode ser realizado nestas localidades, entretanto, pode haver restrições quanto ao índice de umidade, temperatura máxima ou mínima, o que pode influenciar na redução da produtividade da cultura.

**Tabela 2.** Percentual de área para cada mesorregião no estado da Bahia, Brasil segundo a classificação de aptidão ao cultivo da palma forrageira.

Aptidão	Mesorregião*						
	CN	CS	MS	NB	SF	SB	EO
Plena	57,34	13,26	0,00	31,52	29,96	0,00	0,00
Inapta	1,51	5,56	82,76	12,06	0,00	93,98	46,28
Restrita	41,15	81,18	17,24	56,42	70,04	6,02	53,72

\*CN: Centro Norte; CS: Centro Sul; MS: Metropolitana de Salvador; NB: Nordeste Baiano; SF: Vale do São Francisco; SB: Sul Baiano e EO: Extremo Oeste.

A Tabela 3 explicita a possibilidade de cultivo com aptidão plena da palma forrageira em 20,57% do território baiano. Aproximadamente 56% possui aptidão restrita e cerca de 23% do estado possui inaptidão ao plantio comercial da cultura. Há de ressaltar

que os dados encontrados se fundamentam na metodologia proposta por Souza et al. (2008) cujos indicadores climáticos variam com o tempo e espaço, e como todo estudo climatológico, podem apresentar incertezas.

**Tabela 3.** Relação da extensão territorial com as classes de aptidão ao cultivo da palma forrageira no Estado da Bahia.

Aptidão	Extensão territorial (km <sup>2</sup> )	%
Plena	116.152,56	20,57
Restrita	318.669,59	56,43
Inapta	129.870,52	23,00
Total	564.692,67	100,00

Estudos de zoneamentos agroclimáticos da palma forrageira na região nordeste brasileira constataram resultados diversos; o estado de Sergipe possui inaptidão para cultivo da cultura em cerca de 82% do seu território (SOUZA et al., 2018). O Piauí registrou restrição em todos os municípios relacionando temperatura e índice de umidade do solo (LUCENA et al., 2016). Na Paraíba a

recomendação de cultivo é dada para todo território com exceção para a região costeira e o município de Areia e cidades circunvizinhas devido ao excesso de precipitação (BEZERRA et al., 2014). Cerca de 97 % do território pernambucano está apto ou apto com restrições ao cultivo da palma forrageira, inaptidão somente na região costeira e parte da Zona da Mata (MOURA et al., 2011).



ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DA PALMA FORRAGEIRA PARA O ESTADO DA BAHIA

### CONCLUSÕES

Condições climáticas mais favoráveis ao cultivo da palma forrageira no estado da Bahia são encontradas nas mesorregiões semiáridas Centro Norte, Nordeste Baiano e Vale do São Francisco. O cultivo da palma forrageira pode ser realizado em todo o território do estado da Bahia, exceto nas faixas litorâneas do estado compreendendo as mesorregiões Sul e Metropolitana de Salvador, e parte do Extremo Oeste Baiano. O Vale do São Francisco é a única mesorregião que não apresenta inaptidão ao cultivo da palma forrageira.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro à pesquisa.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. A **palma forrageira na região semiárida do estado da Bahia: diagnóstico, crescimento e produtividade**. 2011. 95f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.
- ANA-Agência Nacional de Águas-Hidroweb- **Séries históricas de estações**. 2018. Disponível em: <[http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/m edicoes\\_historicas\\_abas.jsf](http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/m edicoes_historicas_abas.jsf)>. Acesso em: 11 out. 2018.
- BEZERRA, B. G.; ARAÚJO, J. S.; PEREIRA, D. D.; LAURENTINO, G. Q.; SILVA, L. L. D. Zoneamento agroclimático da palma forrageira (*Opuntia* sp.) para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 7, p. 755-761, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000700013>.
- CÂNDIDO, M. J. D.; GOMES, G. M. F., LOPES, M. N., XIMENES, L. J. F. Cultivo da palma forrageira para mitigar a escassez de forragem em regiões semiáridas. **Informe Rural**, v. 7, n. 3, p. 1-7. 2013.
- CARVALHO, A. V. T.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B., MOURA, M. S. B. Modificação do modelo original da zona agroecológica da FAO e aplicação na análise da eficiência produtiva da palma forrageira no estado da Bahia: 1ª aproximação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 3, p. 940-954. 2017.
- CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, e Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia, 2, 1994, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBMET, 1994. p.154-157.
- CHIACCHIO, F. P. B.; MESQUITA, A. S.; SANTOS, J. R. Palma forrageira: uma oportunidade econômica ainda desperdiçada para o Semiárido baiano. **Revista Bahia Agrícola**, v.7, n.3, p. 39-49. 2006.
- CUNHA, R.G.; ASSAD, E.D. Uma visão geral do número especial da RBA sobre zoneamento agrícola no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 377- 385, 2001.
- DRENNAN, P. M.; NOBEL, P. S. Root growth dependence on soil temperature for *Opuntia ficus-indica*: influences of air temperature and a doubled CO<sub>2</sub> concentration. **Functional Ecology**, v. 12, p. 959–964, 1998. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1998.00276.x>.
- DUQUE, G.O. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**, 4. ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 103p.
- FARIAS, I.; SANTOS, D. C.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. Estabelecimento e manejo da palma forrageira. In: MENEZES, S. C. R.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (eds.). **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Ed. da UFPE, 2005. p. 81-103. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e

- Estatística. **Área territorial brasileira**. Bahia, 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/panoram>>. Acesso em: 28 nov. 2018.
- INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. BDMEP- **Séries históricas**-Dados Mensais. 2018. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 11 out. 2018.
- INGLESE, P.; MONDRAGON, C.; NEFZAOU, A.; SÁENZ, C.; **Crop ecology, cultivation and uses of cactus pear**. Rome: FAO/ICARDIA. 2017. 225p.
- LOPES, E. B. (Org) **Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no Semiárido Nordeste**. João Pessoa: Emepa/Faepa, 2012. 256p.
- LUCENA, D. B.; MEDEIROS, R. M., SABOYA, L. M. F.; NASCIMENTO, P. L. D. Aptidão e zoneamento agroclimático da palma forrageira para o estado do Piauí. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 4, p. 809-819. 2016. <https://doi.org/10.7127/rbai.v10n400450>
- MALES, J.; GRIFFITHS, H. Stomatal biology of CAM plants. **Plant Physiology**, v. 174, n. 2, p. 550-560, 2017. <https://doi.org/10.1104/pp.17.00114>.
- MOURA, M. S. B.; SOUZA, L. S. B.; SILVA, T. G. F.; SÁ, I. I. S. **Zoneamento agroclimático da palma forrageira para o Estado de Pernambuco**. Petrolina: Embrapa Semiárido - Documentos (INFOTECA-E), 26 p. 2011.
- NOBEL, P. S. (ed.). **Cacti: biology and uses**. Berkeley: University of California Press, 2002. 281p.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 421p.
- SILVA, T. G. F.; PRIMO, J. T. A.; MORAIS, J. E. F.; DINIZ, W. J. S.; SOUZA, C. A. A.; SILVA, M. C. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 10-18, 2015.
- SIMÕES, Y. S.; SILVA, E. H. B. C.; ARAÚJO, H. A. Rainfall zoning of Bahia State, Brazil: an update proposal. **Revista Ambiente & Água**, v. 13, n. 1, p. 1-18. 2018. <https://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2171>.
- SOUZA, D. C. F.; LIMA, I. S.; SANTOS, J. A. S., ALMEIDA, A. Q.; GONZAGA, M. I. S.; LIMA, J. F. Zoneamento agroclimático da palma forrageira (*Opuntia* sp) para o estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 1, p. 2338 - 2347, 2018. <https://doi.org/10.7127/rbai.v12n100715>.
- SOUZA, L. S. B.; MOURA, M. S. B.; SILVA, T. G. F.; SOARES, J. M.; CARMO, J. F. A.; BRANDÃO, E. O. Indicadores climáticos para o zoneamento agrícola da palma forrageira (*Opuntia* sp.). In: Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semiárido, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2008. p. 23-28.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.
- TORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v.38, p.55-94, 1948. <http://dx.doi.org/10.2307/210739>.