

**Distribuição Geográfica Potencial
do Ácaro-vermelho-das-palmeiras
na América do Sul**

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Roraima
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 37

**Distribuição Geográfica Potencial
do Ácaro-vermelho-das-palmeiras
na América do Sul**

George Amaro

Elisângela Gomes Fidelis de Moraes

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Roraima

Rodovia BR174, Km 8 - Distrito Industrial
Cx. Postal 133 - CEP. 69.301-970
Boa Vista | RR
Fone/Fax: (095) 4009.7100
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Oscar José Smiderle
Secretário-Executivo: Aloisio Alcantara Vilarinho
Membros: Karine Dias Batista
Krisle da Silva
Edvan Alves Chagas
Roberto Dantas de Medeiros
Hyanameika Evangelista de Lima
Elisângela Gomes Fidelis de Moraes
Cássia Ângela Pedrozo

Normalização Bibliográfica: Jeana Garcia Beltrão Macieira
Revisão Gramatical: Luiz Edwilson Frazão, Clarice Monteiro Rocha e Vanessa Damasceno
Editoração Eletrônica: Gabriela de Lima

1ª edição (2014)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação da Publicação (CIP)

Embrapa Roraima

~~Smiderle, Oscar José.~~

~~— Qualidade Física e Fisiológica de Sementes de Soja-Hortaliça em Função de Tipos de Adubação e Armazenamento / Oscar José Smiderle e Juliana Maria Espíndola Lima. — Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2011.~~

~~— 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Roraima, 31).~~

~~— 1. *Glycine max* (L.) Merrill. 2. Germinação. 3. Vigor. I. Lima, Juliana Maria Espíndola. H. Título.~~

~~CDD: 633.34~~

Sumário

Resumo.....	05
Abstract.....	06
Introdução.....	09
Materiais e Métodos.....	12
Resultados e Discussão.....	20
Conclusão.....	27
Agradecimentos.....	28
Referências.....	29

Distribuição Geográfica Potencial do Ácaro-vermelho-das-palmeiras na América do Sul

George Amaro¹

Elisângela Gomes Fidelis de Moraes²

Resumo

Dentre as pragas que foram recentemente introduzidas nas Américas, o ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst, é a mais invasiva. Este ácaro espalhou-se rapidamente por vários países do Caribe, pelos Estados Unidos, México, Venezuela, Colômbia e Brasil. Em nosso país, ele está presente somente nos estados de Roraima e Amazonas. O potencial de dispersão do *R. indica* para outras regiões da América do Sul pode impactar severamente o cultivo de coco, banana, palmeiras nativas e exóticas e flores tropicais, como as Heliconiaceae. O desenvolvimento de técnicas de controle eficazes de *R. indica*, tais como a adoção de medidas fitossanitárias para se evitar ou retardar a dispersão desta praga, é necessário. Assim, o objetivo deste trabalho foi estimar a distribuição geográfica potencial de *R. indica* na América do Sul a partir da utilização de um modelo de máxima entropia (Maxent). Os dados de ocorrência de *R. indica* utilizados foram obtidos através de pesquisa na literatura, bases de dados online e levantamentos realizados em campo. O modelo previu áreas potencialmente favoráveis ao *R. indica* ao norte da Colômbia, centro e norte da Venezuela, Guiana, Suriname, leste da Guiana Francesa e em vários locais do Brasil, incluindo Roraima, a parte oriental do Amazonas, o norte do Pará, Amapá e áreas costeiras, desde o Pará até o norte

¹ MSc. Economia, Pesquisador em Economia e Dinâmica de Sistemas. Embrapa Roraima, Boa Vista,RR.

² DSc. Entomologia. Pesquisadora em Entomologia. Embrapa Roraima, Boa Vista,RR.

do Rio de Janeiro. Estes resultados indicam que *R. indica* tem um potencial significativo de impactos econômicos e sociais em todos esses países, particularmente no Brasil, uma vez que as regiões favoráveis se sobrepõe àquelas áreas com cultivos e produção de coco e banana, os principais hospedeiros deste ácaro.

Palavras-Chave: *Raoiella indica*; modelagem de nicho ecológico; modelagem ambiental; coco.

Distribuição Geográfica Potencial do Ácaro-vermelho-das-palmeiras na América do Sul (EM INGLÊS)

Abstract

Among pests that have recently been introduced into the Americas, the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, is the most invasive. This mite has spread rapidly to several Caribbean countries, including United States of America, Mexico, Venezuela, Colombia and Brazil. The potential dispersion of *R. indica* to other regions of South America could seriously impact the cultivation of coconuts, bananas, exotic and native palms and tropical flowers such as the Heliconiaceae. To facilitate the development of efficacious *R. indica* management techniques such as the adoption of phytosanitary measures to prevent or delay the dispersion of this pest, the objective of this paper was to estimate the potential geographical distribution of *R. indica* in South America using a Maximum Entropy model (Maxent). The *R. indica* occurrence data used in this model were obtained from extant literature, online databases and field sampling data. The model predicted potential suitable areas for *R. indica* in northern Colombia, central and northern Venezuela, Guyana, Suriname, east French Guiana and many parts of Brazil, including Roraima, the eastern Amazonas, northern Pará, Amapá and the coastal zones, from Pará to north of Rio de Janeiro. These results indicate the potential for significant *R. indica* related economic and social impacts in all of these countries, particularly in

Brazil, because the suitable habitat regions overlap with agricultural areas for *R. indica* host plants such as coconuts and bananas.

Keywords: *Raoiella indica*; niche modeling; environment suitability; coconut.

Introdução

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), é uma praga invasora recentemente introduzida nas regiões neotropicais. No Velho Mundo, foi relatado inicialmente na Índia (Hirst, 1924) e posteriormente no nordeste e sul da África (Pritchard e Baker, 1958; Moutia, 1958) e no Oriente Médio (Gerson et al., 1983). Nos neotrópicos, *R. indica* foi reportado pela primeira vez em 2004, na Martinica (Flechtmann e Etienne, 2004) e, a despeito de medidas de quarentena estabelecidas em alguns países, este ácaro rapidamente espalhou-se para várias ilhas do Caribe (Kane e Ochoa, 2005; Etienne e Flechtmann, 2006), sul da Flórida (Welbourn, 2006), México (NAPPO, 2009), Venezuela (Vásquez et al., 2008), Colômbia (Carrillo et al., 2011b) e norte do Brasil (Navia et al., 2011; Rodrigues e Antony, 2011).

A partir da descoberta de *R. indica* no Estado de Roraima, em 2009, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento brasileiro estabeleceu medidas de quarentena, restringindo o trânsito de plantas hospedeiras e suas partes (frutas e folhas) para outros estados. Entretanto, em 2011, *R. indica* foi também encontrado em Manaus, Amazonas, infestando cocos (*Cocos nucifera* L.), palmeiras de Natal [(*Veitchia merrillii* (Becc.) H. E. Moore)] e palmeiras rabo-de-peixe (*Caryota mitis* Lour.) (Rodrigues e Antony, 2011).

Na Ásia e África, a gama de hospedeiros de *R. indica* limitava-se a plantas da família Arecaceae, principalmente coco (Sayed, 1942; Moutia, 1958; Kapur, 1961). No entanto, desde a sua introdução nas Américas, este ácaro expandiu a quantidade de suas plantas hospedeiras para 96 espécies: Arecaceae (75 espécies), Cannaceae (1), Heliconiaceae (5), Musaceae (6), Pandanaceae (1), Strelitziaceae (2) e Zingiberaceae (6) (Cocco e Hoy, 2009; Navia et al., 2012).

