



# MILHOS DAS TERRAS BAIXAS DA AMÉRICA DO SUL E CONSERVAÇÃO DA AGROBIODIVERSIDADE NO BRASIL E NO URUGUAI

Natália Carolina de Almeida Silva  
Flaviane Malaquias Costa  
Rafael Vidal  
Elizabeth Ann Veasey  
(Organizadores)



# MILHOS DAS TERRAS BAIXAS DA AMÉRICA DO SUL E CONSERVAÇÃO DA AGROBIODIVERSIDADE NO BRASIL E NO URUGUAI

Natália Carolina de Almeida Silva  
Flaviane Malaquias Costa  
Rafael Vidal  
Elizabeth Ann Veasey  
(Organizadores)

### **Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

### **Bibliotecária**

Janaina Ramos

### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

### **Imagens da Capa**

Shutterstock

### **Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

### **Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

## **Ciências Biológicas e da Saúde**

- Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

## **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

- Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

# Milhos das terras baixas da América do Sul e conservação da agrobiodiversidade no Brasil e no Uruguai

**Editora Chefe:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Vanessa Mottin de Oliveira Batista  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** Natália Carolina de Almeida Silva  
Flaviane Malaquias Costas  
Rafael Vidal  
Elizabeth Ann Veasey

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M644 Milhos das terras baixas da América do Sul e conservação da agrobiodiversidade no Brasil e no Uruguai / Organizadores Natália Carolina de Almeida Silva, Flaviane Malaquias Costa, Rafael Vidal. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Outra organizadora  
Elizabeth Ann Veasey

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-5706-573-0  
DOI 10.22533/at.ed.730201011

1. Agricultura familiar. 2. América do Sul. 3. Brasil. 4. Uruguai. 5. Agroecologia. 6. Agrobiodiversidade. 7. Milhos. I. Silva, Natália Carolina de Almeida (Organizadora). II. Costa, Flaviane Malaquias (Organizadora). III. Vidal, Rafael (Organizador). IV. Título.

CDD 338.098

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

# RAÇAS DE MILHO DAS TERRAS BAIXAS DA AMÉRICA DO SUL: AMPLIANDO O CONHECIMENTO SOBRE A DIVERSIDADE DE VARIETADES CRIOLAS DO BRASIL E DO URUGUAI

## PROFESSORES COORDENADORES DO PROJETO

Elizabeth Ann Veasey – Esalq/USP (Brasil)

Rafael Vidal – Fagro/Udelar (Uruguai)

## PESQUISADORES RESPONSÁVEIS

Natália Carolina de Almeida Silva

Flaviane Malaquias Costa

Rafael Vidal

Elizabeth Ann Veasey

## PESQUISADORES, ARTICULADORES LOCAIS E COLABORADORES

Adrián Cabrera

Albino Batista Gomes

Amauri Siviero

Ana Luíza Melgaço

Belen Morales

Betina Porta

Charles Roland Clement

Emanoel Dias

Fábio Freita

Fabício Fuzzer de Andrade

Gabriel Fernandes Bianconi

Gastón Olano

Giovane Vielmo

Gilson de Carvalho

Guillermo Galván

Iana Samarillo

Irene Maria Cardoso

Jarcira de Oliveira Silva

Julia Medina Nascimento

Josy de Oliveira Pinheiro

Leticia Marion Fagundes da Silva

Lia Rejane Silveira Reiniger

Lilian Alessandra Rodrigues

Lis Pereira Soares

Magdalena Vaio

Maiara Cristina Hoppe

Marcelo Fossati

Marcos Cella

Mariana Vilaró

Mariano Beltrán

Marilín Banchero

Marlove Muniz

Marta Hoffmann

Mateo Favaro

Mercedes Rivas

Milla Dantas de Oliveira

Moacir Haverroth

Nicolas Davila

Paola Bianchini Cortez

Pauline Hélène Cécile Marie Cuenin

Rubana Palhares

Ruben Cruz

Sara Pereira

Sarah Lucas Rodrigues

Silvana Machado

Simone Maulaz Elteto

Soledad Piazze

Tacuabé Gozaléz

Valentina Rodriguez

Valquíria Garrote

Victoria García da Rosa

Viviane Camejo

Zefa Valdivinia Pereira

Yolanda Maulaz Elteto

Este livro é dedicado a todas as pessoas, instituições e organizações comprometidas com a conservação da agrobiodiversidade, que lutam diariamente para dar visibilidade, voz e melhores condições de vida para mulheres e homens que exercem o valioso trabalho de guardiões da biodiversidade.

Um viva a todos os agricultores familiares, tradicionais, assentados de reforma agrária, indígenas, quilombolas e ribeirinhos das Terras Baixas da América do Sul!

## AGRADECIMENTOS

Em busca de encontrar respostas para as nossas perguntas, nos dispersamos, assim como o milho, pelos campos e florestas deste continente. Conhecemos diferentes povos, desbravamos saberes e provamos peculiares sabores. Nos Pampas e na Mata Atlântica, vislumbramos a força dos guardiões da agrobiodiversidade. No Cerrado, as sementes, com toda beleza, mostraram sua força e resistência. Na Amazônia, encontramos um milho raro e nos surpreendemos com a criatividade dos nativos para desfrutar os seus múltiplos usos. Na Caatinga, em busca de sementes de milho, descobrimos que também existem sementes humanas e vimos que é no Semiárido que a vida pulsa. Ao finalizarmos este trabalho, podemos dizer que as respostas que encontramos se multiplicaram em novas perguntas. E desta forma a Ciência caminha, trazendo luz ao desconhecido e inspirando novas questões. As perguntas sempre alimentaram a Ciência, assim como as sementes alimentaram a Humanidade. A realização desta pesquisa só foi possível devido a união de múltiplos esforços. Deste modo, expressamos os nossos sinceros agradecimentos a todos os envolvidos.

Manifestamos o nosso respeito e gratidão aos agricultores familiares e indígenas que participaram da pesquisa, por toda a colaboração ao projeto e pelo importante papel que exercem para a conservação da agrobiodiversidade.

Agradecemos ao Laboratório de Genética Ecológica de Plantas, do Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (Esalq-USP, Brasil) e ao Laboratório de Fitotecnia, da Facultad de Agronomía da Universidad de la República (Fagro-UdelaR, Uruguai), pelo apoio institucional, infraestrutura, materiais e funcionários, que deram suporte ao desenvolvimento da pesquisa.

À Rede de Pesquisa Colaborativa do Grupo Interdisciplinar de Estudos em Agrobiodiversidade (InterABio), pela mobilização dos agricultores e por todo o auxílio para que a pesquisa fosse realizada nas distintas regiões envolvidas no projeto.

À Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER), Associação dos Guardiões das Sementes Crioulas de Ibarama-RS, Guardiões Mirins, Prefeitura Municipal de Ibarama/RS e Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), pelo apoio à pesquisa no estado do Rio Grande do Sul.

À Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Universidade Estadual de Maringá (UEM) e Banco Comunitário Lucinda Moreti, pelo apoio à pesquisa no Mato Grosso do Sul.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), Paróquia de Divino, Centro de Tecnologias Alternativas (CTA) e Sindicato dos Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais na Agricultura Familiar, pelo apoio à pesquisa em Minas Gerais.

À Rede de Intercâmbios de Tecnologias Alternativas, ASPTA – Agricultura Familiar e Agroecologia, Rede Sementes da Paixão, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Semi-Árido, pelo apoio à pesquisa na Paraíba.

Ao Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) e Reserva Agroextrativista Rio Ouro Preto (RESEX), pelo apoio à pesquisa em Rondônia.

À Comissão Pró-Índio (CPI-Acre), Associação do Movimento dos agentes Agroflorestais Indígenas do Acre (AMAAIAC) e EMBRAPA Acre, pelo apoio à pesquisa no Acre.

À Universidad de la Republica do Uruguai (UdelaR), campus Centro Regional del Este (CURE) e Red de Semillas Nativas y Criollas, pelo apoio à pesquisa no departamento de Rocha e Treinta y Tres.

Ao Centro Universitário de Tacuarembó (UdelaR/CUT), Centro Universitário de Rivera (UdelaR/CUR) e Bio-Uruguay, pelo apoio à pesquisa em Tacuarembó e Rivera.

À Sociedad de Fomento de Tala (SFT Tala), pelo apoio à pesquisa em Tala, no departamento de Canelones.

À pesquisadora Iris Satie Hayashi Shimano, da Esalq-USP, pela contribuição nas análises estatísticas, e ao pesquisador Juan Burgueño, do Centro Internacional de Melhoramento de Milho e trigo (CIMMYT), pela discussão sobre as análises estatísticas utilizadas na pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP-Brasil), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq-Brasil) e à *Comisión Sectorial de Investigación Científica* (CSIC-Uruguai), pelo apoio financeiro à pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

*Sou apenas a fartura generosa  
e despreocupada dos paióis. [...]*  
*Sou o milho.*

*Cora Coralina*

*Como o milho duro, que vira  
pipoca macia, só mudamos para  
melhor quando passamos pelo  
fogo: as provações da vida.*

*Rubem Alves*

*Por fim treze deuses sagrados  
encontram a solução, do milho  
então são criados, os seres  
humanos de então.*

*Ana Abel*

Este livro é um convite para você percorrer os caminhos trilhados pelo milho nas Terras Baixas da América do Sul em épocas remotas e na atualidade. Nessa viagem, vamos interagir com povos indígenas, vamos conversar com agricultores, conhecer pesquisas genéticas e linguísticas e saber como esse cultivo está tão intimamente ligado à história humana no continente americano. Sabe-se que, em suas muitas variedades, o milho foi o alimento básico não apenas dos povos andinos, desde tempos imemoriais, mas também dos povos da Amazônia, da Caatinga, do Cerrado, da Mata Atlântica, do Pantanal e dos Pampas brasileiros e uruguaios.

Transformado em poesia por Cora Coralina, em filosofia por Rubem Alves, que compara o amadurecimento humano à transfiguração do milho de pipoca em “flor branca e macia”, considerada alimento sagrado pelo Candomblé, o milho nos alimenta e alimenta também nossos animais, vira boneca de brinquedo para as crianças, carrega os paióis de fartura, propicia festejos agradecidos, em especial no mês de junho, tempo da colheita. O milho é pura benção!

Na América Central e também nas terras altas da América do Sul, o milho tem muitos registros relacionados a sua história, seus mitos e ritos. Dos muitos que tive a oportunidade de conhecer, destaco o mito da criação dos humanos a partir do milho, encontrado na tradição do povo Maia, cujos deuses teriam antes tentado humanizar o barro e a madeira, sem sucesso, como no poema de Ana Abel.

O grande diferencial da viagem que faremos ao ler este livro será conhecer a história do milho e como ele se dispersou, partindo da Amazônia até chegar ao Uruguai. As populações pré-colombianas que viviam nessa região das Américas

eram muito pródigas em construir caminhos e o milho, acompanhando os humanos, chegou e pode ser amplamente encontrado nos principais biomas da América do Sul.

A agrobiodiversidade é também representada neste livro, que renova conceitos cientificamente consolidados sobre raças de milho, apresenta a conservação em sistemas agrícolas tradicionais, inclui as sementes crioulas e a diversidade de nosso principal cultivo nativo, a mandioca. Ao promover o diálogo desses conceitos com o conhecimento dos povos indígenas e dos agricultores que manejam essa diversidade a cada safra, estudos etnobotânicos realizados em todos os biomas enriquecem muito o conhecimento aqui apresentado.

O livro finaliza com experiências inspiradoras para o manejo da agrobiodiversidade. Vamos conhecer a criatividade e a paixão envolvida nos trabalhos que ampliam e conservam a diversidade genética, que estão sendo realizados atualmente por indígenas, povos e comunidades tradicionais e agricultores.

Aqui você vai aprender, se inspirar e viajar... pegue a pipoca (que nesse neste livro você também vai conhecer melhor) e siga conosco nesses caminhos que se renovam...

