

# *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UMA ANÁLISE À LUZ DA MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES NO BIOMA CAATINGA

P.H.C. Fernandes; A.M.B. Cavalcante

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Unidade de Eusébio. Estrada do Fio no 6000, 61760-000, Eusébio, CE. e-mail: [arnobio.cavalcante@inpe.br](mailto:arnobio.cavalcante@inpe.br); [pedrohugo.geo@gmail.com](mailto:pedrohugo.geo@gmail.com)

## INTRODUÇÃO

As previsões climáticas para o bioma Caatinga nesse século incluem aumento de temperatura do ar e redução das chuvas, levando-o à aridização (Torres *et al.* 2017). Estudos sobre os perigos que corre sua flora são escassos nesse contexto. Ademais, outro perigo corrente à flora do bioma são as invasões biológicas antrópicas propositais. Um exemplo de espécie exótica potencialmente invasora e introduzida no bioma Caatinga é a *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill (Leão, 2011). Essa fitoinvasora se adaptou às condições edafoclimáticas do bioma Caatinga por ser originária de áreas também semiáridas do México (Flores, 1994). Então, que resposta espaço-temporal esse cacto exótico invasor no bioma Caatinga poderia apresentar, em primeira aproximação, impulsionado pelas mudanças climáticas sugeridas para esse século?

## OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo modelar a distribuição geográfica da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) no bioma Caatinga em cenários climáticos futuros, tendo em vista avaliar sua dinâmica espaço-temporal até o final desse século e contribuir para conservação do bioma.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de projeção do modelo corresponde ao bioma Caatinga e a seleção da espécie-alvo para a modelagem da distribuição se prendeu, além da condição de única cactácea invasora no bioma, também ao satisfatório conhecimento biológico e ecológico disponível sobre a espécie, incluso, a adequabilidade quantitativa e qualitativa dos dados bióticos requeridos pelo algoritmo. Os registros de ocorrência da espécie-alvo global e regional na forma de coordenadas geográficas decimais foram obtidos a partir de três bancos de dados online: Global Biodiversity Information Facility ([www.gbif.org](http://www.gbif.org)); SpeciesLink ([www.splink.cria.org.br](http://www.splink.cria.org.br)) e o Instituto Hórus (<http://www.institutohorus.org.br>). Utilizou-se de 109 pontos de presença georreferenciados da região central do México, área onde a *O. ficus-indica* é nativa, e de 32 pontos no bioma Caatinga. Quanto ao conjunto das variáveis ambientais para uso na modelagem, utilizou-se um total de 10 variáveis bioclimáticas: Bio02, Bio04, Bio06, Bio13, Bio14, Bio15, Bio16, Bio17, Bio18 e Bio19. Os dados foram baixados a partir do banco de dados <http://worldclim.org> (v. 1.4), com resolução espacial de 30 segundos (~ 1 km). Para a seleção dessas variáveis levou-se em conta a Análise de Componentes Principais (Principal Component Analysis - PCA), considerando o nível máximo de correlação entre as variáveis ambientais de 0,7 e a efetividade da variável ambiental em disparar e encerrar eventos fisiológicos na área de estudo. Para as condições climáticas futuras, utilizou-se de dados do modelo HadGEM2-ES (Hadley Global Environment Model 2 - Earth System), considerando as fatias de tempo 2041-2060 e 2061-2080 centradas, respectivamente, em 2050 e 2070 e os cenários RCP 4.5 e 8.5. Para as condições climáticas correntes foram tomados os dados observados para o período de 1960-1990. Os programas utilizados na modelagem foram o MaxEnt 3.4.1 e o QGIS 2.18. O teste estatístico da área sob a curva ROC (area under the curve - AUC) foi utilizado para validação ou avaliação da qualidade dos modelos finais gerados levando-se em conta a classificação de Metz (1986). Ademais, foi calculada a extensão de áreas originalmente ocupadas, estendidas e contraídas da espécie-alvo usando um SIG, desde o presente e à medida que o clima mudasse.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a espécie-alvo foram produzidos cinco (5) modelos finais de distribuição MaxEnt: um (1) modelo de distribuição corrente (1961-1990); dois (2) modelos de distribuição futura RCP4.5, centrados em 2050 (2041-2060) e 2070 (2061-2080); e dois (2) outros modelos de distribuição futura RCP8.5, centrados em 2050 e 2070. Conforme a classificação de Metz (1986), os modelos tiveram uma precisão “média” com valores enquadrados no intervalo 0.70 – 0.80. O modelo de distribuição corrente (1961-1990) produzido mostrou um gradiente de probabilidade de ocorrência variando de zero (ausência) a 1,00 (presença) no bioma Caatinga. Isso permitiu conhecer, além das áreas com registros de presença, outras áreas que atualmente oferecem condições ambientais adequadas para a presença da espécie-alvo. Essas outras áreas podem ocorrer contíguas ou isoladas das áreas atuais com registros de presença. Destacando somente as áreas de alto potencial de ocorrência (> 0.75 de chance de presença), estas atualmente somam cerca de 54.138,09 km<sup>2</sup>, correspondendo a 6,41% da área total do bioma (844.453 km<sup>2</sup>). Para os cenários futuros centrados em 2050 e 2070, os modelos de distribuição produzidos mostraram diferentes áreas de alto potencial, quando se comparou o modelo corrente com os modelos futuros da espécie-alvo. Apesar das diferenças espaciais, todos os modelos de distribuição 2050 (RCP4.5 e 8.5) e 2070 (RCP4.5) apontaram para um só efeito, ou seja, para uma expansão das áreas de alto potencial da espécie-alvo com o avanço dos anos. Essa expansão variou de 3,95% a 12,59% em relação a área em clima atual. Uma exceção ocorreu para o cenário 2070 (RCP8.5), o pior dos cenários, com uma retração das áreas de alto potencial da espécie-alvo. A modelagem bioclimática com as modificações climáticas inclusas permitiu destacar três cenários futuros distintos para a distribuição da *O. ficus-indica* em relação às condições atuais. No primeiro cenário, supostamente, um cenário de menor impacto no aumento da temperatura e na redução da precipitação, correspondendo aproximadamente ao ano 2050/RCP4.5, verificou-se um aumento das áreas de alto potencial (> 0,75 - 1,00) acima de 32 mil km<sup>2</sup>, isto é, envolvendo expansão de 3,87% dessa área original. Em relação ao segundo cenário, um cenário intermediário e correspondendo aos anos 2070/RCP4.5, verificou-se uma expansão das áreas de alto potencial (> 0,75 - 1,00) acima de 78 mil km<sup>2</sup>, isto é, envolvendo ganho de aproximadamente 9,33% dessa área original, bem como 2050/RCP8.5, onde verificou-se uma forte expansão das áreas de alto potencial acima de 104 mil km<sup>2</sup>, isto é, envolvendo ganho de aproximadamente 12,35% dessa área original. No terceiro e último cenário, correspondendo aproximadamente ao ano 2070/RCP8.5, observou-se um cenário de contenção da bioinvasora, onde obteve-se retração das áreas de maiores chances de ocorrência para a espécie se comparado ao cenário 2050/RCP8.5, que alcançaram ganho de 9,29% em relação às condições originais.