O impacto de *R. indica* na América do Sul é potencialmente alto, especialmente para cocos, bananas e flores de Heliconiaceae, Musaceae, Zingiberaceae e Strelitziaceae. A presença de *R. indica* nas áreas de produção dessas plantas hospedeiras pode afetar a exportação desses produtos para outros países e áreas não infestadas, devido à imposição de barreiras fitossanitárias (Navia et al., 2012). Além disso, especialmente nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, palmeiras

exóticas e nativas como açaí, buriti e pupunha desempenham um importante papel econômico e social, especialmente para as populações de baixa renda, que dependem de seus frutos.

Buscando reduzir os problemas associados à infestação de *R. indica* em áreas em que este ácaro já foi introduzido, métodos de controle, tais como resistência da plantas (Rodrigues e Irish, 2011), controle químico (Rodrigues e Peña, 2012) e controle biológico (Peña et al., 2009; Carrillo et al., 2010; Carrillo e Peña, 2011; Carrillo et al., 2011a; Carrillo et al., 2012; Hoy, 2012) têm sido pesquisados. A previsão de *habitats* potencialmente favoráveis para esta espécie invasora é importante para dar suporte a esses estudos e auxiliar no planejamento e implementação de medidas fitossanitárias que previnam ou retardem a dispersão de *R. indica* na América do Sul.

A Modelagem de Distribuição de Espécies (SDM), onde modelos preditivos da distribuição geográfica de espécies são desenvolvidos com base nas condições ambientais dos locais de ocorrência (*habitat* favorável), tem aplicações no planejamento de políticas de conservação, ecologia, estudos de evolução, epidemiologia e gestão de espécies invasoras, entre outros campos (Yom-Tov e Kadmon, 1998; Corsi et al. 1999; Peterson et al., 1999; Scott et al., 2002; Welk et al., 2002; Peterson e Shaw, 2003).

Quando dados de ausência e de presença de uma espécie estão disponíveis para modelagem, métodos estatísticos de uso genérico, tais como modelos lineares generalizados (GLM), modelos aditivos generalizados (GAM), árvores de classificação e regressão (CARTs), análise de componentes principais (PCA) e redes neurais artificiais (RNAs), podem ser utilizados (Guisan e Zimmermann, 2000; Moisen e Frescino, 2002; Guisan et al., 2002; Berg et al., 2004). No entanto, embora dados apenas de presença sejam abundantes, dados de ausência são limitados (Soberón, 1999; Ponder et al., 2001; Anderson et al., 2002). Além disso, mesmo quando estão disponíveis, dados de ausência podem ter um valor questionável em muitas situações (Anderson et al., 2003). Dessa forma, técnicas de modelação que necessitem apenas de dados de presença são extremamente úteis (Graham et al., 2004). Portanto, um segundo grupo de métodos, incluindo algoritmos genéticos (GARP) (Stockwell e Peters, 1999) e BIOCLIM (Busby, 1991), vem ganhando mais atenção das pesquisas. Dentre estes, mais recentemente, o algoritmo de Máxima Entropia (Maxent), que permite o uso apenas de dados de presença e preditores

categoricos, tem sido bastante utilizado (Phillips et al., 2006).

O Maxent apresenta um desempenho superior a outros métodos de modelagem (Elith et al., 2006; Ortega-Huerta e Peterson, 2008) e ainda pode ser eficiente apesar de amostras de pequenas dimensões (Hernandez et al., 2006; Pearson et al., 2007; Papes e Gaubert, 2007; Wisz et al., 2008; Benito et al., 2009). Elith et al. (2006) demonstraram que o Maxent apresentou um desempenho melhor do que outros métodos já estabelecidos, como o BIOCLIM, GARP, GAM e GLM. Além disso, Barry e Elith (2006) observaram que o Maxent, o GLM e o GAM foram semelhantes em sua capacidade de ajustar superfícies de resposta não-lineares que são frequentemente observadas em dados biológicos. Hernandez et al. (2006) testaram quatro métodos de modelagem e demonstraram que o Maxent obteve os resultados mais robustos, apresentando um bom desempenho e mantendo a precisão de suas estimativas razoavelmente estáveis em todas as categorias e tamanhos de amostras, com níveis máximos para as amostras de menor tamanho. Sergio et al. (2007) demonstraram que o Maxent superou o GARP, quando aplicado a dados apenas de presença originários de coleções de herbários.

Maxent é um algoritmo de aprendizagem de máquina que estima a distribuição de espécies por encontrar a distribuição de probabilidade de máxima entropia (isto é, o mais próximo possível da distribuição uniforme) sujeita a limitações que representam a informação incompleta sobre a distribuição. As restrições são de que o valor esperado de cada variável ambiental deve coincidir com sua média nos locais de amostragem a partir de camadas ambientais (Phillips et al., 2006). O Maxent busca o modelo estatístico que produz a distribuição mais uniforme, inferindo ainda a maior precisão possível aos dados observados. Para isso, ele compara os registros de presença com dados aleatórios (ou "pseudoausência") extraídos automaticamente a partir de toda a informação geográfica utilizada (incluindo os registros de espécies, ver Phillips et al., 2009).

As pseudoausências representam verdadeiras ausências, sendo considerada uma abordagem metodológica intermédia entre os modelos de distribuição de presença apenas e de presençaausência (Pearce e Boyce 2006; Sillero et al., 2010). O objetivo é avaliar as diferenças entre as localidades de ocorrência e um conjunto de localidades escolhidas a partir da área de estudo que são usadas no lugar de dados de ausência reais. Os pontos de pseudoausência podem ser

selecionados de forma aleatória (Stockwell e Peters, 1999) ou de acordo com um conjunto de critérios de ponderação (Engler et al., 2004; Zaniewski et al., 2002). A seleção aleatória de pseudoausências foi recentemente determinada como a melhor opção, considerando áreas pouco favoráveis para uma espécie (Wisz e Guisan 2009).

Dessa forma, para permitir o desenvolvimento de estratégias de vigilância, quarentena e controle mais precisas para *R. indica*, o objetivo deste estudo é estimar a distribuição geográfica potencial deste ácaro, utilizando o modelo Maxent.

Materiais e Métodos

Dados de ocorrência de Raiiella indica

As coordenadas geográficas dos pontos de ocorrência disponíveis para *R. indica* foram obtidas a partir da literatura existente, de bases de dados *online* (CABI, 2012; EPPO, 2012) e de novos levantamentos realizados nos estados de Roraima e Amazonas durante pesquisas de campo. Quando apenas um estado ou município foi citado, as coordenadas para um ponto próximo ao centro do polígono, representando toda a região, foram utilizadas. Quando foram identificados muitos pontos em uma mesma região pequena, esses pontos foram agrupados e representados por um único ponto central, com exceção das novas amostras de campo no Brasil (a partir dos dados obtidos para os estados do Amazonas de Roraima). No total, 92 locais de ocorrência conhecida de *R. indica* foram utilizados no modelo (Tabela 1 e Figura 1).

Tabela 1. Coordenadas geográficas de ocorrência de *Raiiella indica* utilizadas para o processo de modelagem.

Latitude	Longitude	Região	Referência
África			
6.37	2.43	Benin, Cotonou	Zannou et al., 2010

Continua.

Tabela 1. Continuação.