Dra. Patrícia Bustamante –Embrapa Alimentos e Territórios

## PREFÁCIO

A agrobiodiversidade pode ser definida como a parte da biodiversidade destinada a alimentação e agricultura e está organizada em quatro níveis de diversidade: a diversidade dentro da espécie ou intraespecífica, como as variedades crioulas, a diversidade entre as espécies, a diversidade de agroecossistemas e a diversidade cultural, a qual inclui a variabilidade de sistemas de pensamento, línguas, conhecimentos, práticas, tradições, costumes, crenças religiosas, tipos de alimentos, usos de bens naturais, técnicas e tecnologias que cria a humanidade. Em outras palavras a agrobiodiversidade é o resultado do processo co-evolutivo da domesticação de plantas, animais e paisagens realizado por distintos povos, em distintos momentos e lugares.

Nesse contexto, a obra intitulada ***Milhos das Terras Baixas da América do Sul e Conservação da Agrobiodiversidade no Brasil e Uruguai*** foi elaborado com o intuito de divulgar os resultados do Projeto *Raças de Milho das Terras Baixas da América do Sul: ampliando o conhecimento sobre a diversidade de variedades crioulas do Brasil e do Uruguai*, desenvolvido ao longo de quase quatro anos de trabalho. O Projeto foi fruto do esforço coletivo entre organizações, entidades, agricultores familiares, Universidades e, a Rede de Pesquisa Colaborativa do Grupo Interdisciplinar de Estudos em Agrobiodiversidade (InterABio), para investigar a diversidade de milho conservada *in situ-on farm* nos distintos biomas e regiões do Brasil e do Uruguai, bem como as estratégias de conservação, uso e manejo da agrobiodiversidade.

O Livro contempla 17 capítulos distribuídos entres três partes: a Parte I, denominada *Milho: a planta emblemática do Continente Americano*; a Parte II, intitulada *Distribuição e diversidade de milho do Brasil e do Uruguai*; e a Parte III, dedicada as *Experiências de conservação, manejo e uso da agrobiodiversidade*.

Na Parte I foram abordados os aspectos históricos da evolução e da domesticação do milho, sua dispersão por meio das migrações humanas e a diversificação da espécie em distintas raças e variedades crioulas, evidenciando como a espécie se tornou o cereal emblemático dos povos do continente americano. A partir de uma revisão de estudos científicos e reunindo informações de distintas áreas do conhecimento, como da antropologia, da arqueologia, da linguística e da genética, o Capítulo 1 trata de responder às seguintes perguntas: onde, como e quando o milho foi domesticado e as possíveis rotas de dispersão para as Terras Baixas da América do Sul.

A domesticação do milho se deu a partir de um processo co-evolutivo entre a espécie cultivada, os sistemas agrícolas e a seleção humana, possibilitando sua diversificação em distintas raças, ampliando sua variabilidade genética, o

que resultou na conformação de centros secundários de diversidade ao longo do continente americano. Nesse contexto, o Capítulo 2 apresenta um breve histórico da classificação das raças de milho das Américas, a evolução do conceito de raças e a diversidade da espécie catalogada no Brasil e Uruguai até o século XX. A memória dos estudos está compilada em uma série de documentos sobre as raças de milho, elaborados para cada país, que juntos somam mais de 300 raças descritas para as Américas, constituindo a base do conhecimento sobre a diversidade do milho desde o seu centro de origem até as porções mais ao sul do continente. Por último, o Capítulo 3 apresenta como tema central uma visão da diversidade genética das coleções *ex situ* de milho do Cone Sul.

A Parte II apresenta o *Projeto Raças de Milho das Terras Baixas da América do Sul: ampliando o conhecimento sobre a diversidade de variedades crioulas do Brasil e do Uruguai*, onde foi realizado, como foi desenvolvido e seus principais resultados. O Capítulo 4 descreve detalhadamente a metodologia desenvolvida no âmbito do Projeto para responder às questões colocadas, contemplando as etapas de execução, materiais, métodos, ferramentas, bem como os principais resultados relacionados ao levantamento etnobotânico, à coleta de variedades crioulas e à caracterização fenotípica de espigas e grãos. O Capítulo 5 descreve a metodologia para a classificação das raças de milho, bem como as raças atualmente identificadas e conservadas por agricultores e agricultoras do Brasil e do Uruguai. Por último, o Capítulo 6 apresenta a metodologia para a identificação de micro-centros de diversidade, os critérios que foram utilizados para indicar e reconhecer as regiões como zonas prioritárias de conservação da diversidade genética do milho.

A Parte III é dedicada às experiências da Rede de Pesquisa Colaborativa que atuou na execução do Projeto relacionadas à conservação, ao manejo e ao uso da agrobiodiversidade no Brasil e Uruguai, que incluem o milho, mas vão muito além da conservação dessa espécie. Os capítulos publicados revelam as estratégias de cada região, de organizações locais e dos agricultores na superação dos desafios em torno da conservação dos recursos genéticos, na promoção do fortalecimento e empoderamento dos agricultores na gestão da agrobiodiversidade. Os temas abordados revelam a diversidade e a natureza das experiências, os pontos de convergência e suas particularidades, sendo organizadas em dez capítulos.

No contexto do bioma Pampa, os três primeiros capítulos são dedicados às experiências em território uruguaio, sendo que o primeiro (Capítulo 7) apresenta a experiência da Red de Semilla Criolla y Nativa, seu processo organizativo, atividades junto aos agricultores e sua incidência na formulação de políticas públicas como o Plano Nacional de Agroecologia do Uruguai. O segundo (Capítulo 8) traz a experiência do resgate de milho pipoca no âmbito do *Programa Huertas em Centro Educativos*, a partir de ações pedagógicas integradas que envolvem crianças de

escolas públicas que vão desde o plantio, seleção, avaliação e conservação até a incorporação das sementes na merenda escolar. Finalmente, o Capítulo 9 apresenta uma caracterização de variedades crioulas de milho pipoca e sua avaliação gastronômica com diferentes públicos em encontros científicos e de agroecologia como estratégia de revalorização das variedades crioulas.

No ecótono Pampa-Mata Atlântica, o Capítulo 10 apresenta a experiência da Associação dos Guardiões das Sementes Crioulas de Ibarama, Rio Grande do Sul, mostrando as fragilidades e as potencialidades que guardiões possuem enquanto grupo organizado, seja em seus processos de gestão, nas parcerias com outras instituições ou na valorização do trabalho das mulheres guardiãs. No bioma Mata Atlântica, o Capítulo 11 explora como a estratégia denominada *Intercâmbios Agroecológicos* e as trocas de sementes promovem a conservação de variedades crioulas, permitindo além do diálogo entre os agricultores, a livre circulação de germoplasma local, bem como a troca e a construção de conhecimentos sobre as sementes, seus manejos e usos na região da Zona da Mata de Minas Gerais.

Partindo para o Cerrado, considerado o bioma de contato com praticamente todos os outros biomas (com exceção do Pampa), o Capítulo 12 aborda as diferenças no manejo da diversidade genética do milho realizado por agricultores familiares assentados de reforma agrária e por comunidades indígenas Guarani Kaiowá, sendo a *semente o início e o fim desse percurso*. Na Caatinga, bioma genuinamente brasileiro, são apresentadas experiências de convivência com o semiárido. A primeira, abordada no Capítulo 13, traz a experiência da rede de guardiões das *sementes da paixão* do Agreste da Paraíba, com destaque para a diversidade manejada nos *Bancos de Sementes Comunitários*, para a Festa Estadual das Sementes da Paixão e para as estratégias de enfrentamento ao plantio de milho transgênico.

O Capítulo 14 conta a história da Comunidade de Ouricuri, localizada em Uauá, na Bahia, na gestão do território e no manejo da agrobiodiversidade no sistema agrícola tradicional *Fundo de Pasto*, o qual *articula* o uso de áreas individuais e áreas de uso coletivo para a criação animal, agricultura e extrativismo.

Chegando ao bioma Amazônia, o Capítulo 15 aborda a diversidade da mandioca, a dificuldade da nomenclatura das variedades e as pesquisas realizadas pela Embrapa Acre no que diz respeito à caracterização, avaliação, conservação e melhoramento genético da espécie. O Capítulo 16 descreve a importância do curso de formação de Agentes Agroflorestais Indígenas, promovido pela Comissão Pró-Índio do Acre e regido pelo princípio da educação intercultural, na gestão territorial e ambiental, na proteção das terras indígenas e seus entornos, no manejo, no uso e na conservação dos recursos naturais e agroflorestais, sobretudo das *palheiras* (palmeiras).

Por fim, o Capítulo 17 faz uma reflexão de como as mediações sociais, a

partir da análise de dois estudos de caso, fomentam e promovem processos organizativos, mobilização social e acesso a projetos e políticas públicas por parte dos agricultores e suas organizações para a conservação, do manejo e do uso da agrobiodiversidade.

Dessa forma, esta obra visa alcançar diferentes perfis de leitores, tais como estudantes e professores da comunidade acadêmica, pesquisadores, técnicos, extensionistas, agricultores familiares e indígenas, e desta forma gerar maior impacto social. Além disto, poderá ser utilizada como referência metodológica e colaborar na formação de recursos humanos para a conservação da agrobiodiversidade, para a valorização de variedades crioulas, para a classificação de raças de milho e a identificação de micro-centros de diversidade de milho e de outras espécies.

Esperamos que o livro seja do seu agrado como foi para nós esta caminhada cheia de encontros, aprendizados e descobertas. Boa leitura!

## SUMÁRIO

### PARTE I - MILHO: A PLANTA EMBLEMÁTICA DO CONTINENTE AMERICANO

#### CAPÍTULO 1..... 1

##### ORIGEM, DOMESTICAÇÃO E DISPERSÃO DO MILHO NAS AMÉRICAS

Flaviane Malaquias Costa  
Natália Carolina de Almeida Silva  
Rafael Vidal  
Elizabeth Ann Veasey

DOI 10.22533/at.ed.7302010111

#### CAPÍTULO 2..... 24

##### RAÇAS DE MILHO DAS AMÉRICAS: REVISITANDO OS ESTUDOS SOBRE A DIVERSIDADE DA ESPÉCIE ATÉ O SÉCULO XX

Natália Carolina de Almeida Silva  
Rafael Vidal  
Flaviane Malaquias Costa  
Elizabeth Ann Veasey

DOI 10.22533/at.ed.7302010112

#### CAPÍTULO 3..... 44

##### DIVERSIDADE GENÉTICA DE MILHO DAS COLEÇÕES *EX SITU* DO CONE SUL

Mariana Vilaró Varela

DOI 10.22533/at.ed.7302010113

### PARTE II- DISTRIBUIÇÃO E DIVERSIDADE DE MILHO DO BRASIL E DO URUGUAI

#### CAPÍTULO 4..... 57

##### O PROJETO RAÇAS DE MILHO DAS TERRAS BAIXAS DA AMÉRICA DO SUL: AMPLIANDO O CONHECIMENTO SOBRE A DIVERSIDADE DE VARIEDADES CRIOLAS DO BRASIL E DO URUGUAI

Natália Carolina de Almeida Silva  
Flaviane Malaquias Costa  
Rafael Vidal  
Elizabeth Ann Veasey

DOI 10.22533/at.ed.7302010114

#### CAPÍTULO 5..... 86

##### CLASSIFICAÇÃO DAS RAÇAS DE MILHO DO BRASIL E DO URUGUAI: ABORDAGEM METODOLÓGICA E PRINCIPAIS RESULTADOS

Natália Carolina de Almeida Silva  
Rafael Vidal  
Flaviane Malaquias Costa  
Elizabeth Ann Veasey

DOI 10.22533/at.ed.7302010115

**CAPÍTULO 6..... 109**  
MICRO-CENTROS DE DIVERSIDADE GENÉTICA DO MILHO NAS TERRAS  
BAIXAS DA AMÉRICA DO SUL  
Flaviane Malaquias Costa  
Natália Carolina de Almeida Silva  
Rafael Vidal  
Elizabeth Ann Veasey  
**DOI 10.22533/at.ed.7302010116**

**PARTE III - EXPERIÊNCIAS DE CONSERVAÇÃO, MANEJO E USO DA  
AGROBIODIVERSIDADE**

**CAPÍTULO 7..... 124**  
REDE NACIONAL DE SEMENTES NATIVAS E CRIOULAS DO URUGUAI  
Mariano Beltrán  
**DOI 10.22533/at.ed.7302010117**