## CONCLUSÃO

Confirmando-se as mudanças climáticas projetadas, considerando o impacto negativo da bioinvasora impulsionada pelas mudanças climáticas e a importância econômica da *O. ficus-indica* como potencial forragem para os rebanhos da região, é razoável admitir a necessidade de medidas preventivas para controle da espécie-alvo para os anos vindouros, sobretudo, em unidades de conservação. Nesse sentido, para a primeira metade do século XXI, recomendaríamos programas de conscientização das comunidades locais, onde seus atores fossem informados sobre a biologia/ecologia da espécie e seus impactos, bem como das conexões existentes entre essa espécie e seus meios de subsistência e as mudanças climáticas correntes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**FLORES, C.A.V. 1994.** Produccion, industrializacion y comercializacion del nopal como verdura em México. Chapingo, México: CIESTAAM - UACH.

**LEÃO, T.C.C.; ALMEIDA, W.R.; DECHOUM, M.S; ZILLER, S.R. 2011.** Espécies Exóticas Invasoras no Nordeste do Brasil. Recife: CEPAN.

**METZ, C.E. 1986.** ROC Methodology in radiologic imaging. Philadelphia: Investigative Radiology, v. 21, n. 9, p. 720-733.

**TORRES, R.R.; LAPOLA, D.M.; GAMARRA, N.L.R. 2017.** Future Climate Change in the Caatinga in: Silva, J.M.C., Leal, I.R., Tabarelli, M. (ed.). Springer International Publishing.