27.00	30.00	Egito	CABI, 2012; EPPO, 2012
19.17	30.47	Sudão, Northern State, Dongola	AGRIS FAO (online) ^a
18.22	30.75	Sudão, Northern State, Old Dongola	AGRIS FAO (online) ^a
-6.00	35.00	Tanzânia	Zannou et al., 2010
33.88	7.88	Tunísia, Nafta	Zouba and Raeesi, 2010
33.92	8.13	Tunísia, Tozeur	Zouba and Raeesi, 2010
33.98	8.22	Tunísia, Degache	Zouba and Raeesi, 2010
Américas			
13.17	-59.53	Barbados	IPCC, 2010
-3.13	-60.99	Brasil, Amazonas, Manaus	Pesquisa de Campo
-3.07	-60.08	Brasil, Amazonas, Manaus	Pesquisa de Campo
-3.05	-60.08	Brasil, Amazonas, Manaus	Pesquisa de Campo
-3.05	-60.07	Brasil, Amazonas, Manaus	Pesquisa de Campo
-3.03	-60.07	Brasil, Amazonas, Manaus	Pesquisa de Campo
-3.10	-60.02	Brasil, Amazonas, Manaus	Pesquisa de Campo
-3.10	-60.02	Brasil, Amazonas, Manaus	Pesquisa de Campo
-3.10	-60.02	Brasil, Amazonas, Manaus	Pesquisa de Campo
-3.10	-60.02	Brasil, Amazonas, Manaus	Pesquisa de Campo
-3.10	-60.02	Brasil, Amazonas, Manaus	Pesquisa de Campo
-3.10	-60.02	Brasil, Amazonas, Manaus	Pesquisa de Campo
-3.10	-60.01	Brasil, Amazonas, Manaus	Pesquisa de Campo
-3.13	-59.99	Brasil, Amazonas, Manaus	Pesquisa de Campo

Continua.

Tabela 1. Continuação.

-3.08	-59.98	Brasil, Amazonas, Manaus	Pesquisa de Campo
-3.08	-59.98	Brasil, Amazonas, Manaus	Pesquisa de Campo
-3.08	-59.98	Brasil, Amazonas, Manaus	Pesquisa de Campo
-3.13	-59.97	Brasil, Amazonas, Manaus	Pesquisa de Campo
-3.02	-59.88	Brasil, Amazonas, Manaus	Pesquisa de Campo
-3.07	-60.09	Brasil, Amazonas, Manaus	Pesquisa de Campo
2.90	-61.49	Brasil, Roraima, Alto Alegre	Pesquisa de Campo
3.65	-61.37	Brasil, Roraima, Amajari	Pesquisa de Campo
2.82	-60.67	Brasil, Roraima, Boa Vista	Navia et al., 2011
3.08	-59.95	Brasil, Roraima, Bonfim	Pesquisa de Campo
2.61	-60.60	Brasil, Roraima, Cantá	Pesquisa de Campo
1.82	-61.13	Brasil, Roraima, Caracará	Pesquisa de Campo
2.18	-61.04	Brasil, Roraima, Iracema	Pesquisa de Campo
2.43	-60.92	Brasil, Roraima, Mucajaí	Pesquisa de Campo
4.20	-59.86	Brasil, Roraima, Normandia	Pesquisa de Campo
4.42	-61.14	Brasil, Roraima, Pacaraima	Pesquisa de Campo
11.30	-73.90	Colômbia, Los Naranjos	Carrillo et al., 2011
11.31	-73.93	Colômbia, Santa Marta	Carrillo et al., 2011
20.20	-74.49	Cuba, Baracoa	Santana et al., 2010
19.90	-75.07	Cuba, Caimanera	Santana et al., 2010
19.91	-75.25	Cuba, El Salvador	Santana et al., 2010
19.93	-76.80	Cuba, Guamá	Santana et al., 2010
20.05	-75.12	Cuba, Guantánamo	Santana et al., 2010
20.07	-74.63	Cuba, Imías	Santana et al., 2010

Continua.

Tabela 1. Continuação.

20.06	-74.81	Cuba, San Antonio der Sur	Santana et al., 2010
20.01	-75.82	Cuba, Santiago de Cuba	Santana et al., 2010
15.50	-61.33	Dominica	Kane et al., 2005
19.00	-70.67	República Dominicana	CABI, 2012; EPPO, 2012
12.12	-61.67	Granada	Welbourn, 2006
16.17	-61.67	Guadelupe	Etienne e Flechtmann, 2006
19.00	-72.42	Haiti	Welbourn, 2006
18.25	-77.50	Jamaica	Welbourn, 2006
14.66	-61.03	Martinica	Flechtmann e Etienne, 2004
-20.30	57.58	Ilhas Maurício	Moutia, 1958
21.16	-86.85	México, Cancun	Estrada-Venegas et al., 2010
21.24	-86.74	México, Quintana Hoo, Isla Mujeres	Estrada-Venegas et al., 2010
21.00	-87.00	México, Quintana Hoo, Benito Juárez	Estrada-Venegas et al., 2010
21.10	-87.49	México, Quintana Hoo, Lázaro Cárdenas	Estrada-Venegas et al., 2010
20.63	-87.08	México, Quintana Hoo, Solidaridad	Estrada-Venegas et al., 2010
20.21	-87.47	México, Quintana Hoo, Tulum	Estrada-Venegas et al., 2010
30.00	70.00	Paquistão	CABI, 2012; EPPO, 2012
8.00	125.00	Filipinas, Mindanao	Dowling et al., 2012
18.31	-65.29	Porto Rico, Culebra Island	Rodrigues et al., 2007
18.29	-65.65	Porto Rico, Fajardo	Rodrigues et al., 2007
18.33	-65.65	Porto Rico, Luquillo	Rodrigues et al., 2007
13.88	-60.97	Santa Lúcia	Kane et al., 2005
18.09	-63.06	San Martin	Etienne e Flechtmann, 2006

Continua.

Tabela 1. Continuação.

13.15	-61.20	São Vicente e Granadinas	IPCC, 2010
10.45	-61.25	Trinidade e Tobago	CABI, 2012; EPPO, 2012
26.57	-80.05	Estados Unidos, Flórida, Palm Beach	CAPS/FFD, 2008
26.84	-80.12	Estados Unidos, Flórida, Palm Beach	CAPS/FFD, 2008
26.71	-80.04	Estados Unidos, Flórida, Palm Beach	CAPS/FFD, 2008
26.31	-80.24	Estados Unidos, Flórida, Broward	CAPS/FFD, 2008
25.16	-80.93	Estados Unidos, Flórida, Dade	CAPS/FFD, 2008
9.78	-63.20	Venezuela, Monagas	Vázquez et al., 2008
10.46	-64.18	Venezuela, Sucre	Vázquez et al., 2008
Ásia			
15.56	73.82	Índia, Goa	CABI, 2012; EPPO, 2012
12.97	77.56	Índia, Karnataka	CABI, 2012; EPPO, 2012
8.51	76.97	Índia, Kerala	CABI, 2012; EPPO, 2012
22.42	72.54	Índia, Madhya Pradesh	CABI, 2012; EPPO, 2012
13.09	80.27	Índia, Tamil Nadu	CABI, 2012; EPPO, 2012
22.34	88.22	Índia, West Bengal	CABI, 2012; EPPO, 2012
22.57	88.37	Índia, Bangalore	Dowling et al., 2012
27.19	56.28	Irã, Hormozgan	Arbabi et al., 2002
29.49	60.87	Irã, Sistan and Baluchestan	Arbabi et al., 2002
31.33	48.69	Irã, Khuzestan	Kamali et al., 2001
29.62	52.53	Irã, Fars	Kamali et al., 2001
28.92	50.84	Irã, Bushehr	Kamali et al., 2001

Continua.

Tabela 1. Continuação.