**CAPÍTULO 8..... 131**  
RESGATE DO MILHO PIPOCA NO URUGUAI  
Ana Nicola  
Sebastián Silveira  
Santiago Caggianni  
Valentina Alberti  
Laura Sanchez  
Natalia Cabrera  
Ana Díaz  
Raquel Stracconi  
Stella Faroppa  
Beatriz Bellenda  
**DOI 10.22533/at.ed.7302010118**

**CAPÍTULO 9..... 139**  
CARACTERIZAÇÃO DE VARIEDADES CRIOULAS DE MILHO PIPOCA  
Adrián Cabrera  
Ximena Castro  
Belén Morales  
Gastón Olano  
Rafael Vidal  
**DOI 10.22533/at.ed.7302010119**

**CAPÍTULO 10..... 146**  
A EXPERIÊNCIA DA ASSOCIAÇÃO DOS GUARDIÕES DAS SEMENTES  
CRIOULAS DE IBARAMA: UM CAMINHO DE MUITOS LIMITES E POTENCIAIS  
Lia Rejane Silveira Reiniger  
Marielen Priscila Kaufmann  
Iana Somavilla  
Marlove Fátima Brião Muniz

Giovane Ronaldo Rigon Vielmo  
Carmen Rejane Flôres Wizniewsky  
José Geraldo Wizniewsky

**DOI 10.22533/at.ed.73020101110**

**CAPÍTULO 11..... 156**

**OS INTERCÂMBIOS AGROECOLÓGICOS E AS TROCAS DE SEMENTES:  
ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO DAS SEMENTES CRIOLAS NA ZONA DA  
MATA MINEIRA**

Yolanda Maulaz Elteto  
Lis Soares Pereira  
Irene Maria Cardoso  
Breno de Mello Silva

**DOI 10.22533/at.ed.73020101111**

**CAPÍTULO 12..... 169**

**MANEJO DE VARIEDADES TRADICIONAIS DE MILHO: A EXPERIÊNCIA DE  
AGRICULTORES INDÍGENAS GUARANI KAIOWÁ NO MATO GROSSO DO SUL**

Marta Hoffmann  
José Ozinaldo Alves de Sena

**DOI 10.22533/at.ed.73020101112**

**CAPÍTULO 13..... 181**

**SEMENTES DA PAIXÃO: UMA EXPERIÊNCIA COLETIVA E TERRITORIAL DE  
CONSERVAÇÃO DA AGROBIODIVERSIDADE NO AGRESTE DA PARAÍBA**

Gabriel Bianconi Fernandes  
Emanoel Dias da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.73020101113**

**CAPÍTULO 14..... 195**

**MANEJO DA AGROBIODIVERSIDADE EM SISTEMA AGRÍCOLA TRADICIONAL  
FUNDO DE PASTO - COMUNIDADE OURICURI, UAUÁ/BA**

Fabrizio Bianchini  
Paola Cortez Bianchini  
Rebeca Mascarenhas Fonseca Barreto  
Paulo Anchieta Florentino da Cunha

**DOI 10.22533/at.ed.73020101114**

**CAPÍTULO 15..... 224**

**AGROBIODIVERSIDADE DE MANDIOCA DO ACRE**

Amauri Siviero  
Lauro Saraiva Lessa

**DOI 10.22533/at.ed.73020101115**

**CAPÍTULO 16..... 238**

**A FORMAÇÃO DE AGENTE AGROFLORESTAL INDÍGENA E O MANEJO E  
CONSERVAÇÃO DE PALHEIRAS NAS TERRAS INDÍGENAS NO ACRE**

Ana Luiza Melgaço Ramalho

Renato Antonio Gavazzi

DOI 10.22533/at.ed.73020101116

**CAPÍTULO 17..... 250**

**GUARDIÕES DE SEMENTES CRIOLAS E A MEDIAÇÃO SOCIAL: A CONSTRUÇÃO DE PARCERIAS PARA A CONSERVAÇÃO DA AGROBIODIVERSIDADE**

Viviane Camejo Pereira

Michele Laffayett de Campos

Fábio Dal Soglio

DOI 10.22533/at.ed.73020101117

**SOBRE OS ORGANIZADORES.....261**

Parte I - Milho: a planta emblemática do Continente  
Americano

# CAPÍTULO 1

## ORIGEM, DOMESTICAÇÃO E DISPERSÃO DO MILHO NAS AMÉRICAS

Data de aceite: 01/08/2020

### **Flaviane Malaquias Costa**

Engenheira Agrônoma  
Mestre em Recursos Genéticos Vegetais  
Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas  
Pesquisadora do InterABio  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”  
Universidade de São Paulo  
Piracicaba, São Paulo, Brasil

### **Natália Carolina de Almeida Silva**

Engenheira Agrônoma  
Doutora em Recursos Genéticos Vegetais  
Pesquisadora do InterABio  
Professora Associada da Universidad Tecnológica del Uruguay  
Durazno, Uruguai

### **Rafael Vidal**

Engenheiro Agrônomo  
Doutor em Recursos Genéticos Vegetais  
Pesquisador do InterABio e do Laboratório de Fitotecnia do Departamento de Biologia Vegetal  
Professor Adjunto da Facultad de Agronomía  
Universidad de la Republica  
Montevideú, Uruguai

### **Elizabeth Ann Veasey**

Engenheira Agrônoma  
Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas  
Pesquisadora do InterABio  
Professora Associada da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”  
Universidade de São Paulo  
Piracicaba, São Paulo, Brasil

Estudo realizado como parte da Tese de Doutorado intitulada ‘Padrões de dispersão e conservação da diversidade genética do milho nas terras baixas da América do Sul’. Departamento de Genética, Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’ da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Piracicaba, São Paulo, Brasil.

### **O SER HUMANO DOMESTICOU O MILHO OU O MILHO DOMESTICOU O SER HUMANO? O CEREAL DAS AMÉRICAS E SUA IMPORTÂNCIA PARA OS POVOS**

Os cultivos das plantas são artefatos feitos e moldados pelos humanos, como uma panela de barro ou uma ponta de flecha. No entanto, o ser humano tornou-se tão dependente das plantas que cultiva que as plantas domesticaram a ele mesmo (Harlan, 1992; Diamond, 1997; Harari, 2014). Esta reflexão nos faz colocar a seguinte pergunta “*O ser humano domesticou as plantas ou as plantas domesticaram o ser humano*”?

A espécie humana considera-se dominante no planeta pelo fato de ter aprendido a domesticar o fogo, as paisagens, as plantas, os animais e os microrganismos. O surgimento das diferentes agriculturas como parte da evolução humana é resultado dos processos associados à domesticação da paisagem e das plantas. A domesticação permitiu ao ser humano a possibilidade de selecionar as plantas e cultivá-las para seu próprio consumo e benefício. Este processo foi decisivo na

mudança do comportamento humano, permitiu o surgimento das civilizações, o crescimento populacional e a divisão de tarefas características de sociedades complexas (Clement et al., 2007).

A domesticação e a origem das agriculturas são consideradas processos coevolutivos dentro dos quais as espécies tornaram-se dependentes do manejo humano e, por outro lado, o desenvolvimento das sociedades humanas tornou-se dependente das espécies domesticadas e da agricultura. As populações de plantas cresceram em número e, conseqüentemente proporcionou o crescimento das populações humanas. As sociedades humanas são tão dependentes das espécies vegetais cultivadas e animais domesticados que a eliminação destas espécies causaria a morte da maioria da população humana atual, restando apenas aqueles grupos étnicos que não tenham desenvolvido essa dependência na produção de alimentos (Clement et al., 2009).

O caso da domesticação do milho retrata um evento dentro do qual distintas civilizações e povos americanos, tais como os Maias, Astecas, Incas, Arawak, Tupi e Guarani, tornaram-se suficientemente dependentes da cultura para se desenvolver, assim como o milho se tornou totalmente dependente dos seres humanos para sobreviver (Kato et al., 2009), sendo uma das espécies cultivadas com maior grau de domesticação. Obviamente, esta condição não é estrita ao milho. A relação do milho com as sociedades humanas apresenta um exemplo clássico do sucesso de um relacionamento coevolutivo e de codependência entre humanos e plantas domesticadas.

Podemos afirmar que o milho é a espécie emblemática do continente Americano, a qual possibilitou a conexão entre diferentes povos e promoveu o desenvolvimento e a sustentação destas civilizações ao longo do tempo. A cultura do milho constitui a base alimentar em diversos países desenvolvidos e em desenvolvimento. A espécie possui grande importância econômica e sociocultural, sendo um dos cereais mais produzidos mundialmente. As áreas de cultivo encontram-se entre as maiores e estão distribuídas em distintas regiões da América e dos outros continentes (USDA, 2018), o que é passível de dizer que no mundo existem mais indivíduos de milho que a própria espécie humana!

A versatilidade de usos permite que a espécie atenda desde as necessidades básicas na alimentação, sendo considerado um dos alimentos de base para a segurança alimentar de muitos países, até a produção de produtos processados em âmbito comercial e industrial. As diversas formas de uso do milho envolvem a produção de farinha, flocos de milho, amido de milho, xarope, etanol, óleo vegetal, plástico, tecido e cervejas. O milho constitui um ingrediente importante da gastronomia do continente americano por marcar presença no cotidiano da população devido ao preparo e consumo de bolos, broa, pães, tortas, canjicas, cremes, pipocas, milho-

verde, polentas, mingais, angú, munguzá, cuscuz e sopas.

O cereal se expressa como um elemento cultural, em diferentes contextos alimentares, dentro dos quais existem formas distintas e peculiares para o seu preparado como comida, conforme a região. No âmbito da antropologia da alimentação, a comida é uma expressão cultural quando é *produzida*, porque o ser humano não utiliza apenas o que encontra na natureza, mas por ser capaz de criar a própria comida. A comida é cultura quando é *preparada*, porque, uma vez adquiridos os produtos-base da sua alimentação, o ser humano *transforma* mediante o uso do fogo e de uma elaborada tecnologia que se exprime nas práticas e costumes da cozinha. A comida é cultura quando é *consumida*, porque as populações humanas *escolhem* a própria comida com critérios ligados tanto às dimensões econômicas, culturais e nutricionais, bem como pelas suas preferências individuais e coletivas e pelos seus gostos diversificados (Montanari, 2008). Por meio de tais percursos, o milho se apresenta como elemento da identidade humana associado a diferentes contextos regionais, históricos e culturais.

A espécie também apresenta potencial para uso medicinal devido à presença de carotenóides denominados Luteína e Zeaxantina, os quais são benéficos à saúde humana e atuam na prevenção de doenças. Pesquisas científicas identificaram elevado teor destes carotenóides e antocianinas em farinhas, grãos e estigmas (cabelo do milho) em variedades crioulas de milho, em Santa Catarina, no Sul do Brasil (Kuhnen et al., 2009, 2010a,b, 2011, 2012). Estudos científicos como estes agregam valor às variedades crioulas de milho, que desta forma são indicadas para consumo de alimento funcional.

Uma variedade local corresponde a uma população dinâmica de uma espécie cultivada a qual possui origem histórica, identidade distinta e não passou pelo processo de melhoramento genético formal, sendo muitas vezes geneticamente diversificada, localmente adaptada e associada a um agroecossistema familiar (Zeven, 1998; Camacho Villa et al., 2006). As variedades crioulas constituem elementos fundamentais no desenvolvimento sustentável dos sistemas de cultivo e muitos termos são utilizados para mencioná-las. Os termos mais utilizados são variedades crioulas, variedades tradicionais, etnovariedades ou *landraces*, no inglês. Para referência neste trabalho, o termo variedade local será utilizado indistintamente em relação aos outros termos, referindo-se às variedades manejadas e reproduzidas por agricultores familiares (Costa et al., 2017), os quais envolvem comunidades tradicionais, indígenas, quilombolas e ribeirinhas, bem como agricultores de distintos perfis que praticam a agricultura familiar.

