

ADEQUABILIDADE CLIMÁTICA DE DUAS ESPÉCIES DOMESTICADAS DE *Cucurbita* L.

TEREZA C. GIANNINI¹

MARIA ALDETE J. DA FONSECA FERREIRA²

ANTONIO M. SARAIVA³

ISABEL ALVES DOS SANTOS⁴

RESUMO: As abóboras e morangas têm sido cultivadas há milhares de anos. Entre as espécies cultivadas da América do Sul estão a *Cucurbita maxima* e a *C. moschata*. Para investigar a amplitude e a adequabilidade climáticas dessas duas espécies foi executada a modelagem de distribuição a partir de dados de ocorrência e camadas de dados ambientais. As espécies apresentaram ampla área de adequabilidade e de variação climática. Apesar dessas espécies serem cultivadas em quase todo território brasileiro, existem poucos dados disponíveis em coleções e herbários, especialmente na região Noroeste.

PALAVRAS CHAVE: modelagem de distribuição geográfica, amplitude climática, *Cucurbita*, abóbora.

CLIMATE SUITABILITY OF TWO DOMESTICATED SPECIES OF *Cucurbita* L.

ABSTRACT: Squashes and pumpkins have been domesticated for thousands of years. Among cultivated species of South America are *C. maxima* and *C. moschata*. To analyze the climate range and suitability of these two species it was performed the species distribution modeling using occurrence data and environmental layers. The species presented broad suitable area and climate variation. In spite of these species being cultivated in almost all Brazilian territory, there are few data available on collections and herbaria, especially in the Northwestern region.

KEYWORDS: species distribution modeling, climate range, *Cucurbita*, squash.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Cucurbita* apresenta espécies que têm sido cultivadas nas Américas por milhares de anos. Na América do Sul o início de cultivo teria ocorrido na passagem do Pleistoceno para o Holoceno (18 a 10ma), especialmente nas florestas tropicais de baixa altitude no Equador, Colômbia, Peru e Bolívia (Piperno *et al.*, 2000; Sanjur *et al.*, 2002).

As espécies que ocorrem no Brasil e na América do Sul incluem quatro espécies cultivadas: a moranga (*C. maxima* Duchesne), abóbora (*C. moschata* (Duch. ex Lam.) Duch. ex Poir), abóbora chila ou gila (*C. ficifolia* Bouche), e aboborinha ou mogango (*C. pepo* L.) (Ferreira, 2008).

O nicho ecológico de uma espécie é descrito como um espaço multidimensional onde as várias dimensões representam parâmetros distintos que são adequados para a sobrevivência da espécie, tais como, as condições ambientais (Hutchinson, 1957). A modelagem de distribuição é baseada nesse conceito, e consiste em um sistema computacional que analisa os

¹ Bióloga. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. giannini@usp.br

² Engenheira Agrônoma. Embrapa Semi-Árido. aldete.fonseca@cpatsa.embrapa.br

³ Engenheiro Agrônomo e Elétrico. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. saraiva@usp.br

⁴ Bióloga. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. isabelha@usp.br

parâmetros ambientais dos pontos de ocorrência e projeta um cenário que identifica as regiões potencialmente adequadas para a espécie (Stockwell e Peterson, 2002; Anderson *et al.*, 2003). Para tanto é necessária uma base de dados com pontos de ocorrência, camadas com diferentes parâmetros ambientais e o uso de ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para analisar os mapas (Stockwell e Peters, 1999).

O objetivo geral do presente estudo foi analisar as variações climáticas e a adequabilidade geográfica de duas espécies de *Cucurbita* no Brasil por meio da modelagem de distribuição de espécies.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram consultadas na internet diversas fontes de dados de pontos de ocorrência no Brasil para as espécies de *Cucurbita*, tais como, sítios especializados em dados de herbário e de agricultura. Quando os pontos de ocorrência encontrados não estavam georreferenciados, foram pesquisadas as coordenadas do município onde a coleta foi conduzida. A pesquisa, limpeza e correção dos dados foram feitas no sítio da rede speciesLink (<http://splink.cria.org.br/> - acessado em 12 de agosto de 2011).

A modelagem foi executada por meio do programa openModeller 1.0.9 (Santana *et al.*, 2008) e do algoritmo GARP *with best subsets – desktop GARP implementation (Genetic Algorithm for Rule-set Production)*. Para esse algoritmo, os pontos de ocorrência são divididos em dois conjuntos de dados, sendo que um deles é utilizado para treinar o algoritmo (teste interno) e o outro é usado para desenvolver o modelo (teste externo). A proporção entre número de pontos de treino e teste utilizada foi de 70% e 30%, respectivamente (Araújo *et al.*, 2005). O objetivo desse método é testar o desempenho do modelo utilizando um novo conjunto de dados, e recebe o nome de validação cruzada (Kohavi, 2005).

A acurácia do modelo é estimada pelo valor da área sob a curva (AUC) do gráfico receptor-operador (ROC), a partir dos valores da matriz de confusão (Philips *et al.*, 2006). Swets (1988) sugere que os resultados do AUC sejam interpretados como excelente (acima de 0,90) e bom (0,90-0,81). Foi considerado o limite mínimo de 10 pontos de ocorrência proposto por Stockwell e Peterson (2002).

Foram utilizadas 37 camadas de parâmetros ambientais com resolução de 5 minutos de arco obtidas no Worldclim (<http://www.worldclim.org> - acessado em 12 de agosto de 2011) que apresentam dados sobre altitude e médias, para os últimos 50 anos, dos seguintes parâmetros: temperaturas máximas, mínimas e precipitação para 12 meses. Ao final da modelagem, obtém-se uma planilha onde são atribuídos, para cada ponto de ocorrência utilizado, os valores relativos aos parâmetros ambientais utilizados. Esses valores foram utilizados para construir os histogramas da variação das temperaturas e precipitações mensais para cada espécie, visando caracterizar a amplitude de variação climática de suas áreas de ocorrência.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As bases de dados consultadas resultaram em 662 pontos de ocorrência, sendo que *C. moschata* apresentou 400 pontos e *C. maxima*, 262. A maioria dos dados (94%) foi obtida em apenas duas fontes: EMBRAPA – CENARGEN (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Recursos Genéticos e Biotecnologia) que contribuiu com 76% dos dados e a FETAEG (Federação dos Trabalhadores na Agricultura do Estado de Goiás) com 18%, sendo esta última referente apenas ao estado de Goiás. O projeto da EMBRAPA que originou esses dados foi o “Diagnóstico Participativo sobre a Distribuição Geográfica, Condições de Conservação e Diversidade Genética de *Cucurbita* spp”, financiado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO), CNPq e EMBRAPA (Ferreira, 2006).

Os valores obtidos de AUC demonstram que os dois modelos tiveram resultados excelentes (Figura 1). Os mapas mostram ampla área de ocorrência para as espécies *C. maxima* e *C. moschata*, com baixa adequabilidade apenas em algumas áreas das regiões noroeste e sul do país.

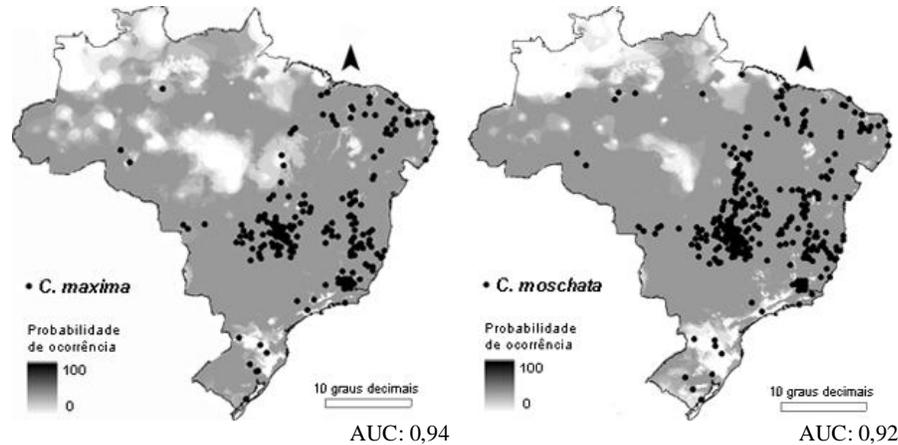


Figura 1. Áreas de adequabilidade climática das espécies *Cucurbita maxima* e *C. moschata* através de modelagem de distribuição de espécies e respectivos valores de AUC.

Os resultados obtidos acerca dos parâmetros climáticos analisados demonstram a amplitude de variação sob a qual as espécies ocorrem (Figura 2). Esses resultados sugerem que as duas espécies ocorrem em áreas que apresentam características climáticas similares. As precipitações médias mais altas ocorrem no verão e atingem valores ao redor de 200mm, podendo chegar até 400mm. Já as médias do inverno apresentaram valores de aproximadamente 25mm, podendo atingir até 350mm. As médias de temperatura máxima apresentam pouca variação sazonal, atingindo valores de aproximadamente 30°C, com valores mais elevados na primavera (37°C) e mais baixos no inverno (20°C). Já as médias das temperaturas mínimas ficaram abaixo dos 20°C no outono e inverno, e são mais altas na primavera (21°C).

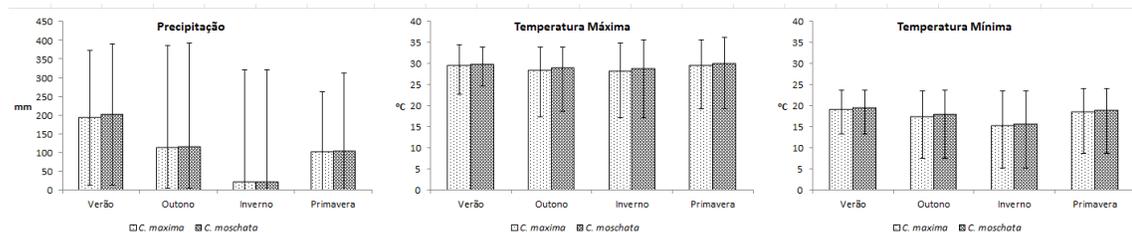


Figura 2. Média, valores máximos e mínimos de Precipitação, Temperatura Máxima e Temperatura Mínima no Verão, Outono, Inverno e Primavera nas áreas de ocorrência de *C. maxima* e *C. moschata*.

As espécies de cucúrbitas têm sido cultivadas por um longo tempo e estão adaptadas a uma grande variedade de condições climáticas, indicando sua viabilidade como culturas agrícolas importantes. Atualmente, elas apresentam uma distribuição ampla no Brasil e as áreas de distribuição potencial indicadas no mapa, provavelmente consistem em áreas adequadas para o cultivo.

Apesar da importância dessas plantas e do amplo cultivo, a pesquisa nas bases de dados resultou em poucos pontos de ocorrência, devido provavelmente ao baixo número de levantamentos ou falta de acesso aos dados, e não à ausência dessas espécies.

Também foram obtidos poucos pontos de ocorrência para a região Norte do Brasil nas fontes consultadas, incluindo o projeto da EMBRAPA citado acima, que não efetuou expedições de coleta nessa região (Ferreira, 2008). Porém, de forma geral, a disponibilidade dos dados costuma apresentar variações nas diferentes regiões e isso deve ser considerado na interpretação dos resultados da modelagem (Hortal *et al.*, 2008). Por exemplo, áreas de fácil acesso, próximas aos centros urbanos ou importantes instituições de pesquisas costumam ser mais bem amostradas, ou apresentar maior quantidade de dados digitalizados e disponíveis para consulta *online*. Embora talvez esses vieses tenham influenciado os dados de ocorrência de *C. maxima* e *C. moschata*, Ferreira *et al.* (2006) verificaram que ambas as espécies ocorrem em todo o Brasil e estão sub-representadas nos levantamentos atuais.

Amostragens mais extensas e disponibilização dos dados tornam-se urgentes para uma melhor compreensão da distribuição de *Cucurbita*. Várias iniciativas surgiram nos últimos anos no sentido de digitalizar, padronizar e disponibilizar as informações sobre biodiversidade (Canhos *et al.*, 2004). Os dados primários, presentes nos registros de coleções e herbários, apresentam ampla aplicação e são essenciais para análises em ecologia, e como parte dos requisitos para tomadas de decisões envolvendo conservação, proteção e manejo de espécies.

4. CONCLUSÃO

Os mapas de distribuição potencial e os resultados relativos aos parâmetros climáticos analisados mostram que essas espécies apresentam uma ampla distribuição potencial, e ocorrem em áreas heterogêneas com grande amplitude térmica e de precipitação. A pesquisa nas bases de dados resultou em poucos pontos de ocorrência para a região Norte do Brasil, mas provavelmente isso seja devido ao baixo número de levantamentos ou falta de acesso aos dados e não à ausência dessas espécies.

5. AGRADECIMENTOS

Aos senhores Luiz Soledade e Luiz Henrique Parahyba da FETAEG, à FAPESP (04/15801-0), ao CNPq (575069/2008-2) e ao Núcleo de Apoio a Pesquisa em Biodiversidade e Computação da Universidade de São Paulo (BioComp).

6. REFERÊNCIAS

- ANDERSON, R. P.; LEW, D.; PETERSON, A. T. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. **Ecological Modelling**, v. 162, n. 3, p. 211-232, 2003.
- ARAÚJO, M. B.; PEARSON, R. G.; THULLER, W.; ERHARD, M. Validation of species-climate impact models under climate change. **Global Change Biology**, v. 11, s/n, p.1504-1513, 2005.
- CANHOS, V. P.; SOUZA, S.; GIOVANNI, R.; CANHOS, D. A. L. Global Biodiversity Informatics: Setting the Scene for a "New World" of Ecological Modeling. **Biodiversity Informatics**, v. 1, s/n, p. 1-13, 2004.
- FERREIRA, M. A. J. F.; MELO, A. M. T.; CARMO, C. A. S.; SILVA, D. J. H.; LOPES, J. F.; QUEIROZ, M. A.; MOURA, M. C. C. L.; NEGRINI, R. C. S. Mapeamento da distribuição geográfica e conservação dos parentes silvestres e variedades crioulas de *Cucurbita*. In: Coradin, L. (coord.) **Parentes Silvestres das Espécies de Plantas Cultivadas**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.

- FERREIRA, M. A. J. F. 2008. Abóboras e Morangas das Américas para o Mundo. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. (org.). **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 916 p.
- HORTAL, J.; JIMENEZ-VALVERDE, A.; GOMEZ, J.F.; LOBO, J.M.; BASELGA, A. Historical bias in biodiversity inventories affects the observed environmental niche of the species. **Oikos**, v. 117, n. 6, p. 847-858, 2008.
- HUTCHINSON, G. E. Concluding remarks. **Cold Spring Harbour Symposium on Quantitative Biology**, v. 22, s/n, p. 415-427, 1957.
- KOHAVI, R. A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 14., 1995, Montreal, Quebec. **International Joint Conference On Artificial Intelligence**: proceedings. Montreal, Quebec, 1995. Volume 2, pp. 1137-1145.
- PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling**, v. 190, n. 3-4, p. 231-259, 2006.
- PIPERNO, D. R.; ANDRES, T. C.; STOTHERT, K. E. Phytoliths in *Cucurbita* and other Neotropical Cucurbitaceae and their occurrence in early archaeological sites from the Lowland American Tropics. **Journal of Archaeological Science**, v. 27, n. 3, p. 193-208, 2000.
- SANJUR, O. I.; PIPERNO, D. R.; ANDRES, T. C.; WESSEL-BEAVER, L. Phylogenetic relationships among domesticated and wild species of *Cucurbita* (Cucurbitaceae) inferred from a mitochondrial gene: Implications for crop plant evolution and areas of origin. **PNAS**, v. 99, n. 1, p. 535-540, 2002.
- SANTANA, F. S.; SIQUEIRA M. F.; SARAIVA, A. M.; CORREA, P. L. P. A reference business process for ecological niche modeling. **Ecological Informatics**, v. 3, n. 1, p. 75-86, 2008.
- STOCKWELL, D.; PETERS, D. The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 13, n. 2, p. 143-158, 1999.
- STOCKWELL, D. R. B.; PETERSON, A. T. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. **Ecological Modelling**, v. 148, n. 1, p. 1-13, 2002.
- SWETS, K. A. Measuring the accuracy of diagnostic systems. **Science**, v. 240, n. 4857, p. 1285-1293, 1988.