28.50	53.56	Irã, Jahrom City	Dowling et al., 2012
30.42	35.15	Israel, Arabah	Blumberg, 2008
17.02	54.09	Oman, Dhofar, Salalah	Personal Communication b
25.00	45.00	Arábia Saudita	CABI, 2012; EPPO, 2012
7.00	81.00	Sri Lanka	CABI, 2012; EPPO, 2012
15.00	100.00	Tailândia	Kane et al., 2005
24.00	54.00	Emirados Árabes Unidos	CABI, 2012; EPPO, 2012

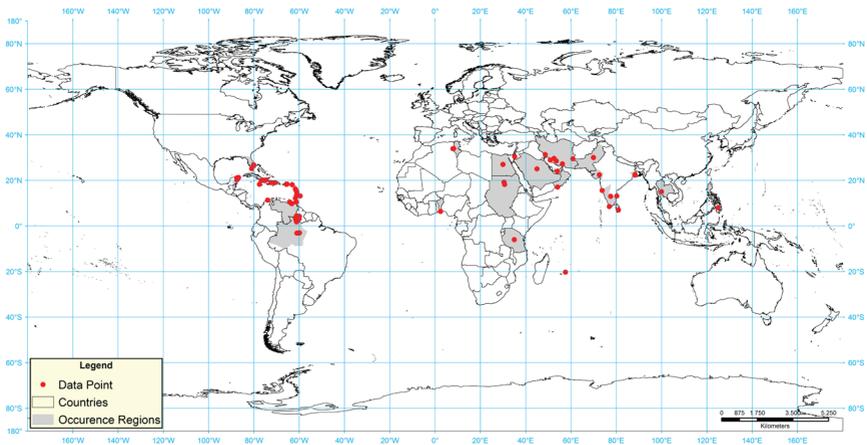


Figura 1. Locais com ocorrência de *Raoiella indica* no mundo.

Variáveis Ambientais

Vinte variáveis ambientais foram consideradas como preditores potenciais da distribuição do *habitat* de *R. indica* (Tabela 2), incluindo 19 variáveis bioclimáticas (Nix, 1986), que são biologicamente

significativas para a definição dos limites de tolerância ecofisiológica de uma espécie (Graham e Hijmans, 2006; Muriene et al., 2009), e uma variável topográfica (Modelo Digital de Elevação - DEM), como o proxy, para variáveis ambientais não utilizadas. Todas as variáveis foram obtidas a partir do banco de dados Worldclim (<http://www.worldclim.org>) mais atual (~ 1950-2000), versão 1.4, revisão 3 (Hijmans et al., 2005), representadas em um grid genérico de 2,5 arco-minutos.

Tabela 2. Variáveis Ambientais (*Worldclim*) utilizadas para modelagem de nicho ecológico de *Raoiella indica*.

Mnemonico	Variável	% Contribuição
Alt	Altitude (Digital Elevation Model)	17,7
Bio01	Temperatura média anual	3,1
Bio02	Variação média diurna de temperatura (média mensal (max - min))	0,7
Bio03	Isotermalidade (Bio02 ÷ Bio07) x100	2,6
Bio04	Sazonalidade da temperatura (desvio padrão * 100)	5,1
Bio05	Temperatura máxima do mês mais quente	0,1
Bio06	Temperatura mínima do mês mais frio	22,5
Bio07	Temperatura média anual (Bio05-Bio06)	3,1
Bio08	Temperatura média do trimestre mais chuvoso	0,2
Bio09	Temperatura média do trimestre mais seco	2,5
Bio10	Temperatura média do trimestre mais quente	0,7
Bio11	Temperatura média do trimestre mais frio	20,4
Bio12	Precipitação anual	2,5
Bio13	Precipitação do mês mais chuvoso	0,4
Bio14	Precipitação do mês mais seco	4,6
Bio15	Sazonalidade de Precipitação (coeficiente de variação)	4,9
Bio16	Precipitação do trimestre mais chuvoso	1,6
Bio17	Precipitação do trimestre mais seco	0,1
Bio18	Precipitação do trimestre mais quente	2,3
Bio19	Precipitação do trimestre mais frio	4,8

Procedimento de Modelagem

O software Maxent versão 3.3.3k foi utilizado com as seguintes configurações: *auto features* (tipos de recursos são selecionados automaticamente, dependendo do tamanho da amostra de treinamento), *logistic output format* (fornece uma estimativa da probabilidade de presença), *random seeds, replicates* = 5, *replicate run type* = *cross validate* (Hope et al. 2010), *regularization multiplier* = 1, *maximum iterations* = 2.000, *convergence threshold* = 10⁻⁵ e *maximum number of background points* = 20.000 (Phillips e Dudik, 2008). O modelo foi desenvolvido com base em todos os dados de ocorrência de *R. indica* e projetado sobre a América do Sul para avaliar a distribuição geográfica potencial deste ácaro na região.

A validação cruzada (*cross-validation*) consiste em um método simples, rápido e útil para reamostragem de dados para treinamento e teste de modelos (Kohavi, 1995; Hastie et al., 2009). Na validação cruzada, os dados de ocorrência são aleatoriamente divididos em um número de grupos do mesmo tamanho, sendo diferentes modelos criados em sequência, omitindo um desses grupos de cada vez. Os grupos removidos são utilizados na fase de avaliação. A validação cruzada tem uma vantagem importante sobre o uso das técnicas de divisão do conjunto de dados para treinamento e teste de modelos, visto que permite o uso de todos os dados para validação, fazendo, assim, uma melhor utilização de pequenos conjuntos de dados (Phillips et al., 2012).

O teste de Jackknife (Yost et al., 2008; Phillips et al., 2012) foi utilizado para avaliar a importância de cada variável do modelo. Este teste exclui uma variável de cada vez durante a execução do modelo, treinando com cada variável ambiental inicialmente omitida e então usando-a isoladamente. Ao se fazer isso, obtém-se informações sobre a importância de cada variável em termos de como cada uma contribui para explicar a distribuição da espécie e ainda a quantidade de informação única que cada variável fornece ao modelo.

A área sob a curva (AUC) ROC (*Receiver Operator Characteristic*) foi utilizada para testar a concordância entre a presença observada de espécies e sua distribuição projetada (Manel et al., 2001). O gráfico ROC relaciona a sensibilidade (proporção de presenças observadas previstas corretamente) com 1-especificidade (proporção de ausências observadas / pseudoausências incorretamente previstas). Para

desenvolver uma curva ROC, uma determinada porcentagem dos dados é selecionada para treinamento, a outra porção é utilizada para testar os resultados. Um bom modelo é definido por uma curva que maximiza a sensibilidade para valores baixos da fração falso-positiva. O significado dessa curva é quantificado pela área entre a curva e o eixo das abscissas (AUC) e tem valores que variam tipicamente de 0,5 (não melhor do que o esperado por acaso) e 1,0 (ajuste perfeito). Valores inferiores a 0,5 indicam que um modelo se encaixa pior do que aleatório (Fielding e Bell, 1997; Engler et al., 2004; Hernandez et al., 2006; Baldwin, 2009).

Resultados e Discussão

A modelagem com Maxent foi realizada a partir de 69 pontos de treinamento e 17 pontos de teste obtidos dos dados de presença, utilizando-se validação cruzada com cinco grupos e considerando-se todos os registros de ocorrência de *R. indica*. As AUCs médias foram de 0,9691 e 0,9469 para os dados de treino e de teste, respectivamente, o que sugere que o modelo resultante tem elevado poder preditivo.

As variáveis ambientais que mais influenciaram as previsões foram: “temperatura mínima do mês mais frio” (22,5%), “temperatura média do trimestre mais frio” (20,4%), “altitude” (17,7%) e “sazonalidade da temperatura” (5,1%). A influência das outras variáveis foi de 5% ou menos (Tabela 2). A variável ambiental com o maior ganho para o modelo (barras vermelhas na Figura 2), quando utilizada isoladamente, foi a “temperatura mínima do mês mais frio”. A variável ambiental que diminuiu o ganho máximo, quando omitida (barras azuis na Figura 2), foi “altitude”, o que, por conseguinte, indica representar a maior parte da informação que não está presente nas outras variáveis. Os valores apresentados na Figura 2 são as médias obtidas a partir das cinco repetições da execução do modelo (cinco grupos).