A cultura do milho atribui valores sociais e culturais para a agricultura familiar. Em nível social, um elevado número de agricultores depende do milho para garantir o sustento da família e a produção é destinada, sobretudo, para o auto-consumo da

propriedade familiar, tanto para a alimentação humana em um primeiro nível, quanto para a alimentação animal, como foi diagnosticado em uma pesquisa realizada em Santa Catarina, Brasil (Silva, 2015; Costa et al., 2017).

A produção de milho promove a realização de reuniões entre agricultores e atividades socioculturais coletivas, tais como: i) articulação e colaboração comunitária entre agricultores para a produção, manejo, colheita e conservação do milho; ii) mobilização de pessoas, histórias e processos de resgate, uso e conservação de variedades crioulas; iii) articulação de feiras de troca de sementes; iv) articulação entre artesãos e artesãs para a produção de artesanato feito com a palha do milho; v) festivais gastronômicos de pratos preparados com o milho; vi) festas juninas, sendo que no Brasil o milho se faz presente na preparação de distintos pratos; e vii) rituais e cerimônias religiosas, sobretudo, em comunidades indígenas.

A agricultura familiar pode ser fortalecida por meio de estratégias que agreguem valor à produção de variedades crioulas de milho, bem como pela identificação de novos nichos de mercados que incorpore estas variedades nos diferentes circuitos de comercialização. Estas medidas poderão promover a inclusão e a valorização dos agricultores familiares no mercado, além de promover a conservação da agrobiodiversidade. As variedades estão intimamente ligadas à agricultura familiar, fortalecem a autonomia do agricultor e contribuem para a construção de sistemas de produção de alimento mais sustentáveis. O milho, também consagrado como o “*Cereal das Américas*”, representa uma cultura milenar que ainda se estabelece como base da alimentação de muitos povos deste continente.

## **ORIGEM E DOMESTICAÇÃO DO MILHO NAS AMÉRICAS: QUANDO E ONDE?**

A domesticação de plantas se trata de um processo evolutivo, dentro do qual a seleção realizada por humanos em populações de plantas resulta em mudanças nas frequências alélicas das populações, tornando-as mais úteis ao ser humano e mais bem adaptadas às suas intervenções no ambiente (Clement, 1999). Uma das características mais observadas em plantas domesticadas é a grande variabilidade fenotípica. O milho é um exemplo clássico de uma espécie com muitas populações domesticadas.

O milho pertence à família *Poaceae*. O gênero *Zea* é composto por cinco espécies nativas do México e da América Central, as quais incluem o milho e seus parentes silvestres: *Z. mays*, *Z. diploperennis*, *Z. perennis*, *Z. luxurians* e *Z. nicaraguensis*. Os parentes silvestres do milho podem ser chamados de teosinto ou teosinte. A espécie *Z. mays* compreende quatro subespécies diplóides e anuais: *Zea mays* L. *ssp. mays* que corresponde ao milho propriamente dito;

*Zea mays* L. *ssp. parviglumis* (daqui em diante *parviglumis*) e *Zea mays* L. *ssp. mexicana* (daqui em diante *mexicana*), ambos nativos do México; e *Zea mays* L. *ssp. huehuetenangensis*, teosinto endêmico da Guatemala (Doebley e Iltis, 1980; Doebley, 1990). As subespécies *parviglumis* e *mexicana*, atualmente, ocupam nichos ecológicos distintos: *mexicana* é adaptada às regiões mais secas e frias do norte e centro do México (entre 1.700 e 2.600 metros), enquanto *parviglumis* é adaptada a regiões mais quentes do sudoeste do México (400 a 1.800 m de altitude) (Fukunaga et al., 2005). Estes teosintos são geograficamente distintos, exceto no leste do Rio das Balsas (Sudoeste do México) onde foram identificados indícios de fluxo gênico recorrente entre as duas subespécies. Esta região pode ser considerada uma zona de hibridação ou pode representar o conjunto de genes a partir do qual tanto *parviglumis* quanto a *mexicana* se diferenciaram (Fukunaga et al., 2005), com implicações diretas na origem e domesticação do milho.

As hipóteses sobre a origem e domesticação do milho são alvos de discussão desde o final do século XIX. Diferentes teorias propõem explicar como e quando ocorreu a domesticação da espécie. A teoria unicêntrica defende que o milho foi domesticado a partir de populações de *parviglumis* a partir de um único evento de domesticação, e que tal evento teria ocorrido na bacia do Rio Balsas, há aproximadamente 9.000 anos antes do presente (AP) (Matsuoka et al., 2002).

Por outro lado, em função da incrível diversidade presente no milho, a teoria multicêntrica levou à suposição de terem ocorrido múltiplos eventos de domesticação a partir de diferentes populações de teosinto, com a indicação de cinco centros de origem-domesticação e quatro centros primários de diversificação, todos localizados no México e na Guatemala (Kato et al., 2009). A teoria multicêntrica foi defendida devido à correlação particular entre os nós cromossômicos de populações de teosinto e de diferentes complexos raciais de milho e as regiões geográficas nas quais estão localizados (Kato, 2005). Diamond (1997) já havia considerado que múltiplos eventos de domesticação são comuns nas Américas, enquanto eventos únicos foram mais frequentes no Velho Mundo.

A teoria unicêntrica foi bastante concebida pela comunidade científica nos últimos anos devido às evidências genéticas (Matsuoka et al., 2002; Vigouroux et al., 2008; van Heerwaarden et al., 2011), arqueológicas (Piperno et al., 2009), e pelo fato da distribuição endêmica do progenitor *parviglumis* localizar-se na região do Rio Balsas (Fukunaga et al., 2005). No entanto, a discussão sobre a domesticação do milho vem sendo reascendida e discutida por novas evidências que revelam uma história complexa de domesticação da espécie. Kistler et al. (2018) sugerem que no Sudoeste da Amazônia o milho passou por um processo de domesticação parcial, uma vez que a espécie chegou nesta região semi-domesticado, desenvolvendo e fixando alelos neste local. A esta região foi atribuído o termo “centro secundário de

melhoramento do milho” (Figura 1.1) (Kistler et al., 2018).

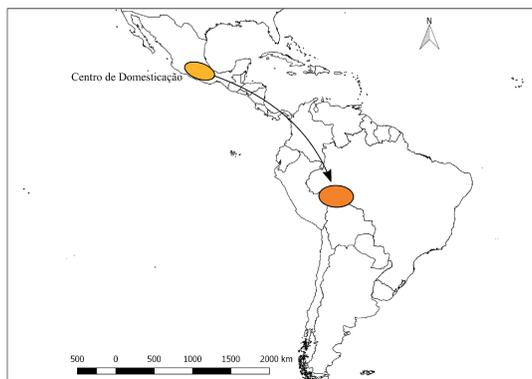


Figura 1.1. Centro de domesticação no México e centro secundário de melhoramento do milho na América do Sul, baseado no modelo de Kistler et al. (2018).

Esta imagem foi elaborada por meio do *software* QGIS (<http://qgisbrasil.org>).

Segundo a teoria estratificada do milho (Kistler et al., 2018), a espécie evoluiu a partir das populações de *parviglumis*, no México, há ~9.000 anos AP, atravessou a América Central há 7.500 anos AP (Piperno et al., 1985) e se dispersou pelas terras baixas da América do Sul há ~6.500 anos AP (Bush, 1989; Brugger et al., 2016). As análises genômicas realizadas por Kistler et al. (2018) demonstraram que as populações de milho apresentaram assimetria na ancestralidade com *parviglumis*, o que reforça a teoria de que as populações ancestrais do milho sul americano se dispersaram do México em estado parcialmente domesticado, tornando-se isolado do pool gênico das populações silvestres do México, antes da fixação da síndrome de domesticação. Desta forma, populações estruturadas de milho com síndrome de domesticação estáveis evoluíram na América do Sul a partir de populações ancestrais parcialmente domesticadas advindas do México (Kistler et al., 2018). A Figura 1.2 apresenta um esquema comparativo dos modelos de domesticação simples (i) e estratificada (ii) do milho proposto por Kistler et al. (2018).

Análises genéticas em locos envolvidos na domesticação foram realizadas em dois genomas arqueológicos de milho da região do Vale de Tehuacan, no México. Os resultados demonstraram um estado de domesticação parcial das amostras, as quais foram datadas de ~5300 anos AP (Ramos-Madriral et al., 2016; Vallebuena-Estrada et al., 2016). Estas evidências corroboram com as hipóteses de Kistler et al. (2018), visto que registros arqueológicos comprovam que o milho já havia chegado na América do Sul há pelo menos ~7.150 anos AP no Equador (Stoother, 1985; Pearsall e Piperno, 1990), ~6.700 anos AP no Peru (Grobman et al., 2012) e ~6.500

anos AP (Brugger et al., 2016), na região das terras baixas amazônicas da Bolívia.

Com base em evidências genômicas, linguísticas, arqueológicas e paleontológicas, a região Sudoeste da Amazônia foi indicada como um provável centro de melhoramento secundário do milho na América do Sul, dentro do qual ocorreu um processo de domesticação parcial da espécie (Kistler et al., 2018). Essa teoria não contradiz a teoria unicêntrica a qual considera que o processo de domesticação se iniciou no México. No entanto, chama a atenção de que o evento de domesticação não estava completo quando o milho se dispersou do México para outras regiões.

Estas evidências reforçam a importância do germoplasma do milho da América do Sul na evolução e diversificação da espécie. O processo de manejo e conservação da espécie realizado pelos agricultores e indígenas, desde os tempos remotos, é um processo contínuo que alcança o presente. O continente sul americano abarca pools gênicos exclusivos, que evoluíram durante milênios. Por este fato, as medidas de conservação da espécie neste continente devem ser prioritárias tanto quanto ocorre na Mesoamérica.

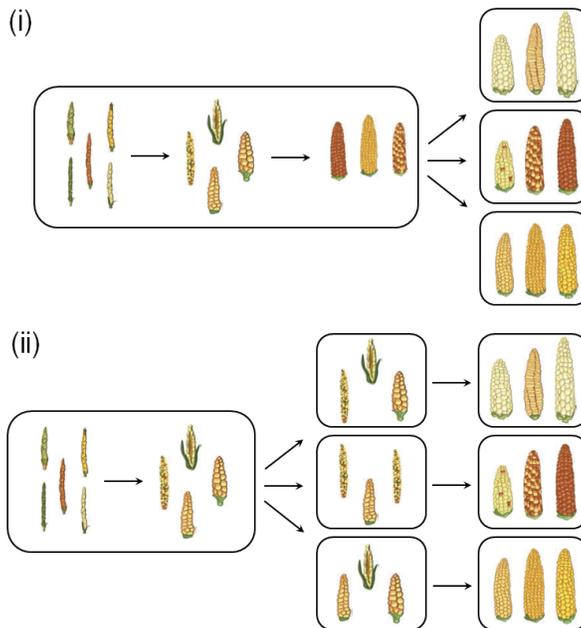


Figura 1.2. Esquema comparativo dos modelos de domesticação do milho. (i) Domesticação simples (teoria unicêntrica): o milho se tornou totalmente domesticado e depois se dispersou pelas Américas; (ii) Domesticação estratificada: subpopulações de milho parcialmente domesticadas se dispersaram e tornaram-se isoladas reprodutivamente antes da síndrome de domesticação.

Fonte: adaptado de Kistler et al. (2018).

## GENÉTICA DA DOMESTICAÇÃO: COMO O MILHO FOI DOMESTICADO E QUAIS FORAM AS CONSEQUÊNCIAS?

O milho é uma espécie diploide ( $2n=20$ ) e o seu genoma apresenta 40.000 genes, em 10 pares cromossomos (Nannas e Dawe, 2015). A espécie apresenta um elevado número de genes duplicados ou quadruplicados, o que pode aumentar as possibilidades de surgir uma variação genética benéfica e diminuir o impacto de uma mutação prejudicial. O genoma da espécie é constituído por 2,3 bilhões de bases de DNA e aproximadamente 85% do mesmo são elementos de transposição (Gore et al., 2009; Schnable et al., 2009; Soderlund et al., 2009; Springer et al., 2009; Vielle-Calzada et al., 2009). Os elementos de transposição, também conhecidos como transposons, são segmentos lineares de DNA capazes de mudar de posição dentro do genoma, independentemente da homologia entre a região onde se encontram inseridos e o local ao qual se destinam (McClintock, 1950).