As condições favoráveis ao estabelecimento de *R. indica* em todo o mundo, resultante do ajuste dos pontos de ocorrência às variáveis

ambientais com o uso do Maxent parametrizado, conforme já descrito, estão apresentadas na Figura 3.

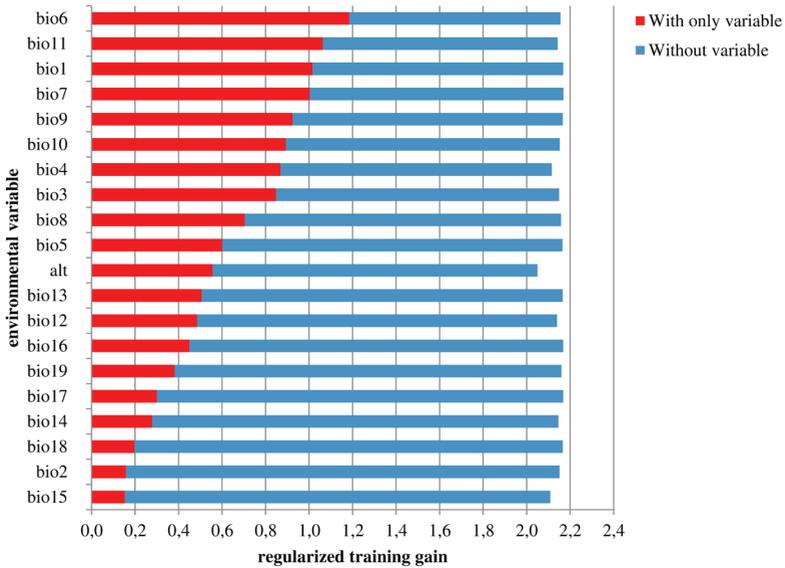


Figura 2. Teste Jackknife para as variáveis durante a fase de treinamento do modelo, considerando o uso de cada variável apenas (vermelho) e retirando a variável do modelo (azul).

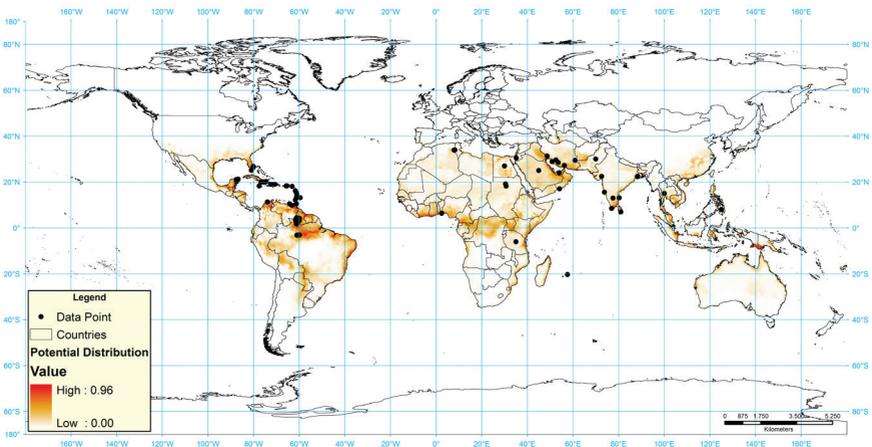


Figura 3. Distribuição potencial de *Raiella indica* em todo o mundo, conforme modelo Maxent ajustado.

A ocorrência prevista pelo modelo está de acordo com os dados reais de ocorrência, conforme se pode perceber pela sobreposição das áreas mais favoráveis aos dados de presença (pontos escuros) (Figura 3). No entanto, as previsões do modelo indicam que há mais *habitats* apropriados do que aqueles atualmente ocupados, sugerindo a possibilidade de que *R. indica* ainda esteja nos estágios iniciais de invasão. De acordo com a distribuição potencial na América do Sul, a área adequada para *R. indica* é mais ampla do que a área definida até agora, considerando-se os pontos de ocorrência. A área favorável a *R. indica*, conforme os resultados obtidos pelo modelo, estende-se do norte ao centro da América do Sul, com maior adequação ambiental identificada no norte da Colômbia, centro e norte da Venezuela, Guiana, Suriname, leste da Guiana Francesa e partes do Brasil. Outros países apresentaram regiões com aptidão moderada, como a costa do Equador, leste do Peru, centro da Bolívia e norte e centro do Paraguai (Figura 4).

No Brasil, as áreas que apresentaram maior potencial de estabelecimento de *R. indica* foram, principalmente, as zonas costeiras e a Bacia Amazônica. A projeção dos pontos de dados de ocorrência para o Brasil mostrou que a ocorrência prevista inclui a distribuição real no estado de Roraima e em Manaus, capital do estado do Amazonas, , sugerindo ainda que outras áreas na Amazônia brasileira, como o leste do estado do Amazonas, o norte do Pará, todo o Amapá e norte do Maranhão, podem também ser focos de ocorrência deste ácaro (Figura 4). Toda a costa brasileira, do Nordeste (a partir do Piauí, seguindo pelo Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco , Alagoas e Bahia) ao Sudeste (Espírito Santo e Rio de Janeiro), também apresentou uma alta probabilidade de ocorrência de *R. indica* (Figura 4). O Mato Grosso do Sul e o sudeste de São Paulo apresentaram condições moderadas, segundo o modelo, para o estabelecimento da praga (Figura 4).

O modelo de distribuição de *Raoiella indica*, apresentado neste trabalho, representa uma aproximação da distribuição geográfica potencial com base no nicho ecológico fundamental deste ácaro nas dimensões ambientais avaliadas (América do Sul). O nicho fundamental de uma espécie é constituído por um conjunto de todas as condições que permitem a sua sobrevivência em longo do tempo, ao passo que o nicho real da espécie é o subconjunto do nicho fundamental que está realmente ocupado (Hutchinson, 1957). O nicho real de uma espécie pode ser menor do que o seu nicho fundamental devido à influência



Figura 4. Distribuição potencial de *Raoiella indica* na América do Sul, conforme modelo Maxent ajustado.

humana, interações bióticas (por exemplo, competição ou predação intra e interespecíficas) ou barreiras geográficas que possam dificultar a dispersão e colonização. Estes fatores podem evitar que a espécie se estabeleça ou mesmo que encontre as condições para desenvolver todo o seu potencial ecológico (Pulliam, 2000; Anderson e Martínez-Meyer, 2004).

A seleção das áreas ótimas dentro do nicho fundamental pode também limitar a extensão do nicho real (Hutchinson, 1978). Uma espécie pode estar ausente de *habitats* adequados por causa de eventos de extinção local ou por apresentar capacidade limitada de dispersão, ou ainda pode ocorrer em um *habitat* desfavorável, onde a taxa de crescimento da população é inferior a 1 e, por isso, tende a se desaparecer sem que haja imigração constante a partir dos habitats de origem (Guisan e Thuiller, 2005). Nesse sentido, a modelagem com a utilização de SDMs é utilizada de forma indutiva para interpolar ou extrapolar os nichos fundamentais para fora dos locais onde a espécie está presente (nicho real), relacionando a presença de uma determinada espécie a preditores baseados em variáveis ambientais (Franklin, 1995).

A temperatura e a altitude apresentam-se como fatores ambientais limitantes à dispersão de *R. indica*. A temperatura mínima do mês mais frio, a temperatura média do trimestre mais frio e a altitude foram as variáveis ambientais que mais influenciaram o estabelecimento potencial de *R. indica* e, conseqüentemente, os nichos mais adequados para este ácaro na América do Sul coincidem com regiões quentes, com baixa variação de temperatura e baixa altitude. Estudos de dinâmica populacional de *R. indica* realizados na Índia em coco e em palmeira-areca apontaram relações positivas entre a densidade populacional desse ácaro e a temperatura (Nagesha-Chandra e Channabasavanna, 1983; Sarkar e Somchoudhury, 1989; Yadavbabu e Manjunatha, 2007; Taylor et al., 2011). Nestes estudos, as densidades de *R. indica* foram significativamente maiores em abril a junho, quando a temperatura máxima foi de aproximadamente 38°C, a mínima foi de 22°C e a média de 30°C. A umidade relativa do ar também afeta *R. indica* e, por isso, maiores densidades deste ácaro foram encontradas em condições mais secas e quentes (Chandra e Channabasavanna, 1983; Taylor et al., 2011). Em 2011, Taylor et al. observaram que o aumento da densidade durante esses meses parece estar relacionado à dispersão deste ácaro. *Raoiella indica* pode se dispersar através de correntes de vento, tempestades tropicais e pelo transporte de material

vegetal infestado (Welbourn, 2006; CABI, 2012). Nas ilhas do Caribe e na Flórida, esta praga parece ter se dispersado através do transporte de peças artesanais, como chapéus, cestos, tapetes, vasos e bolsas confeccionados com folhas de palmeiras infestadas (Mendonça et al., 2005).

Assumindo-se que o modelo de estabelecimento de *R. indica* apresentado neste trabalho (Figura 4) é uma aproximação para o potencial de invasão deste ácaro, boa parte da Amazônia brasileira e a região costeira do Brasil, especialmente o Nordeste, devem ser considerados especialmente sensíveis, uma vez que são locais relevantes para a produção de bananas, cocos e outras espécies de palmeiras economicamente importantes, como açai, buriti e pupunha.

O coco tem sido considerado o principal hospedeiro de *R. indica* (Carrillo et al., 2010; Peña et al., 2009) e elevadas infestações têm sido verificadas nesta planta, com densidades de até 4.000 ácaros por folíolo já relatadas (Duncan et al., 2010). *Raoiella indica* provoca o amarelecimento das folhas, seguido de necrose dos tecidos (Flechtmann e Etienne, 2004) e, em ataques severos, podem ocorrer reduções significativas na produção de frutos (Navia et al., 2011). O Brasil é o quarto maior produtor de coco do mundo e tem uma produção anual estimada de 2,7 milhões de toneladas em uma área de cultivo de 287 mil hectares. A produção brasileira compreende mais de 80% de todos os cocos cultivados na América do Sul (FAO, 2012). Pelo menos 70% da produção de coco no Brasil está localizada nas regiões Norte e Nordeste, especialmente em áreas costeiras (IBGE, 2012), que coincidem com as regiões mais propícias a infestações de *R. indica*. Nestas regiões, o coco é cultivado por pequenos agricultores de base familiar, que adotam poucas tecnologias de produção e, portanto, podem ser muito afetados pelas possíveis perdas na produção devido a uma infestação de *R. indica*.

Altas densidades populacionais de *R. indica* têm sido relatadas em plantações de banana, sendo que as plantas atacadas apresentam as margens das folhas amarelas (Cocco e Hoy, 2009; Kane et al., 2005). A banana, enquanto uma planta hospedeira, é de particular interesse social e econômico para a América do Sul, uma vez que este continente é responsável por aproximadamente 19% da produção de banana em todo o mundo. O Brasil e o Equador, respectivamente, são o quarto e quinto maiores produtores de banana do mundo (FAO, 2012). Os nichos adequados para *R. indica* no Brasil sobrepõe-se aos quatro

estados com a maior produção de banana no país: Bahia, São Paulo, Ceará e Pernambuco (IBGE, 2012).

O açaí pode ser a palmeira nativa mais afetada por uma eventual infestação de *R. indica* na Amazônia brasileira. Em 2012, o Brasil produziu 124.421 toneladas de açaí. Mais de 85% da produção está concentrada no Pará (IBGE, 2012), um estado com alto potencial de estabelecimento de *R. indica* (Figura 4). Embora não existam estudos sobre o potencial dano que este ácaro pode causar às plantas de açaí, esta é uma informação que deve ser investigada e as áreas de produção desta planta devem ser protegidas.

A recente introdução de *R. indica* em Manaus (Amazonas, Brasil) (Rodrigues e Antony, 2011) pode facilitar a disseminação desse ácaro para outras regiões, devido ao grande movimento de pessoas de e para esta cidade, especialmente através de transporte fluvial para o estado do Pará. Além disso, a existência de regiões contíguas favoráveis ao estabelecimento de *R. indica* pode facilitar e acelerar a sua dispersão natural no Brasil. Em particular, toda a Região Norte e a costa brasileira têm condições ambientais ideais para que *R. indica* se estabeleça e apresentam uma grande e diversificada população de hospedeiros em potencial para esta praga.

O extenso e adequado *habitat* favorável a *R. indica* e a alta probabilidade de dispersão com a ajuda das pessoas indicam que esta espécie invasora pode ter um grande impacto econômico potencial em áreas de produção na América do Sul. Por isso, são necessárias medidas abrangentes que evitem sua rápida propagação no continente. Além disso, pesquisas adicionais são necessárias para entender a dinâmica populacional de *R. indica* na América do Sul e identificar a gama real de hospedeiros deste ácaro dado o potencial de espécies nativas e exóticas presentes no continente.

Conclusão

O modelo de distribuição de *Raoiella indica* apresentado neste trabalho, representa uma aproximação da distribuição geográfica potencial com base no nicho ecológico fundamental desta praga para a América do Sul.

A temperatura mínima do mês mais frio, a temperatura média do trimestre mais frio e a altitude foram as variáveis ambientais que mais influenciaram o estabelecimento potencial de *R. Indica*, de acordo com o modelo ajustado, com o uso do Maxent.

A área favorável ao estabelecimento de *R. indica* estende-se do norte ao centro da América do Sul, com a maior adequação climática no norte da Colômbia, centro e norte da Venezuela, Guiana, Suriname, leste da Guiana Francesa e partes do Brasil. Outros países apresentaram regiões com aptidão moderada, como a costa do Equador, leste do Peru, centro da Bolívia e norte e centro do Paraguai.

A Amazônia brasileira, especialmente o estado de Roraima, Manaus (Amazonas) e suas proximidades, o leste do estado do Amazonas, o norte do Pará, todo o Amapá e norte do Maranhão, pode também ser foco de ocorrência de *R. indica*. Além dessa região, toda a costa brasileira, do Nordeste (Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Bahia) ao Sudeste (Espírito Santo e Rio de Janeiro) também apresentou uma alta probabilidade de ocorrência de *R. indica*. O estado do Mato Grosso do Sul e o sudeste de São Paulo apresentaram condições moderadas ao estabelecimento deste ácaro.

Agradecimentos

Este trabalho teve o suporte da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa - e do Conselho Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. Agradecemos a Secretaria de Estado da Produção Rural do Amazonas pelos dados de ocorrência do ácaro-vermelho-das-palmeiras em Manaus (Amazonas) e a Agência de Defesa Agropecuária de Roraima pelo apoio às pesquisas de campo desenvolvidas no estado .