O processo de domesticação resultou em uma série de mudanças morfológicas entre o teosinto silvestre e o milho cultivado. Estas alterações morfológicas em relação às características originais são definidas como *síndromes da domesticação*. A observação das estruturas intermediárias entre as espécies que ocorrem em sua descendência sugeriu diferentes interpretações sobre a evolução do milho (Figura 1.3). A intervenção humana foi uma condição indispensável para essa transformação e a origem da espécie cultivada. Estas alterações envolveram desde a mudança da arquitetura da planta (Doebley et al., 1997, 2006; Studer e Doebley, 2012) até características associadas aos órgãos reprodutivos da espécie (Iltis, 1983; Beadle, 1972, 1980; Doebley et al., 1990; Doebley e Stec, 1991; Dorweiler e Doebley, 1997).

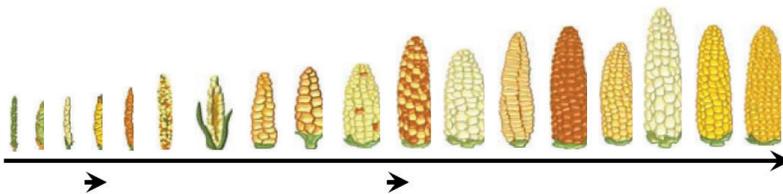


Figura 1.3. Evolução do milho a partir do teosinto: mudanças estruturais na espiga do milho ao longo do tempo.

As espigas do esquema foram extraídas de Kistler et al. (2018).

Segundo a *teoria da transmutação sexual catastrófica* do milho, a inflorescência feminina do milho (espiga) foi derivada da inflorescência masculina do teosinto (pendão). Com base nas hipóteses de Iltis (1983), este fenômeno ocorreu por meio de um processo conhecido como assimilação genética, e não por consequência de

uma mutação genética (Illitis, 1983). No entanto, outros estudos complementares constataram que estas diferenças morfológicas entre as inflorescências femininas de milho e teosinto ocorreram devido a uma série de mutações as quais envolveram apenas cinco genes, localizados em quatro cromossomos (Beadle, 1972, 1980; Doebley et al., 1990; Doebley e Stec, 1991; Dorweiler e Doebley, 1997). Este evento alterou a distribuição de nutrientes na planta e causou esta mudança morfológica drástica, que de alguma forma e por algum motivo foi apreendido pela seleção humana (Illitis, 1983).

Em relação à arquitetura da planta, o gene *tb1* (*teosinte branched1*) foi identificado como um QTL (*locos de características quantitativas*) de grande efeito no controle da diferença de dominância apical entre o milho e o teosinto. Este gene pertence à família de reguladores transcricionais, uma classe de genes envolvidos na regulação transcricional dos genes do ciclo celular. O *tb1* controla a ramificação da parte aérea, e reprime o crescimento de meristemas axilares e alongação dos ramos, pelo seu efeito repressor do ciclo celular (Doebley et al., 1997, 2006; Studer e Doebley, 2012). Foi comprovado que houve a inserção de um retroelemento nas seqüências regulatórias do gene *tb1*. O efeito provocado por esta inserção (alteração da arquitetura da planta) foi alvo da seleção humana durante a domesticação do milho a partir de seu parente silvestre, o teosinto. Foi diagnosticado que o alelo de inserção estava presente em baixa frequência nas populações de teosinto antes do processo de seleção (Tsiantis, 2011), o que leva a crer que as plantas que continham este alelo, bem como suas modificações na arquitetura da planta, foram as selecionadas pelo ser humano.

Dentre as diversas consequências do processo de domesticação do milho observamos a transformação de uma espiga pequena do teosinto, com grãos facilmente dispersos, para uma espiga de milho com grande quantidade de grãos fortemente ligados à ráquis. O teosinto apresenta axila com várias folhas, elevada quantidade de espigas pequenas e frágeis, cada espiga com seis a 12 sementes, em uma ou duas fileiras. O milho, por sua vez, apresenta uma ou mais espigas grandes, com muitas fileiras, não frágeis (Hake e Ross-Ibarra, 2015). O Quadro 1.1 e a Figura 1.4 apresentam características contrastantes que apontam traços do processo de domesticação do milho.

Teosinto	Milho
Arquitetura: muitos ramos laterais	Arquitetura: um ramo (colmo) principal
1 ou 2 fileiras de grãos	4 ou mais fileiras de grãos
Espiguetas simples	Espiguetas aos pares
Glumas externas duras	Glumas externas macias
Espigas deiscentes	Espigas não deiscentes
Inflorescências laterais masculinas	Inflorescências laterais femininas
Ramos laterais primários longos	Ramos laterais primários curtos

Quadro 1.1. Características morfológicas contrastantes do ancestral teosinto e do milho relacionadas ao processo de domesticação do milho.

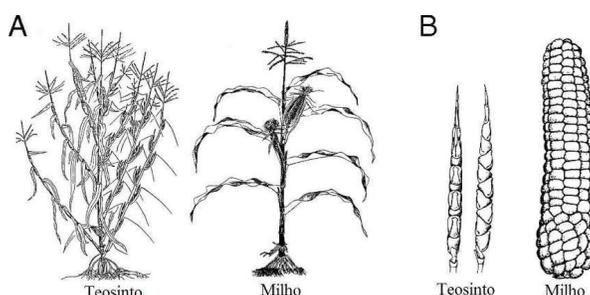


Figura 1.4. Características morfológicas da planta (A) e da espiga (B) do teosinto e do milho.

Fonte: Yang et al. (2019), adaptado de Doebley et al. (1990).

Apesar das diferenças morfológicas, o milho e o teosinto podem se cruzar naturalmente no campo e gerar descendentes férteis. A conservação das espécies de teosinto é relevante e deve ser considerada como uma fonte de diversidade genética para o milho. Além disto, é considerado um germoplasma útil para programas de pré-melhoramento e melhoramento genético que visam introgressão de resistência a fatores bióticos e abióticos (Nault et al., 1982; Cohen e Galinat, 1984). Cruzamentos de teosintos *Z. luxurians* e *Z. mexicana*, permitiram aumentar a tolerância ao calor e a seca sem afetar significativamente o rendimento de grão (Sanchez, 2011). O germoplasma de *Z. mexicana* também foi incorporado a uma linhagem de milho resultando em linhagens com resistência a diversas doenças da espiga, além disso, os conteúdos de proteína e alguns aminoácidos essenciais aumentaram (Wang et al., 2008). E, para os agricultores, o teosinto é considerado uma forrageira de qualidade para a bovinocultura de leite (Silva et al., 2015). Os parentes silvestres estão relacionados com as espécies cultivadas, no entanto seguem o processo de evolução, sob seleção natural e menor intervenção humana, e se adaptam a ambientes extremos tal como calor e frio, secas e alagamentos, constituindo um pool gênico em resposta às mudanças climáticas para uso futuro.

## POR QUE OS HUMANOS DOMESTICARAM O MILHO?

Os estudos sobre a domesticação do milho abordaram e forneceram respostas associadas, principalmente, às perguntas “onde?”, “quando?” e “como?” o milho foi domesticado. A pergunta “por quê?” a espécie foi domesticada foi menos discutida na literatura científica e, portanto, merece esforços para encontrar respostas, afinal: “para qual finalidade o milho foi utilizado pelos humanos no processo de domesticação”?

No processo de domesticação existem dois tipos de seleção que atuam e se complementam: i) *seleção consciente* às características de interesse; e ii) *seleção inconsciente* provocada por mudanças ecológicas em consequência da retirada de plantas de seus ambientes silvestres e transportadas a novos ambientes manejados por humanos, distintos dos locais originais (Zohary, 2004). Neste último caso, geralmente, as mudanças morfológicas das plantas são consideradas de baixo impacto (Rindos, 1984).

Darwin foi o primeiro a levantar a questão de intencionalidade sobre a origem e a domesticação de plantas. Ele usou a terminologia *seleção inconsciente* e *seleção metódica* e sugeriu que os povos “primitivos” praticavam seleção inconsciente e os povos “civilizados” praticavam seleção consciente. A seleção inconsciente foi defendida, principalmente, por muitos cientistas naturais e a seleção consciente por cientistas sociais (Clement et al., 2009). Segundo Zeder (2006), os primeiros atos de domesticação da paisagem e das populações de plantas e animais poderiam ser inconscientes, mas logo que produzissem um efeito positivo, passariam a ser repetidos de forma consciente, justamente porque geraram benefícios.

Para além dos fatores associados à seleção, um dos motivos que tentam explicar o que levou os caçadores-coletores a mudarem o seu estilo de vida e iniciar o processo de domesticação, estão as mudanças climáticas ocorridas no final do Pleistoceno, as quais promoveram a concentração de humanos e animais em áreas férteis isoladas devido à presença local de água. Este evento envolveu a evolução gradual, irregular e independente em distintas espécies de forma sincronizada em diferentes ambientes (Evans, 1993).

A *seleção consciente*, atribuída às características de interesse, ocorre porque a espécie é considerada útil aos humanos por algum motivo. Algumas hipóteses sugeriram que o milho foi uma cultura secundária, ou seja, a cultura não era a principal fonte de alimento, e assim a sua maior dispersão ocorreu antes da espécie se desenvolver como principal cultura cultivada (Blake, 2006; Piperno, 2011). Itlis (2000) sugeriu que o açúcar do colmo da planta foi, inicialmente, mais importante que os grãos. Essa ideia se complementa com os estudos de Smalley e Blake (2003), os quais apontam que o milho foi utilizado primeiramente para

produzir bebidas fermentadas e alcoólicas, sendo utilizadas para consumo em rituais, eventos festivos e culturais. Entretanto, a detecção de amido dos grãos em locais de antiga domesticação e a falta de fitólitos do colmo (Piperno et al., 2009) não sustentam estas hipóteses.

Por outro lado, o teosinto possui capacidade de expansão e estoura tal como o milho pipoca. Paterniani et al. (2000) mencionaram a capacidade de expansão do teosinto e consideraram o milho pipoca um dos mais primitivos na escala evolutiva da espécie. A descoberta da capacidade de expansão do grão, seguramente, está associada ao manejo e uso do fogo pelos povos pré-históricos. Outros autores apoiam a teoria de que o milho pipoca provavelmente corresponde ao primeiro e ao menor nível de domesticação da espécie (Wellhausen et al., 1951; Contreras et al., 2006). Piperno et al. (2009) caracterizaram amostras arqueológicas de milho, encontradas na região do Vale do Rio Balsas, no México, que apresentaram características do endosperma do tipo pipoca.

Estas hipóteses se baseiam no fato de que a pipoca ainda apresenta algumas características consideradas “silvestres”, tal como grãos menores, maior prolificidade, presença de perfilho (gene *tb1*), endosperma muito rígido (Ziegler, 2001) e formato de grão pontiagudo, em algumas raças. O seu consumo, inicialmente, supostamente se deu na forma de milho assado ou dos grãos estourados, com o uso do fogo. Além disso, foram identificados fragmentos de palha, espiga e grão de milho pipoca datados de ~6.700 anos AP nos sítios arqueológicos de Paredones e Huaca Prieta, no Peru (Grobman et al., 2012).

Análises genéticas demonstraram que as raças de pipoca *Cristalino de Chihuahua*, *Palomero de Chihuahua* e *Palomero* mostraram-se mais próximas geneticamente às populações de teosinto (Matsuoka et al., 2002). Em períodos mais antigos os grãos de milho se assemelhavam aos do tipo pipoca (Brieger et al., 1958; Grobman et al., 2012), surgindo posteriormente os milhos de grão duro, farináceos, dentados (Brieger et al., 1958) e doces. As frações protéicas do grão de milho podem variar de acordo com o tipo de grão em consequência da ação de genes mutantes. Foram descobertos vários genes capazes de modificar o tipo de endosperma (Bjarnason e Vasal, 1992). Segundo Brieger et al. (1958), os diferentes tipos de grão, usos e preferências dos agricultores se relacionam com diferentes etapas do processo de domesticação do milho.

No Brasil e em outros países das terras baixas sul-americanas, os povos indígenas Guarani cultivavam e utilizavam as raças pipocas *Avati Pichingá* e *Avati Pichingá Ihú* para a alimentação humana em suas aldeias (Brieger et al., 1958; Paterniani e Goodman, 1977). O uso do milho como pipoca poderia ser uma hipótese a ser considerada no processo inicial de domesticação. A pergunta “por que?” o milho foi domesticado ainda permanece sem respostas e merece ser melhor

investigada para preencher as lacunas científicas e ampliar o conhecimento sobre os usos do milho na História.

## **DISPERSÃO DO MILHO NAS AMÉRICAS: O EVENTO QUE AMPLIOU A DIVERSIDADE GENÉTICA**

A data de ocupação humana nas Américas tem sido discutida pela comunidade científica por meio de dados arqueológicos (Prous, 1997; Roosevelt et al., 1996; Goebel et al., 2008), linguísticos (Walker e Ribeiro, 2011; Brown et al., 2014), biológicos e genéticos (Neves et al., 1989; Pena et al., 1989; Neves et al., 2007; Goebel et al., 2008). Estas informações são úteis para estudos evolutivos de espécies de plantas cultivadas. Ao longo de sua dispersão pelo continente, os humanos começaram a utilizar espécies de plantas e selecionar características favoráveis (Harlan, 1971, 1975; Gepts e Debouck, 1991; Pickersgill, 2007; Hilbert et al., 2017; Watling et al., 2018). Considerando que o milho é uma espécie domesticada e sua sobrevivência é totalmente dependente do manejo da espécie humana, sua dispersão para diversas regiões se deu por meio das migrações humanas (Brown et al., 2014).

A dispersão do milho pelo continente americano está associada a processos adaptativos, diversos habitats e contextos socioculturais, o que faz com que esse cereal seja uma cultura com grande variabilidade genética (Brieger et al., 1958). A cultura do milho é considerada uma das mais antigas do novo mundo. As populações de milho em condições parciais de domesticação foram dispersas do centro de origem, em duas direções. A primeira iniciou-se no México, seguindo pelo Oeste e Norte do país, passando pelo Sudoeste e Leste dos Estados Unidos (Hart et al., 2007), e continuou até o Leste do Canadá (Vigouroux et al., 2008). A segunda via se deu pelas terras altas do México até o Oeste e Sudoeste das terras baixas, seguindo pela Guatemala, até chegar à América do Sul. Amostras arqueológicas foram encontradas há ~7.500 anos AP no Panamá (Piperno et al., 1985). Registros arqueológicos indicaram que a espécie alcançou as terras baixas da América do Sul há pelo menos ~7.150 anos AP no Equador (Stoother, 1985; Pearsall e Piperno, 1990), ~6.700 anos AP no Peru (Grobman et al., 2012) e ~6.500 anos AP, na região Sudoeste da Amazônia, no Lago Rogaguado, Bolívia (Brugger et al., 2016).

Estudos genético-evolutivos, realizados por meio de amostras modernas e arqueológicas de milho, sugeriram que houveram diferentes ondas introdutórias de milho na América do Sul, em diferentes épocas. A dispersão do milho ao longo dos Andes ocorreu independente da dispersão das terras baixas do continente (Freitas, 2001; Freitas et al., 2003; Freitas e Bustamante, 2013). Estes estudos demonstraram que o processo de dispersão da espécie no continente sul americano contribuiu para

a divisão dos dois maiores grupos genéticos do milho, o grupo andino e outro das terras baixas da América do Sul (Matsuoka et al., 2002; Vigouroux et al., 2008; van Heerwaarden et al., 2011). Os padrões “terras altas” e “terras baixas”, de modo geral, apresentaram-se bem estabelecidos em suas regiões originais. Este isolamento de padrões ocorreu, sobretudo, devido a barreiras culturais referentes às populações humanas (Freitas et al., 2003; Freitas e Bustamante, 2013; Kistler et al., 2018).

Os registros linguísticos mais antigos na América do Sul para o milho foram de ~5.000 anos AP, envolvendo a região amazônica. A família linguística indígena Arawak é a maior do continente sul americano e apresenta grande expansão na região Norte do Brasil e nas regiões adjacentes (Walker e Ribeiro, 2011; Aikhenvald, 2013). Este grupo foi o primeiro a considerar a cultura do milho como muito importante (Brown et al., 2014). Os Arawaks se dispersaram a partir da Amazônia Ocidental ao longo das terras baixas, em diferentes épocas, a partir de um ponto originário no Oeste da Amazônia em diferentes direções: Norte, Sul e Centro do país (Walker e Ribeiro, 2011; Aikhenvald, 2013) (Figura 1.5). Partindo do princípio de que o milho foi adotado por este grupo indígena em tempos remotos, a dispersão mais antiga da espécie, na região, muito provavelmente ocorreu junto à expansão Arawak e pelo intercâmbio entre grupos humanos ao longo do continente.

Outros registros linguísticos foram observados de ~3.000 anos AP, no Mato Grosso; e de ~2.000 anos AP, no Sul do Brasil (Brown et al., 2014). Em Rondônia, foram datados de ~2.000 anos AP, onde foi concentrada a presença de cinco grupos indígenas diferentes, incluindo os Tupis-guaranis (Brown et al., 2014).

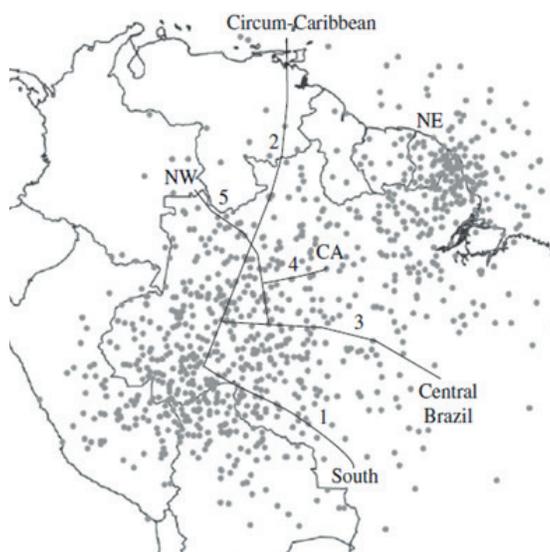


Figura 1.5. Migração do grupo indígena Arawak nas terras baixas da América do Sul, baseado no modelo linguístico proposto por Walker e Ribeiro (2011).

Com a descoberta da América, os colonizadores europeus tiveram contato pela primeira vez com o milho (Paterniani, 1998; Mir et al., 2013) e passaram a cultivar diferentes raças antigas da espécie (Paterniani e Goodman, 1977; Paterniani, 1998). O milho só passou a ser conhecido pelos europeus quando Colombo retornou a Europa, levando consigo o milho encontrado em Cuba. Posteriormente, alcançou a África e a Ásia até conquistar o comércio global (Mir et al., 2013). Ao longo dos anos, o Brasil recebeu imigrantes de muitos países e diversas sementes foram introduzidas no território, tal como sementes de milho dentado trazidas por imigrantes após a Guerra de Secessão dos Estados Unidos, por volta de 1868. A mistura entre as variedades nativas e introduzidas gerou novas variedades de milhos dentados e semi-dentados (Paterniani, 1998).

O processo de dispersão do milho esteve e está associado ao surgimento de centros de diversificação da espécie em diferentes contextos ambientais e socioculturais. Os centros de diversidade devem ser vistos como centros de acumulação de germoplasma e de domesticação *in situ* (Harlan, 1992). A existência desses centros de diversidade foi ocasionada pela hibridação entre populações, manejo e seleção pelo ser humano em ambientes diversos (Kato et al., 2009). Os agricultores são os principais protagonistas neste processo uma vez que estão inseridos a sistemas dinâmicos de manejo capazes de selecionar, modificar e incrementar a diversidade de variedades crioulas de milho ao longo do tempo (Louette et al., 1997; Louette e Smale, 2000). A variabilidade genética permite uma maior adaptação dos cultivos às mudanças climáticas globais e constitui a base genética para agricultores familiares. Além disso, a variabilidade garante a segurança alimentar e incorpora valores sociais e culturais.

As regiões de Chiapas, Mesa Central e Sierra Madre Ocidental são indicadas como centros de diversidade genética de milho no México (Kato et al., 2009). A Bolívia e o Peru apresentam o maior número de raças de milho catalogadas da América, com 77 e 66 raças, respectivamente, superando o México (65 raças), centro de origem da espécie (Serratos, 2009). As terras baixas da América do Sul, regiões com altitude abaixo de 1500 metros, as quais envolvem o Brasil e áreas adjacentes (Argentina, Uruguai, Paraguai, terras baixas da Bolívia e as Guianas) são consideradas um centro secundário de diversidade de milho, com 19 raças e 23 sub-raças (Brieger et al., 1958; Paterniani e Goodman, 1977).

No âmbito microrregional, foi identificado um micro-centro de diversidade de milho localizado no Sul do Brasil, na região do Extremo Oeste do estado de Santa Catarina, o qual envolve uma área de ~ 558.646 km<sup>2</sup> (Costa et al., 2017). Os micro-centros de diversidade estão relacionados a áreas geográficas muito restritas, dentro dos quais é acumulada significativa diversidade (Harlan, 1971, 1992). O centro de diversidade 'Brasil/Paraguai', proposto por Vavilov, o qual envolve esta região, está

associado à elevada densidade populacional de índios Guarani no passado (Vavilov, 1992). Os indígenas Guarani são conhecidos por cultivarem, principalmente, variedades de milho pipoca (Paterniani e Goodman, 1977). Esta região, no sul do Brasil, apresentou um elevado número de variedades crioulas de milho (1.513, no total), associado a uma expressiva riqueza de características morfológicas do grão, usos, origem, tempo de conservação (Costa et al., 2017) e, também pela presença de parentes silvestres pertencentes à espécie de teosinto *Zea luxurians* (Silva et al., 2015). É provável que existam outros micro-centros de diversidade de milho em outras regiões das terras baixas da América do Sul, o que reforça a importância da realização de novas pesquisas que tenham como objetivo a identificação de outras microrregiões com importante diversidade nesta amplitude geográfica.

A diversidade genética de variedades crioulas de milho foi caracterizada em distintas regiões, considerando características: i) morfológicas (Brieger et al., 1958, Louette et al., 1997; Carvalho et al., 2008; Costa et al., 2017; Silva et al., 2017); ii) moleculares (Matsuoka et al., 2002; Vigouroux et al., 2008; van Heerwaarden et al., 2011; Silva et al., 2015; Kistler et al., 2018); iii) etnobotânicas (Bellon e Brush, 1994; Louette et al., 1997; Louette e Smale, 2000; Costa et al., 2017); iv) bioquímicas (Kuhnen et al., 2009, 2010a,b, 2011, 2012; Uarrota et al. 2011a,b); e v) citogenéticas (McClintock et al., 1981; Poggio et al., 1998; Realini et al., 2018). Em Cuzapala, no México, as variedades brancas estavam associadas aos usos gastronômicos, as variedades roxas foram consideradas mais doces e, geralmente, consumidas assadas na fase leitosa do grão, enquanto que as variedades amarelas associaram-se, principalmente, à alimentação animal (Louette et al., 1997). No Arquipélago da Madeira, variedades crioulas de milho foram caracterizadas por meio de descritores morfológicos e reprodutivos. As análises identificaram a formação de quatro grupos associados à cor do grão. Observou-se a predominância do tipo de grão duro e as cores variaram do branco ao amarelo, e raramente vermelho (Carvalho et al., 2008). No micro-centro de diversidade de milho identificado no Sul do Brasil, os resultados também demonstraram que a riqueza de usos associados aos grupos morfológicos das variedades crioulas. Foram identificados 59 grupos morfológicos distintos, aos quais são atribuídas características do grão como tipo de endosperma, cor e tamanho do grão (Costa et al., 2017).