Referências

- Anderson RP, Lew D, Peterson AT (2003) Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecol Model* 162: 211–232
- Anderson RP, Martinez-Meyer E (2004) Modeling species' geographic distributions for preliminary conservation assessments: an implementation with the spiny pocket mice (*Heteromys*) of Ecuador. *Biol Conserv* 116: 167-179
- Anderson RP, Peterson AT, Gómez-Laverde M (2002) Using niche-based GIS modeling to test geographic predictions of competitive exclusion and competitive release in South American pocket mice. *Oikos* 93:3-16
- Arbabi M, Khiaban NGZ, Askari M (2002) Plant mite fauna of Sistan-Baluchestan and Hormozgan Provinces. *J Entomol Soc Iran* 22: 87-88.
- Barry S, Elith J (2006) Error and uncertainty in habitat models. *J Appl Ecol* 43: 413-423
- Benito BM, Martinez-Ortega MM, Munoz LM, Lorite J, Penas J (2009) Assessing extinction-risk of endangered plants using species distribution models: a case study of habitat depletion caused by the spread of greenhouses. *Biodiv Conserv*. doi: 10.1007/s10531-009- 9604-8.
- Berg A, Gärdenfors U, von Proschwitz T (2004) Logistic regression models for predicting occurrence of terrestrial mollusks in southern Sweden: importance of environmental data quality and model complexity. *Ecography* 27: 83-93
- Busby JR (1991) BIOCLIM - A Bioclimatic Analysis and Prediction System. In: Margules CR, Austin MP (eds.) *Nature Conservation: Cost Effective Biological Surveys and Data Analysis*. CSIRO, Canberra, pp 64-68
- CABI (2012) *Raoiella indica* (red palm mite). *Invasive Pest Compendium*. <http://www.cabi.org/isc/?compid=5&dsid=46792&loadmodule=datasheet&page=481&site=144>. Accessed 30 July 2012
- CAPS/FFD (2008) Red Palm Mite, *Raoiella indica* Hirst, Survey in Southern Florida Map. <http://www.fws.gov/floridapanther/exotics/documents/2008/RPMBaseMap.pdf>. Accessed 30 July 2012
- Carrillo D, Coss ME de, Hoy MA, Peña JE (2011a) Variability in response of four populations of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) and *Tetranychus gloveri* (Acari: Tetranychidae) eggs and larvae. *Biol Control*. doi:10.1016/j.biocontrol.2011.09.002
- Carrillo D, Frank JH, Rodrigues JCV, Peña JEP (2012) A review of the natural enemies of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Exp Appl Acarol*. doi: 10.1007/s10493-011-9499-4

Carrillo D, Navia D, Ferragut F, Pena JE (2011b) First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Colombia. *Fla Entomol* 94:370

Carrillo D, Peña JE (2011) Prey-stage preferences and functional and numerical responses of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Exp Appl Acarol*. doi: 10.1007/s10493-011-9488-7

Carrillo D, Peña JEP, Hoy MA, Frank JH (2010) Development and reproduction of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) feeding on pollen, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), and other microarthropods inhabiting coconuts in Florida, USA. *Exp Appl Acarol* 52: 119-129

Cocco A, Hoy MA (2009) Feeding, reproduction, and development of the red palm mite (Acari: Tenuipalpidae) on selected palms and banana cultivars in quarantine. *Fla Entomol* 92: 276–29

Corsi F, Dupré E, Boitani L (1999) A large-scale model of wolf distribution in Italy for conservation planning. *Conserv Biol* 13: 150–159

Duncan RE, Carrillo D, Peña JE (2010) Population dynamics of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), in Florida, USA. In: de Moraes GJ, Castilho RC, Flechtmann CHW (eds) Abstract book: XIII international congress of acarology, 23–27 August 2010. Recife-PE, Brasil, p 74.

Elith J, Graham CH, Anderson RP, Dudik M, Ferrier S, Guisan A, Hijmans RJ, Huettmann, F, Leathwick, JR, Lehmann A, Li J, Lohmann LG, Loiselle BA, Manion G, Moritz C, Nakamura M, Nakazawa Y, Overton JM, Peterson AT, Phillips SJ, Richardson K, Scachetti-Pereira R, Schapire RE, Soberon J, Williams S, Wisz MS, Zimmermann NE (2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151

EPPO (2012) PQR- EPPO database on quarantine pests. <http://www.eppo.int>. Accessed 30 July 2012

Estrada-Venegas E, Martinez-Morales H, Villa-Castillo J (2010) *Raoiella indica* Hirst (Acari:Tenuipalpidae): First record and threat in Mexico. In: de Moraes GJ, Castilho RC, Flechtmann CHW (eds) Abstract book: XIII international congress of acarology, 23–27 August 2010. Recife-PE, Brasil, p 77

Etienne J, Fletchmann, CHW (2006) First record of *Raoiella indica* (Hirst, 1924) (Acari:Tenuipalpidae) in Guadeloupe and Saint Martin, West Indies. *Int J Acarol* 32: 331-332

FAO (2011) World Production. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Accessed 30 July 2012

Fielding AH, Bell JF (1997) A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environ Conserv* 24: 38–49

Flechtmann CHW, Etienne J (2004) The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). *Syst Appl Acarol* 9: 109-1104

- Franklin J (1995) Predictive vegetation mapping: geographical modeling of biospatial patterns in relation to environmental gradients. *Prog Phys Geogr* 19: 474–499
- Gerson U, Venezian A, Blumberg D (1983) Phytophagous mites on date palms in Israel. *Fruits* 38: 133-135
- Graham CH, Ferrier S, Huettman F, Moritz C, Peterson AT (2004) New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. *Trends Ecol Evol* 19 (9):497–503
- Graham CH, Hijmans RJ (2006) A comparison of methods for mapping species ranges and species richness. *Glob Ecol Biogeog* 15: 578
- Guisan A, Edwards Jr TC, Hastie T (2002) Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecol Model* 157: 89–100
- Guisan A, Thuiller W (2005) Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecol Lett* 8: 993-1009
- Guisan A, Zimmermann NE (2000) Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecol Model* 135:147–86
- Hanley JA, McNeil BJ (1982) The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology* 143: 29–36
- Hastie T, Tibshirani R, Friedman JH (2009) *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction, second edition, 2nd edn.* Springer-Verlag, New York.
- Hernandez PA, Graham CH, Master LL, Albert DL(2006) The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29: 773–785
- Hijmans RJ, Cameron, SE, Parra, JL, Jones, PG, Jarvis A (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int J Climatol* 25:1965-1978
- Hirst S (1924) On some new species of red spider. *Ann Mag Nat Hist* 14: 522-527
- Hirzel A, Guisan A (2002) Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modelling. *Ecol Model* 157: 331-341
- Hoy MA (2012) Overview of a classical biological control project directed against the red palm mite in Florida. *Exp Appl Acarol* DOI 10.1007/s10493-012-9537-x
- Hutchinson GE (1957) Concluding remarks. *Cold Spring Harb Symp Quant Biol* 22: 415-427
- Hutchinson GE (1978) *An introduction to population ecology.* Yale University Press, New Haven, CT
- IBGE (2012) *Produção Agrícola Municipal.* <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Accessed 30 July 2012

IPPC (2010) First report of the presence of red palm mite. IPPC Official Pest Report, No. BRB-02/2. Rome, Italy: FAO. <https://www.ippc.int/>

Kane EC, Ochoa R, Erbe EF (2005) *Raoiella indica* Hirst (Acari: enuipalpidae): An island-hopping mite pest in the Caribbean. Abstract. ESA Meeting, Fort Lauderdale, December - 2005

Kapur AP (1961) A new species of *Stethorus* Weise *S. keralicus* (Coleoptera-Coccinellidae), feeding on arecanut palm mites *Raoiella indica* Hirst. in Kerala, southern India. *Entomophaga* 6:35–38

Kohavi R (1995) A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. Proceedings of the Fourteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence San Mateo, CA, pp. 1137-1143

Moisen GG, Frescino TS (2002) Comparing five modeling techniques for predicting forest characteristics. *Ecol Model* 157:209–25