Uma caracterização molecular realizada, por meio de marcadores RAPD, em 81 variedades do Sul do Brasil (oriundas principalmente do estado do Paraná), diagnosticou dois grandes grupos genéticos, os quais associaram-se à cor e tipo de grão (Carvalho et al., 2004). A cor do grão destas variedades associou-se também ao uso pelos agricultores, uma vez que as variedades brancas foram indicadas para a fabricação de farinha e para o consumo humano, e as variedades amarelas para a alimentação animal, principalmente. Variedades crioulas de milho

foram caracterizadas por meio de marcadores microssatélites (SSR) (Matsuoka et al., 2002; Vigouroux et al., 2008) e *single nucleotide polymorphisms* (SNPs) (van Heerwaarden et al., 2011; Kistler et al., 2018). Estas pesquisas estudaram a relação da diversidade genética do milho e região de origem geográfica para elucidar aspectos de evolução, domesticação e dispersão da espécie no continente americano.

A identificação de regiões de diversidade pode auxiliar no desenvolvimento de estratégias e indicação de áreas prioritárias para conservação. A evolução das variedades crioulas de milho em regiões geográficas com características edafoclimáticas, de relevo e altitude diferentes daquelas encontradas em seu centro de origem pode contribuir para ampliar a diversidade e o pool gênico do milho. O entendimento sobre o processo de dispersão e a identificação de áreas de diversidade, bem como a caracterização das variedades crioulas, é relevante uma vez que permite delinear estratégias de conservação e o uso dos recursos genéticos da espécie.

## REFERÊNCIAS

- Aikhenvald, A.Y. (2013) Amazonia: linguistic history. In: Ness, I., Bellwood, P. (eds.) The Encyclopedia of Global Human Migration. Wiley-Blackwell, Hoboken, NJ, pp. 384-391.
- Beadle, G.W. (1972) The mystery of maize. Field Museum of Natural History Bulletin 43:2-11.
- Beadle, G.W. (1980) The ancestry of corn. Science American 242:112-119.
- Bellon, M.R.; Brush, S.B. (1994) Keepers of maize in Chiapas, Mexico. Economic Botany 48(2):196-209.
- Bjarnason, M.; Vasal, S.K. (1992) Breeding of quality protein maize (QPM). Plant Breeding Reviews 9(2):181-216.
- Blake, M. (2006) Dating the initial spread of *Zea mays*. In: Staller, J.E.; Tykot, R.H.; Benz, B.F. (Eds.) Histories of maize: multidisciplinary approaches to the prehistory, biogeography, domestication, and evolutions of maize. Elsevier, San Diego, pp. 55-72.
- Brieger, F.G.; Gurgel, J.T.A.; Paterniani, E.; Blumenchein, A.; Alleoni, M.R. (1958) Races of maize in Brazil and other eastern South American Countries. National Academic of Sciences, Washington DC.
- Brown, C.H.; Clement, C.R.; Epps, P.; Luedeling, E.; Wichmann, S. (2014) The paleobiolinguistics of maize (*Zea mays* L.). Ethnobiology 5:52-64.
- Brugger, S.O.; Gobet, E.; van Leeuwen, J.F.N.; Ledru, M.P.; Colombaroli, D.; van der Knaap, W.O.; et al. (2016) Longterm man-environment interactions in the Bolivian Amazon: 8000 years of vegetation dynamics. Quaternary Science Reviews 132:114-128.
- Bush, M.B.; Piperno, D.R.; Colinvaux, P.A. (1989) A 6,000 year history of Amazonian maize cultivation. Nature 340:303-305.

- Carvalho, V.P.; Ruas, C.F.; Ferreira, J.M.; Moreira, R.M.P.; Ruas, P.M. (2004) Genetic diversity among maize (*Zea mays* L.) landraces assessed by RAPD markers. *Genetics and Molecular Biology* 27(2):228-236.
- Carvalho, M.A.P.; Ganança, J.F.T.; Abreu, I.; Sousa, N.F.; dos Santos, T.M.M.; Vieira, M.R.C.; Motto, M. (2008) Evaluation of the maize (*Zea mays* L.) diversity on the Archipelago of Madeira. *Genetic Resources and Crop Evolution* 55:221-233.
- Camacho-Villa, T.C.; Maxted, N.; Scholten, M.; Ford-Lloyd, B. (2006) Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources* 3:373-384.
- Clement, C.R. (1999) 1492 and the loss of Amazonian crop genetic resources. I. The relation between domestication and human population decline. *Economic Botany* 53:188-202.
- Clement, C.R.; Cole, D.M.; Vivan, J.L. (2007) Conservação on farm. In: Nass, L.L. (Ed.). *Recursos genéticos vegetais*. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, pp.511-544.
- Clement, C.R.; Borém, A.; Lopes, M.T.G. (2009) Da domesticação ao melhoramento de plantas. In: Borém, A.; Lopes, M.T.G.; Clement, C.R. (Org). *Domesticação e melhoramento: espécies amazônicas*. UFV, Viçosa, pp.11-38.
- Cohen, J.I.; Galinat, W.C. (1984) Potential use of alien germplasm for maize improvement. *Crop Science* 24:1011-1015.
- Contreras, T.R.; Díaz, L.G.; Reyes, G.R. (2006) Geografía e historia cultural del maíz palomero tolqueño. *Ciencia Ergo Sum* 13:47-56.
- Costa, F.M.; Silva, N.C.A.; Ogliari, J.B. (2017) Maize diversity in southern Brazil: indication of a microcenter of *Zea mays* L. *Genetic Resources and Crop Evolution* 64(4):681–700.
- Diamond, J. (1997). *Guns, germs and steel: The fates of human societies*. W.W. Norton, New York.
- Doebley, J.F. (1990) Molecular systematics of *Zea* (Gramineae). *Maydica* 35:143-150.
- Doebley, J.F.; Iltis, H. H. (1980) Taxonomy of *Zea* (Gramineae) I. A subgeneric classification with key to taxa. *American Journal of Botany* 67:982-993.
- Doebley, J.F.; Stec, A. (1991) Genetic analysis of the morphological differences between maize and teosinte. *Genetics* 129:285-295.
- Doebley, J.F.; Stec, A.; Wendel, J.; Edwards, M. (1990) Genetic and morphological analysis of a maize-teosinte F2 population: Implications for the origin of maize. *Proceeding of the National Academy of Science USA* 87:9888-9892.
- Doebley, J.F.; Stec, A.; Hubbard, L. (1997) The evolution of apical dominance in maize. *Nature* 386:485-488.
- Doebley, J.F.; Gaut, B.S; Smith, B.D. (2006) The molecular genetics of crop domestication. *Cell* 127:1309-1321.
- Dorweiler, J.E.; Doebley, J.F. (1997) Developmental analysis of teosinte glume architecture 1: A key locus in the evolution of maize (Poaceae). *American Journal of Botany* 84:1313-1322.

- Evans, L.T. (1993) The domestication of crop plants. In: Evans, L.T. Crop evolution, adaptation and yield. Cambridge University Press, Cambridge, pp.32-112.
- Freitas, F.O. (2001) Estudo genético-evolutivo de amostras modernas e arqueológicas de milho (*Zea mays mays*, L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- Freitas, F.O.; Bustamante, P.G. (2013) Amazonian maize: diversity, spatial distribution and historical-cultural diffusion. *Tipiti: Journal of the Society for the Anthropology of Lowland South America* 11(2):60-65.
- Freitas, F.O.; Bandel, G.; Allaby, R.G.; Brown, T.A. (2003) DNA from primitive maize landraces and archaeological remains: implications for the domestication of maize and its expansion into South America. *Journal of Archaeological Science* 30:901-908.
- Fukunaga, K.; Hill, J.; Vigouroux, Y.; Matsuoka, Y.; Sanchéz, J.G.; Liu, K.; Buckler, E. S.; Doebley, J.F. (2005) Genetic diversity and population structure of teosinte. *Genetic Society of America* 169:2241-2254.
- Gepts, P.; Debouck, D. (1991) Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris*). In: Schoonhoven, A.; Voysest, A. (Eds.) *Common Beans – Research for crop improvement*. CIAT, Cali, pp.7-53.
- Goebel, T.; Waters, M.R.; O'rouke, D.H. (2008) The late Pleistocene dispersal of modern humans in the Americas. *Science* 319:1497-1502.
- Gore, M.A.; Chia, J.M.; Elshire, R.J.; Sun, Q.; Ersoz, E.S.; et al. (2009) A first-generation haplotype map of maize. *Science* 326:1115-1117.
- Grobman, A.; Bonavia, D.; Dillehay, T.D.; Piperno, D.R.; Iriarte, J.; Holst, I. (2012) Pre-ceramic maize from Paredones and Huaca Prieta, Peru. *Proceeding of the National Academy of Science USA* 109:1755-1759.
- Hake, S.; Ross-Ibarra, J. (2015) Genetic, evolutionary and plant breeding insights from the domestication of maize. *eLife* 4:e05861.
- Harlan, J.R. (1971) Agricultural origins: centers and noncenters. *Science* 174: 468-173.
- Harlan, J.R. (1992) *Crops and man*. American Society of Agronomy/Crop Science Society of America, 2ed., Madison, Wisconsin.
- Hart, J.P.; Brumbach, H.J.; Lusteck, R. (2007) Extending the phytolith evidence for early maize (*Zea mays* ssp. *mays*) and squash (*Cucurbita* sp.) in Central New York. *American Antiquity* 72:563-583.
- Hilbert, L.; Neves, E.G.; Pugliese, F.; Whitney, B.S.; Shock, M.; Veasey, E.; Zimpel, C.A.; Iriarte, J. (2017) Evidence for mid-Holocene rice domestication in the Americas. *Nature Ecology & Evolution* 1:1693-1698.
- Ilitis, H.H. (1983) "From teosinte to maize: The catastrophic sexual transmutation". *Science* 222:886-894.
- Ilitis, H.H. (2000) Homeotic sexual translocations and the origin of maize (*Zea mays*, Poaceae): A new look at an old problem. *Economic Botany* 54:7-42.

- Kato, T.A. (2005). Cómo y dónde se originó el maíz. *Investigación y Ciencia* 347:68- 72.
- Kato, T.A.; Mapes, C.; Mera, L.M.; Serratos, J.A.; Bye, R.A. (2009) Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. (1st ed.). Universidad Autónoma de México, Ciudad de México.
- Kistler, L.M.; Maezumi, S.Y.; de Souza, J.G.; Przelomska, N.A.S.; Costa, F.M.; Smith, O.; Loiselle, H.; Ramos-Madrigal, J.; Wales, N.; Ribeiro, E.; Grimaldo, C.; Prous, A.P.; Gilbert, M.; Thomas P.; de Oliveira, F.F.; Allaby, R.G. (2018) Multi-proxy evidence highlights a complex evolutionary legacy of maize in South America. *Science* 362:1309-1313.
- Kuhnen, S.; Lemos, P.M.M.; Campestrini, L.; Ogliari, J.B.; Dias, P.F.; Maraschin, M. (2009) Antiangiogenic properties of carotenoids: A potential role of maize as functional food. *Journal of Functional Foods* 1:284-290.
- Kuhnen, S.; Ogliari, J.B.; Dias, P.F.; Boffo, E.F.; Correia, I.; Ferreira, A.G.; Delgadillo, I.; Maraschin, M. (2010a) ATR-FTIR spectroscopy and chemometric analysis applied to discrimination of landrace maize flours produced in southern Brazil. *International Journal of Food Science & Technology* 45:1673-1681.
- Kuhnen, S.; Ogliari, J.B.; Dias, P.F.; Santos, M.S.; Ferreira, A.G.; Bonham, C.C.; Wood, K.V.; Maraschin, M. (2010b) Metabolic fingerprint of Brazilian maize landraces silk (stigma/ styles) using NMR spectroscopy and chemometric methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58:2194-2200.
- Kuhnen, S.; Lemos, P.M.M.; Campestrini, L.H.; Ogliari, J.B.; Dias, P.F.; Maraschin, M. (2011) Carotenoid and anthocyanin contents of grains of Brazilian maize landraces. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(9):1548-1553.
- Kuhnen, S.; Dias, P.F.; Ogliari, J.B.; Maraschin, M. (2012) Brazilian maize landraces silks as source of lutein: an important carotenoid in the prevention of age-related macular degeneration. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 3:1609-1614.
- Louette, D.; Smale, M. (2000) Farmers' seed selection practices and traditional maize varieties in Cuizalapa, Mexico. *Euphytica* 113: 25-41.
- Louette, D.; Charrier, A.; Berthaud, J. (1997) In situ conservation of maize in Mexico: genetic diversity and maize seed management in a traditional community. *Economic Botany* 51:20-38.
- Matsuoka, Y.; Vigouroux, Y.; Goodman, M. M.; Sánchez, J. J.; Buckler, E.; Doebley, J. F. (2002) A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99:6080-6084.
- McClintock, B. (1950) The origin and behavior of mutable loci in maize. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 36(6):344-355.
- McClintock, B.; Kato, T.A.; Blumenschein, A. (1981) Chromosome constitution of races of maize. *Colegio de Postgraduados, Chapingo*.
- Mir, C.; Zerjal, T.; Combes, V.; Dumas, F.; Madur, D.; Bedoya, C.; Dreisigacker, S.; Franco, J.; Grudloya, P.; Hao, P. X.; Hearne, S.; Jampatong, C.; Laloë, D.; Muthamia, Z.; Nguyen, T.; Prasanna, B. M.; Taba, S.; Xie, C. X.; Yunus, M.; Zhang, S.; Warburton, M. L.; Charcosset, A. (2013) Out of America: tracing the genetic footprints of the global diffusion of maize. *Theoretical and Applied Genetics*, 126:2671–2682.
- Montanari, M. (2008) *Comida como cultura*. Ed. Senac, São Paulo.

- Nannas, N.J.; Dawe, R.K. (2015) Genetic and genomic toolbox of *Zea mays*. *Genetics* 199:655-669.
- Nault, L.R.; Gordon, D.T.; Damsteegt, V.D.; Iltis, H.H. (1982) Response of annual and perennial teosintes (*Zea*) to six maize viruses. *Plant Disease* 66:61-62.
- Neves, W.; Zanini, M.D.C.; Munford, D.; Pucciarelli, H.M. (1989) O povoamento das Américas à luz da morfologia craniana. *Revista USP*, 34:96-105.
- Neves, W.A.; Bernardo, D.V.; Okumura, M.M.M. (2007) A origem do homem americano vista a partir da América do Sul: uma ou duas migrações? *Revista de Antropologia* 50(1):9-44.
- Paterniani, E. (1998) Diversidade genética e raças de milho no Brasil. In: Soares, A.C.; Machado, A.T.; Silva, B.M.; Weid, J.M.V.D. (Eds.) *Milho crioulo: conservação e uso da biodiversidade*. AS-PTA, Rio de Janeiro, pp.28-31.
- Paterniani, E.; Goodman, M.M. (1977) *Races of maize in Brazil and adjacent areas*. CIMMYT, Mexico City.
- Paterniani, E.; Nass, L.L.; Santos, M.X. (2000) O valor dos recursos genéticos de milho para o Brasil. In: Udry, C.V.; Duarte, W. (Eds.) *Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos*. Paralelo, Brasília, pp.11-41.
- Pearsall, D.M.; Piperno, D.R. (1990) Antiquity of maize cultivation in Ecuador: summary and reevaluation of the evidence source. *American Antiquity* 55:324-337.
- Pena, S.D.J.; Silva, D.R.C.; Santos, F.R. (1989) Utilização de polimorfismos de DNA do cromossomo Y no estudo do povoamento das Américas. *Revista USP* 34:44-57.
- Pickersgill, B. (2007) Domestication of plants in the Americas: insights from mendelian and molecular genetics. *Annals of Botany* 100:925-940.
- Piperno, D.R. (2011) The origins of plant cultivation and domestication in the new world tropics: patterns, process, and new developments. In: Price, D.; Bar-Yosef, O. (Eds). *The beginnings of agriculture: new data, new ideas*. *Current Anthropology* 52:453-470.
- Piperno, D.R.; Clary, K.H.; Cooke, R.G.; Ranere, A.J.; Weiland, D. (1985) Preceramic maize in central Panama: phytolith and pollen evidence. *American Anthropologist* 87:871-878.
- Piperno, D.R.; Ranere, A.J.; Holst, I.; Iriarte, J.; Dickau, R. (2009) Starch grain and phytolith evidence for early ninth millennium B.P. maize from the Central Balsas River Valley, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106:5019-5024.
- Poggio, L.; Rosato, M.; Chiavarino, A.M.; Naranjo, C.A. (1998) Genome size and environmental correlations in maize (*Zea mays* ssp. *mays*, Poaceae). *Annals of Botany* 82:107-115.
- Prous A (1997) O povoamento da América visto do Brasil: uma perspectiva crítica. *Revista USP* 34:8-21.
- Ramos-Madrugal, J.; Smith, B.D.; Moreno-Mayar, J.V.; Gopalakrishnan, S.; Ross-Ibarra, J.; Gilbert, M.T.P.; Wales, N. (2016) Genome sequence of a 5,310-year-old maize cob provides insights into the early stages of maize domestication. *Current Biology* 26:3195-3201.
- Realini, M.F.; Poggio, L.; Cámara Hernández, J.; González, G.E. (2018) Exploring karyotype diversity of Argentinian Guaraní maize landraces: Relationship among South American maize. *PLoS One* 13(6):e0198398.

- Rindos, D. (1984) The evolution of domestication. In: Rindos, D. The origins of agriculture: an evolutionary perspective. Academic Press, San Diego, pp.138-189.
- Roosevelt, A.C.; Costa, M.L.; Machado, C.L.; Michab, M.; Mercier, N.; Valladas, H.; et al. (1996) Paleoindian cave dwellers in the Amazon: The peopling of the Americas. *Science* 272:373-383.
- Sanchez, J.; De La Cruz, L.L.; Vidal, M.V.A.; Ron, P.J.; Taba, S.; Santacruz-Ruvalcaba, F.; et al. (2011) Three new teosintes (*Zea* spp., Poaceae) from México. *American Journal of Botany* 98:1537-1548.
- Serratos, J.A. (2009) The origin and diversity of maize in the American continent. Universidad Autonoma de la Ciudad de Mexico, Ciudad de Mexico.
- Schnable, P. S.; Ware, D.; Fulton, R.S.; Stein, J.C.; Wei, F.; Pasternak, S.; et al. (2009) The B73 maize genome: complexity, diversity, and dynamics. *Science* 326:1112-1115.
- Silva, N.C.A. (2015) Conservação, diversidade e distribuição de variedades locais de milho e seus parentes silvestres no Extremo Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.
- Silva, N.C.A.; Vidal, R.; Costa, F.M.; Vaio, M.; Ogliari, J.B.O. (2015) Presence of *Zea luxurians* populations (Durieu and Ascherson) Bird in southern Brazil: implications for the conservation of wild relatives of maize. *PLoS One*. Doi: 10.1371/journal.pone.0139034.
- Silva, N.C.A.; Vidal, R.; Ogliari, J.B. (2017) New popcorn races in a diversity microcenter of *Zea mays* L. in the Far West of Santa Catarina, Southern Brazil. *Genetic Resources and Crop Evolution* 64: 1191-1204.
- Smalley, J.; Blake, M. (2003) Sweet beginnings: stalk sugar and the domestication of maize. *Current Anthropology* 44:675-703.
- Soderlund, C.; Descour, A.; Kudrna, D.; Bomhoff, M.; Boyd, L.; Currie, J.; et al. (2009) Sequencing, mapping, and analysis of 27,455 maize full-length cDNAs. *PLoS Genetics* 5(11):e1000740.
- Springer, N.M.; Ying, K.; Fu, Y.; Ji, T.; Yeh, C. T.; Jia, Y.; et al. (2009) Maize inbreds exhibit high levels of copy number variation (CNV) and presence/absence variation (PAV) in genome content. *PLoS Genetics* 5(11):e1000734.
- Stothert, K.E. (1985) The preceramic Las Vegas culture of Coastal Ecuador. *American Antiquity* 50(3):613-637.
- Studer, A; Doebley, J.F. (2012) Evidence for a natural allelic series at the maize domestication locus *teosinte branched1*. *Genetics* 191:951-958.
- Tsiantis, M. (2011) A transposon in *tb1* drove maize domestication. *Nature Genetics* 43:1048-1050.
- Uarrota, V.G.; Severino, R.B.; Maraschin, M. (2011a) Maize landraces (*Zea mays* L.): a new prospective source for secondary metabolite production. *International Journal of Agricultural Research* 6:218-226.
- Uarrota, V.G.; Schmidt, E.C.; Bouzon, Z.L.; Maraschin, M. (2011b). Histochemical analysis and protein content of maize landraces (*Zea mays* L.). *Journal of Agronomy* 10:92-98.

USDA. United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service. Corn Area, Yield, and Production. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>. Acceso em 02/05/2018.

Vallebueno-Estrada, M.; Rodríguez-Arévalo, I.; Rougon-Cardoso, A.; González, J.M.; Cook, A.G.; Montiel, R.; Vielle-Calzada, J.P. (2016) The earliest maize from San Marcos Tehuacán is a partial domesticate with genomic evidence of inbreeding. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113:14151-14156.

van Heerwaarden, J.; Doebley, J.; Briggs, W.H.; Glaubitz, J.C.; Goodman, M.M. (2011) Genetic signals of origin, spread, and introgression in a large sample of maize landraces. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108(3):1088-1092.

Vavilov, N.I. (1992) *Origin and geographic of cultivated plants*. Cambridge University Press, Cambridge.

Vielle-Calzada, J.P.; de la Veja, O.M.; Hernández-Guzmán, G.; Ibarra-Laclette, E.; Álvarez-Mejía, C.; Veja-Arreguín, J.C.; et al. (2009) The palomero genome suggests metal effects on domestication. *Science* 326:1078.

Vigouroux, Y.; Glaubitz, J.; Matsuoka, Y.; Goodman, M.M.; Sánchez, G.J.; Doebley, J.F. (2008) Population structure and genetic diversity of new world maize races assessed by DNA microsatellites. *American Journal of Botany* 95:1240-1253.

Walker, R.S.; Ribeiro, L.A. (2011) Bayesian phylogeography of the Arawak expansion in lowland South America. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 278: 2562-2567.

Wang, L.; Yang, A.; He, C.; Qu, M.; Zhang, J. (2008) Creation of new maize germplasm using alien introgression from *Zea mays* ssp. *mexicana*. *Euphytica* 164: 789-801.

Watling, J.; Shock, M.P.; Mongelo, G.Z.; Almeida, F.O.; Kater, T.; De Oliveira, P.E.; et al. (2018) Direct archaeological evidence for Southwestern Amazonia as an early plant domestication and food production centre. *PLoS One* 13(7): e0199868.

Wellhausen, E.J.; Roberts, L.M.; Hernández, X.E. (en colaboración con Mangelsdorf, P.C.) (1951) Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución. Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D.F, pp.23-47.

Yang, C.J.; Samayoa, L.F.; Bradbury, P.J.; Olukolu, B.A.; Xue, W., York, A.M. et al. (2019) The genetic architecture of teosinte catalyzed and constrained maize domestication. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States* 116:5643-5652.

Zeder, M.A. (2006) Central questions in the domestication of plants and animals. *Evolutionary Anthropology* 15:105-117.

Zeven, A.C. (1998) Landraces: a review of definitions and classifications. *Euphytica* 104:127-139.

Ziegler, K.E. (2001) Popcorn. In: Hallauer, A.R. (Ed.) *Specialty corns*. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp.205-240.

Zohary, D. (2004) Unconscious selection and the evolution of domesticated plants. *Economic Botany* 58:5-10.



# MILHOS DAS TERRAS BAIXAS DA AMÉRICA DO SUL E CONSERVAÇÃO DA AGROBIODIVERSIDADE NO BRASIL E NO URUGUAI

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 



# MILHOS DAS TERRAS BAIXAS DA AMÉRICA DO SUL E CONSERVAÇÃO DA AGROBIODIVERSIDADE NO BRASIL E NO URUGUAI

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 