Moutia LA (1958) Contribution to the study of some phytophagous acarina and their predators in Mauritius. *Bull Entomol Res* 49: 59-75

Murienne J, Guilbert E, Grandcolas P (2009) Species' diversity in the New Caledonian endemic genera *Cephalidiosus* and *Nobarnus* (Insecta: Heteroptera: Tingidae), an approach using phylogeny and species' distribution modelling. *Bot J Linn Soc* 97:177-184

Nagesha-Chandra BK, Channabasavanna GP (1983) Studies on seasonal fluctuation of the population of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) on coconut with reference to weather parameters. *Indian J Acar* 8:104–111

NAPPO (2009) Phytosanitary Alert System: Detection of the red palm mite (*Raoiella indica*) in Cancun and Isla Mujeres, Quintana Roo, Mexico. North American Plant Protection Organization. <http://www.pestalert.org/oprDetail.cfm?oprID=406>. Accessed: 30 July 2012

Navia D, Marsaro AL Jr, da Silva FR, Gondim MGC Jr, de Moraes GJ (2011) First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brasil. *Neotrop Entomol* 40: 409–411

Navia D, Morais EGF, Mendonça RS, Gondim Jr MGC (2012) *Ácaro-vermelho-das-palmeiras, Raoiella indica* Hirst (Prostigmata: Tenuipalpidae). In: Zucchi RA, Vilela E(ed) *Pragas Introduzidas: Insetos e Ácaros*, 2nd edn, FEALQ, São Paulo

Nix HA (1986) A biogeographic analysis of Australian Elapid snakes. In: Longmore R (ed.), *Australian Flora and Fauna Series* 8: 4-15.

Ortega-Huerta MA, Peterson AT (2008). Modeling ecological niches and predicting geographic distributions: a test of six presence-only methods. *Rev Mex Biodivers* 79: 205-216

Papes M, Gaubert P (2007) Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. *Divers Distrib* 13: 890-902

Pearson RG, Raxworthy CJ, Nakamura M, Peterson AT (2007) Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *J Biogeogr* 34: 102-117

Peña JE, Rodrigues JCV, Roda A, Carrillo D, Osborne LS (2009) Predator-prey dynamics and strategies for control of the red palm mite (*Raoiella indica*) (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion in the Neotropics. Proceedings of the 2nd meeting of IOBC/WPRS, work group integrated control of plant feeding mites. Florence, Italy, 9–12 March 2009, pp 69–79

Peterson AT, Shaw J (2003) Lutzomyia vectors for cutaneous leishmaniasis in southern Brasil: ecological niche models, predicted geographic distribution, and climate change effects. *Int J Parasitol* 33: 919–931

Peterson, AT, Soberon J, Sanchez-Cordero V (1999) Conservatism of Ecological Niches in Evolutionary Time. *Science* 285: 1265-1267

Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol Model* 190:231-259

Phillips SJ, Dudik M (2008) Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175

Phillips SJ, Dudik M, Schapire RE (2012) A Brief Tutorial on Maxent. AT&T Labs-Research, Princeton University, and the Center for Biodiversity and Conservation, American Museum of Natural History. <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>. Accessed on 30 July 2012

Ponder WF, Carter GA, Flemons P, Chapman RR (2001) Evaluation of museum collection data for use in biodiversity assessment. *Conserv Biol* 15: 648–657

Pritchard AE, Baker EW (1958) The false spider mite (Acarina: Tenuipalpidae). *Univ Calif Publ Entomol* 14: 175-274

Pulliam HR (2000) On the relationship between niche and distribution. *Ecol Lett* 3: 349–361

Rodrigues JCV, Antony LMK (2011) First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Amazonas State, Brasil. *Fla Entomol* 94:1073–1074

Rodrigues JCV, Irish BM (2011) Effect of coconut palm proximities and *Musa* spp. germplasm resistance to colonization by *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Exp Appl Acarol*. doi: 10.1007/s10493-011-9484-y

Rodrigues JCV, Ochoa R, Kane EC (2007) First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) and its damage to coconut palms in Puerto Rico and Culebra Island. *Int J Acarol* 33(1): 3-5

Rodrigues JCV, Peña JE (2012) Chemical control of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in banana and coconut. *Exp Appl Acarol*. doi: 10.1007/s10493-011-9493-x

Santana PE de T, González AS, González AI (2010) Presencia del ácaro *Raoiella indica*

Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en Cuba. Rev Prot Veg 25: 1-4

Sarkar PK, Somchoudhury AK (1989) Influence of major abiotic factors on the seasonal incidence of *Raoiella indica* and *Tetranychus fijiensis* on coconut. In: Channabasavanna GP, Viraktamath CA (eds) Progress in Acarology, vol 2. Oxford and IBH Co. Pvt. Ltd., New Delhi, pp 60–65

Sayed MT (1942) Contribution to the knowledge of the Acarina of Egypt: I. The Genus *Raoiella* Hirst (Pseudotetranychidae-Tetranychidae). Bull Soc Fouad I Ent 26:81–84

Scott JM, Heglund PJ, Morrison ML, Haufler JB, Raphael MG, Wall WA, Samson FB (Eds.) (2002) Predicting Species Occurrences: Issues of Accuracy and Scale. Island Press, Washington, DC

Sérgio C, Figueira R, Draper D, Menezes R, Sousa AJ (2007) Modelling bryophyte distribution based on ecological information for extent of occurrence assessment. Biol Conserv 135(3): 341-351

Soberón J (1999) Linking biodiversity information sources. Trends Ecol Evol 14(7): 291

Stockwell D, Peters D (1999) The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. Int J Geogr Inf Sci 13:143–58

Swets JA (1988) Measuring the accuracy of diagnostic systems. Science 240: 1285-1293

Taylor B, Rahman PM, Murphy ST, Sudheendrakumar VV (2011) Within-season dynamics of red palm mite (*Raoiella indica*) and phytoseiid predators on two host palm species in south-west India. Exp Appl Acarol. doi:10.1007/s10493-011-9482-0

Vásquez C, Quirós MG, Aponte O, Sandoval DMF (2008) First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in South America. Neotrop Entomol 37: 739-740

Welbourn C (2006) Pest alert: Red palm mite *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). Florida Department of Agriculture and Consumer Services. <http://www.freshfromflorida.com/pi/pest-alerts/raoiella-indica.html>. Accessed 30 July 2012

Welk E, Schubert K, Hoffmann MH (2002) Present and potential distribution of invasive mustard (*Alliaria petiolata*) in North America. Divers Distrib 8: 219–233

Wisz MS, Hijmans RJ, Li J, Peterson AT, Graham CH, Guisan A, NCEAS Predicting Species Distributions Working Group (2008) Effects of sample size on the performance of species distribution models. Divers Distrib 14: 763-773

Yadavbabu RK, Manjunatha M (2007) Seasonal incidence of mite population in arecanut. Karnataka J Ag Sci 20:401–402

Yom-Tov Y, Kadmon R (1998) Analysis of the distribution of insectivorous bats in Israel. Divers Distrib 4: 63–70.

Yost AC, Petersen, SL, Gregg M, Miller R (2008) Predictive modeling and mapping sage grouse (*Centrocercus urophasianus*) nesting habitat using Maximum Entropy and a long-term dataset from Southern Oregon. Ecol Informa 3: 375–386

Zannou I, Negloh K, Hanna R, Houadapode S, Sabelis M (2010) Mite diversity in coconut habitat in West and East Africa. In: de Moraes GJ, Castilho RC, Flechtmann CHW (eds) Abstract book: XIII international congress of acarology, 23–27 August 2010. Recife-PE, Brasil, p 295.

Embrapa

Roraima

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA