

Disciplina: Genética e Questões Socioambientais

Prof: José Baldin Pinheiro



Como os humanos domesticaram as plantas?

O caso do milho

Flaviane Malaquias Costa

Doutoranda em Genética e Melhoramento de Plantas (ESALQ/USP)

Mestre em Recursos Genéticos Vegetais (UFSC)

Orientadora: Elizabeth Ann Veasey

Laboratório de Genética Ecológica de Plantas

Departamento de Genética

Universidade de São Paulo - ESALQ/USP



30 DE AGOSTO DE 2018

Imagens: Arquivo InteraBio

Evolução do Milho

Origem e Domesticação

DE ONDE VEIO?

Vale do Rio Balsas, sul do México



Imagem: Sawers e Leon, 2011



Evolução do Milho

Origem e Domesticação

QUANDO?

Evidências arqueológicas

“A prova mais direta da existência antiga de uma espécie em um local pela verificação de fragmentos arqueológicos, em uma certa data.”



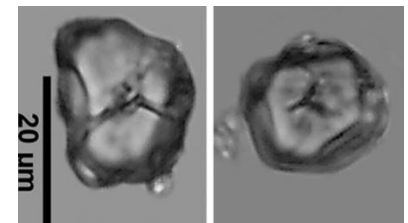
Coleções do Museu Robert S. Peabody, Smithsonian Institution. Sabugos de Milho (5.300 a 1.200 anos AP), Tehuacan, Mexico.

Imagem: Donald E. Hurlbert, Smithsonian Institution.

Fitólitos

Microestruturas minerais de sílica presentes em diversas partes da planta. Se formam naturalmente dentro de tecidos vegetais e resistem melhor ao intemperismo, podendo ser preservados após a decomposição da planta. Sua forma é específica para cada espécie, sendo testemunha da ocorrência de determinada espécie em um local e data (Freitas, 2001).

Amido



Evolução do Milho

Origem e Domesticação

QUANDO?

9.000 anos antes do presente (AP)

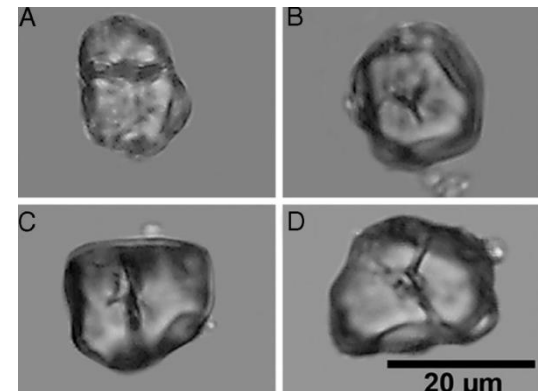


Coleções do Museu Robert S. Peabody, Smithsonian Institution. Sabugos de Milho (5.300 a 1.200 anos AP), Tehuacan, Mexico.

Imagem: Donald E. Hurlbert, Smithsonian Institution.

Starch grain and phytolith evidence for early ninth millennium B.P. maize from the Central Balsas River Valley, Mexico

Dolores R. Piperno^{a,b,1}, Anthony J. Ranere^{b,c}, Irene Holst^b, Jose Iriarte^d, and Ruth Dickau^c *PNAS*, 2009



Quando chegou na América do Sul?

Eventos de dispersão independentes:

7.500 anos AP

Andes

6.000 anos AP

TB amazônicas do Equador

PNAS

Preceramic maize from Paredones and Huaca Prieta, Peru

Alexander Grobman^a, Duccio Bonavia^b, Tom D. Dillehay^{c,1}, Dolores R. Piperno^{d,e,1}, José Iriarte^f, and Irene Holst^g

^aUniversidad Nacional Agraria, La Molina 12, Lima 1, Perú; ^bAcademia Nacional de la Historia, Lima 1, Perú; ^cDepartment of Anthropology, Vanderbilt University, Nashville, TN 37235; ^dProgram in Human Ecology and Archaeobiology, Department of Anthropology, Smithsonian National Museum of Natural History, Washington, DC 20013; ^eSmithsonian Tropical Research Institute, Apartado Postal 0843-03092, Balboa, Republic of Panama; and ^fDepartment of Archaeology, University of Exeter, Exeter EX1 2LU, United Kingdom

Contributed by Dolores R. Piperno, December 12, 2011 (sent for review October 23, 2011)



Fig. 2. Various preceramic maize elements from the Paredones site. (A) Husk with high venation index. (B) Tassel showing no condensation, unlike tassel from most Mexican maize. (C) Popcorn grain. (D) Stalk internode from a slender plant, probably no taller than ~1.5 m.

Current Anthropology Volume 52, Number S4, October 2011

The Origins of Plant Cultivation and Domestication in the New World Tropics

Patterns, Process, and New Developments

by Dolores R. Piperno

Eastern Amazon:
Gera, Brazil



5760 ± 90 BP (6662–6464 cal BP)
Ca. 3350 BP (ca. 3800 BP)

A 6,000 year history of Amazonian maize cultivation

Mark B. Bush*, Dolores, R. Piperno†
& Paul A. Colinvaux*‡

Departments of * Zoology and ‡ Anthropology, 1735 Neil Avenue,
Ohio State University, Columbus, Ohio 43210, USA
† Smithsonian Tropical Research Institute, Box 2072, Panama



Laboratory of Archaeology

Base de dados interativa:
amostras arqueológicas de milho



Evidence for mid-Holocene rice domestication in the Americas

Lautaro Hilbert¹, Eduardo Góes Neves², Francisco Pugliese², Bronwen S. Whitney³, Myrtle Shock⁴, Elizabeth Veasey⁵, Carlos Augusto Zimpel⁶ and José Iriarte^{1*}

5.300 anos AP, Rondônia
(Freitas et al., 2003)

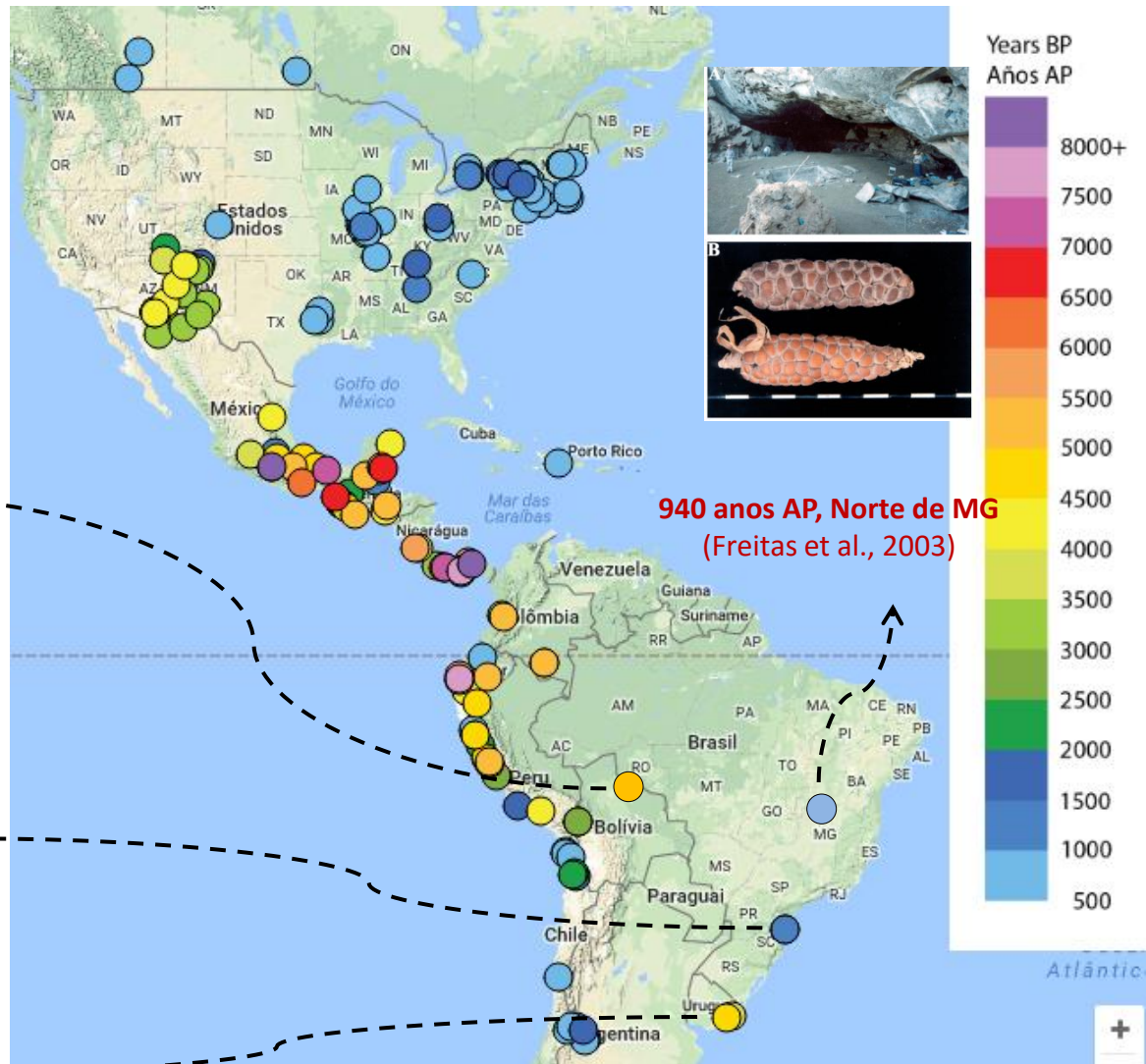
Evaluating microfossil content of dental calculus from Brazilian sambaquis

Verônica Wesolowski,¹ Sheila Maria Ferraz Mendonça de Souza,² Karl J. Reinhard³ and Gregório Ceccantini⁴



Amido de milho em dentes arqueológicos:
1.200 a 1.500 anos AP, SC/Brasil
(Wesolowski et al. 2010)

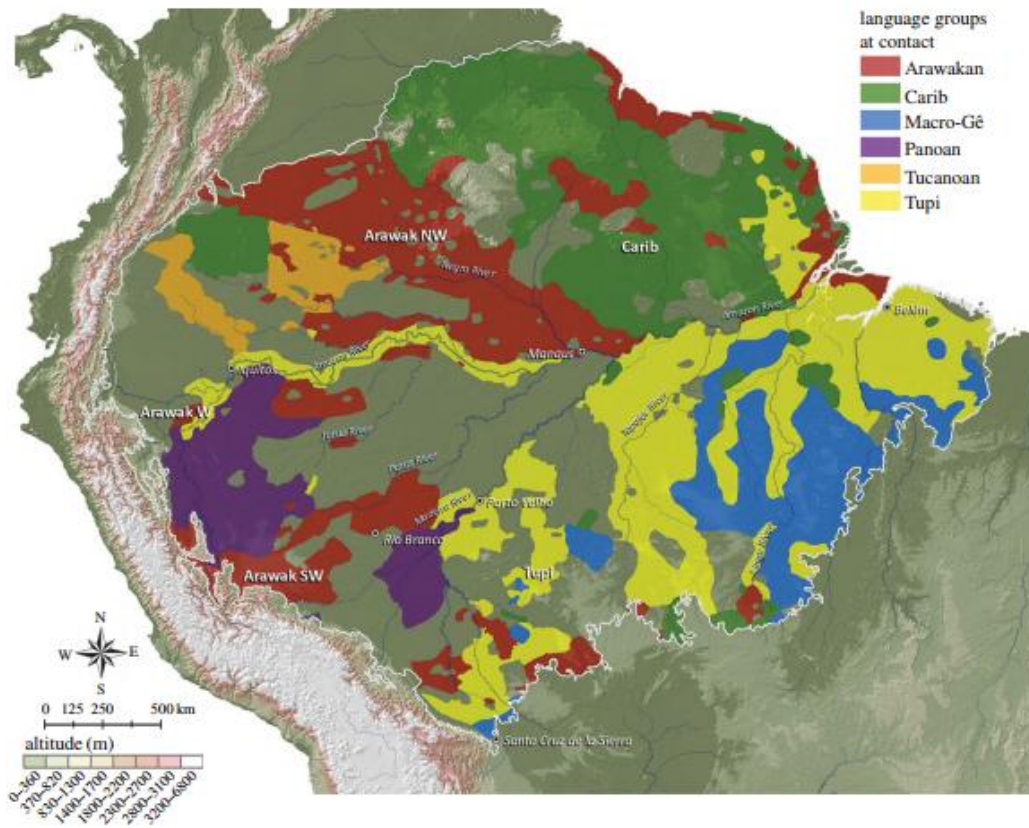
4.190 anos AP no Uruguai
(Iriarte et al., 2004)



Evolução do Milho

Origem e Domesticação

Grupos linguísticos da Amazônia, no contato



QUANDO?

Evidências Linguísticas

Nomes para as espécies, especialmente em línguas nativas

Permite diagnosticar se uma espécie foi importante?

Para Quem? Onde? Quando?

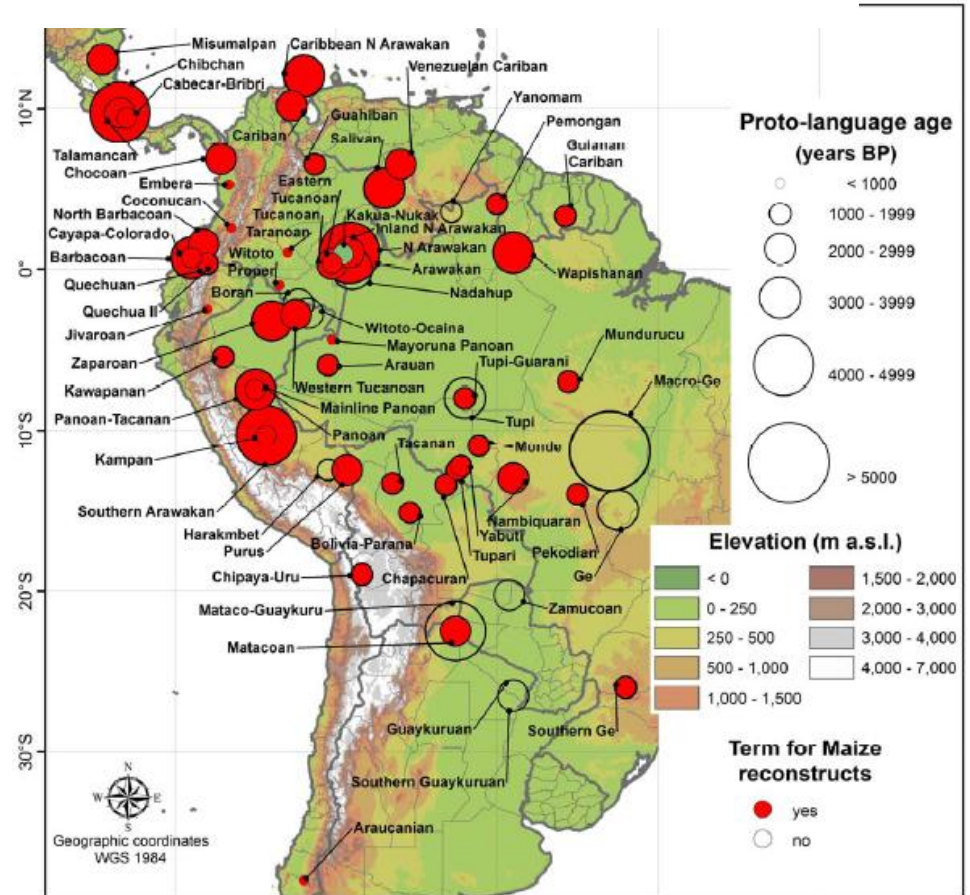
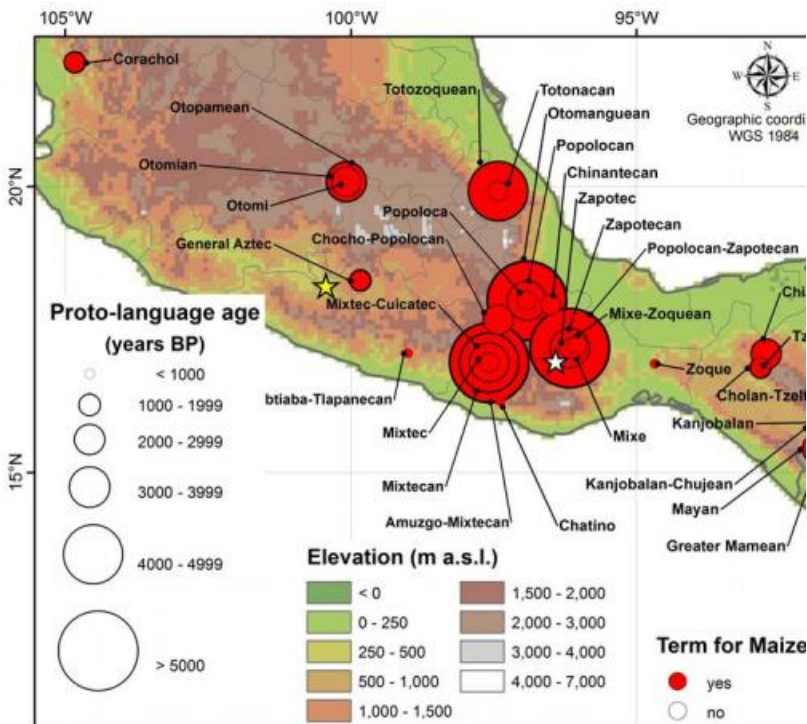


The Paleobiolinguistics of Maize (*Zea mays* L.)

Cecil H. Brown^{1*}, Charles R. Clement², Patience Epps³, Eike Luedeling⁴, and Søren Wichmann⁵

Author address: ¹Northern Illinois University, DeKalb, IL 60115, USA, ²Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brazil, ³University of Texas at Austin, Austin, TX, USA, ⁴World Agroforestry Centre (ICRAF), Nairobi, Kenya, ⁵Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Leipzig, Germany, and Kazan Federal University, Kazan, Russia

* Corresponding author: brown.cecil@yahoo.com



Evolução do Milho

Origem e Domesticação

COMO?

Gênero Zea: 5 espécies e 4 subespécies

Zea mays ssp. Parviglumis

Ancestral do milho (Teosinto ou Teosinte)

Origem do nome: Índios Nahuátl - significa: grãos dos Deuses

“Raças domesticadas mostram adaptação para o uso do homem”

Que tipo de seleção?

Consciente e Inconsciente



Filogenia do gênero *Zea* baseada em ~ 1000 SPNs.

Fonte: Hufford et al. 2012



Imagem: Google Images

Origem e Domesticação

COMO?

Síndrome da Domesticação

Mudança radical na morfologia sob domesticação

Beadle (1980): acúmulo de cerca de 5 mutações p/ mudar do teosinte para o milho
Diferenças entre o milho e seu ancestral (teosinte)

Muitos ramos laterais em comparação com a espécie cultivada (um colmo)

1 ou 2 fileiras de grãos _____ 4 (ou mais) fileiras de grãos

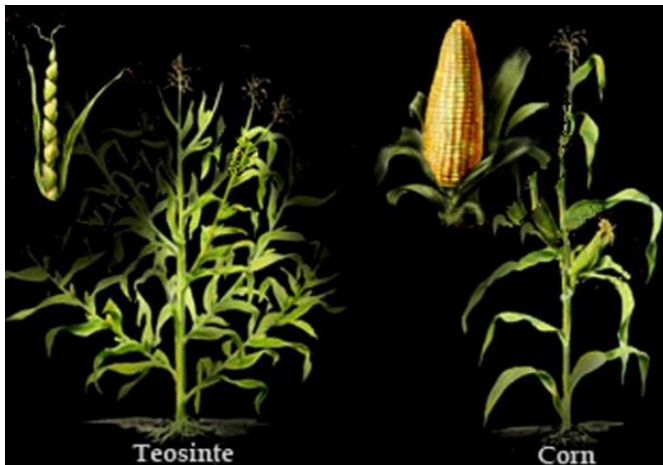
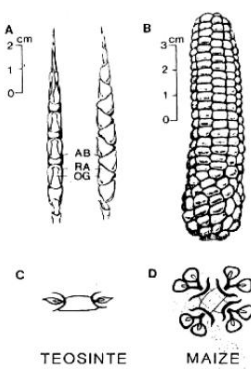
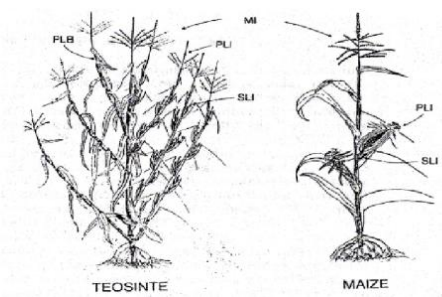
Espiguetas simples _____ Espiguetas aos pares

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



Evolução do Milho

Origem e Domesticação

QUEM?

Civilizações indígenas



Codice Florentino – Acervo IBUNAM

Evolução do Milho



Deus do milho – Maia

Início da civilização: ***Cerca de 4618 anos A.P.***



Monte Alban (Oaxaca, México)
Capital dos Zapotecas
2518 a 1268 anos A.P.



Evolução do Milho



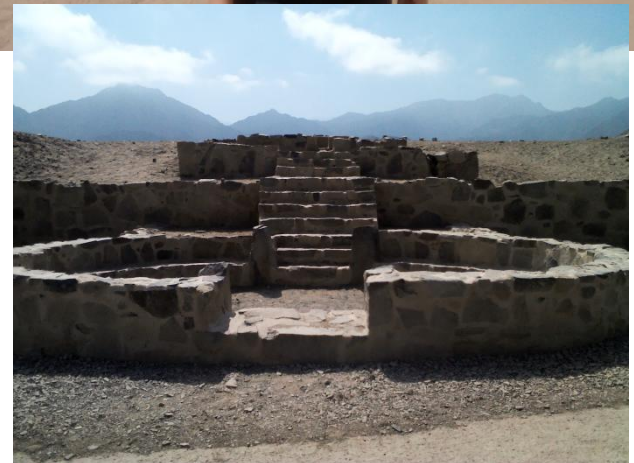
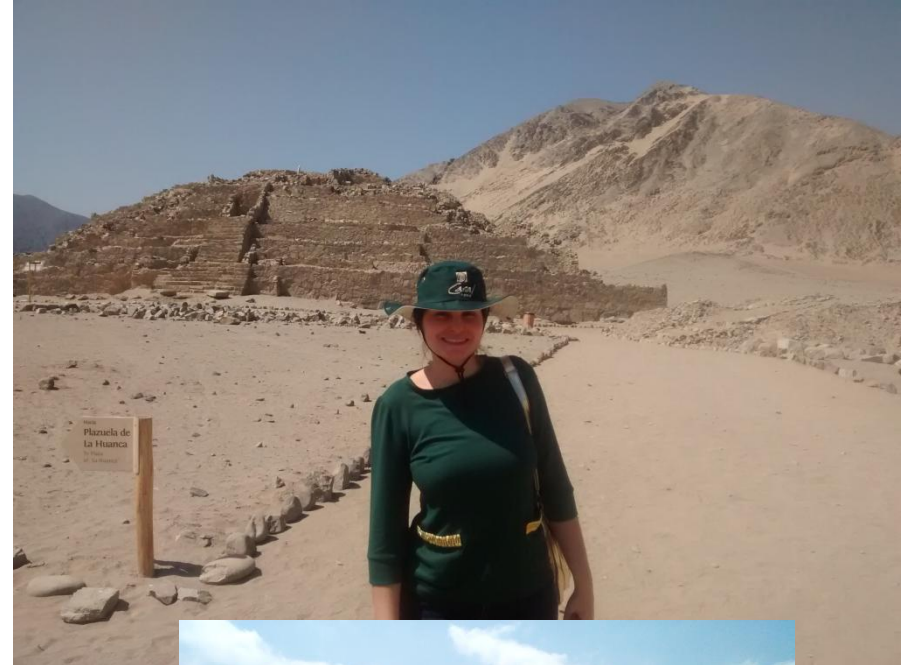
Deus do milho – Asteca

Início da civilização: **Cerca de 718 anos A.P.**

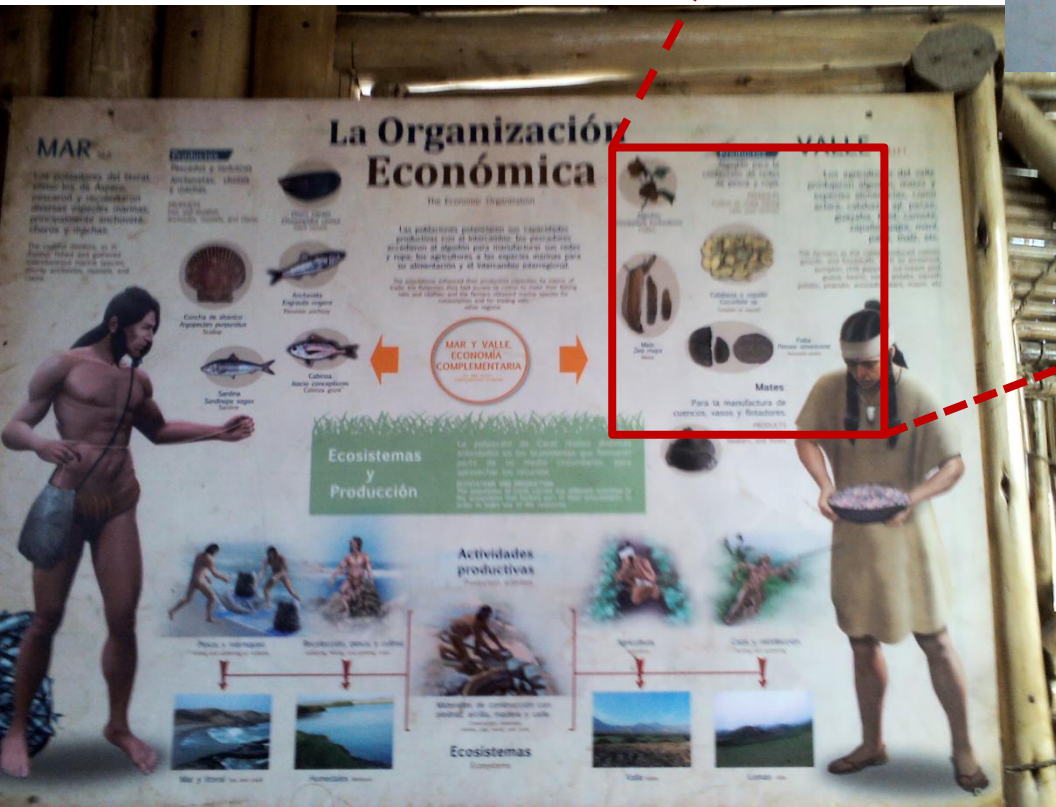
Caral, vale do Supe, Peru

A civilização de Caral, a mais antiga do continente americano. A cidade existiu durante os anos **5018 A.P. até 3818 A.P.** (segundo 42 datações).

A cidade sofreu com secas, fome, doenças e seus habitantes abandonaram a cidade, até ser descoberta em 1905.



Caral, vale do Supe, Peru 5018 até 3818 anos A.P.



Imagens: Arquivo InterAbio, Flaviane Malaquias Costa



Champi...
...
...
...

Fibra...
...
...

Fibra...
...
...

Fibra...
...
...

Fibra...
...
...

Fibra...
...
...

Semillas de algodón
Gossypium barbadense

Fibras de algodón de colores
Gossypium barbadense

Tusa de maíz
Zea mays

Imagens: Arquivo InterAbio, Flaviane Malaquias Costa

Caral, vale do Supe, Peru. 5018 até 3818 anos A.P.

Evolução do Milho



Evolução do Milho

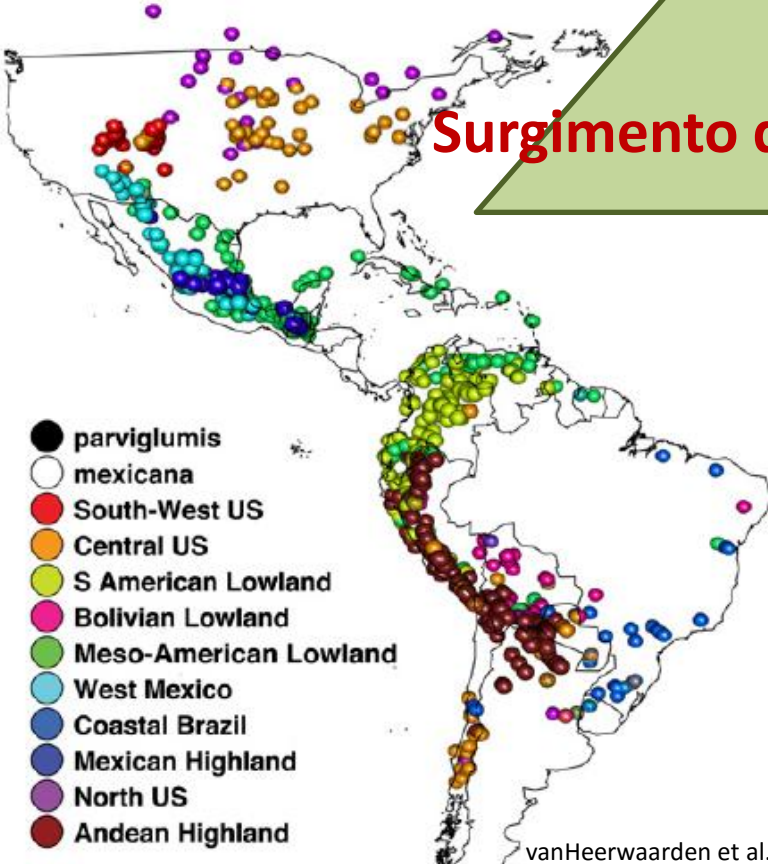
Domesticação do Milho



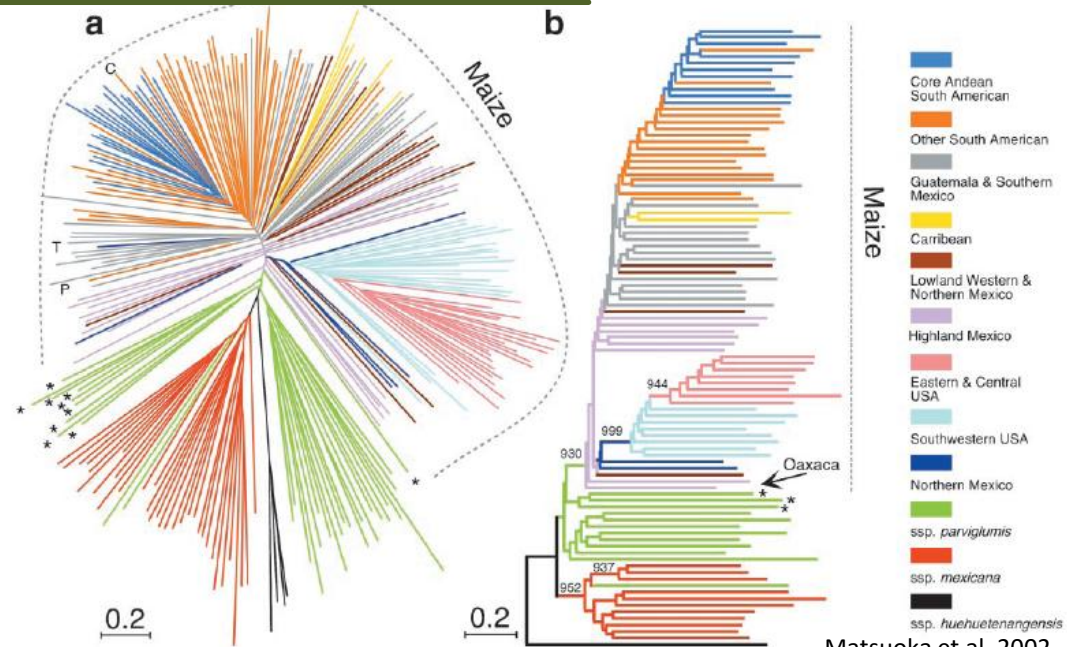
Dispersão para diferentes regiões



Surgimento de centros de diversificação



vanHeerwaarden et al. 2011



Matsuoka et al. 2002

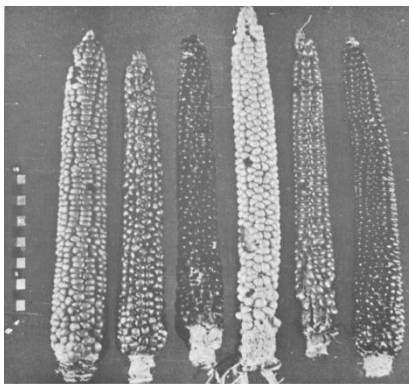
Alta Diversidade de Milho



59 raças nativas do México

Imagem: Banco de Germoplasma do CIMMYT. Fonte: <http://www.cimmyt.org/maize-from-mexico-to-the-world/>

Entrelaçado



Uso: sem descrição

Avati Moroti



Uso: Farinhas

Pipocas Guarani



Uso: pipoca (alimentação humana)

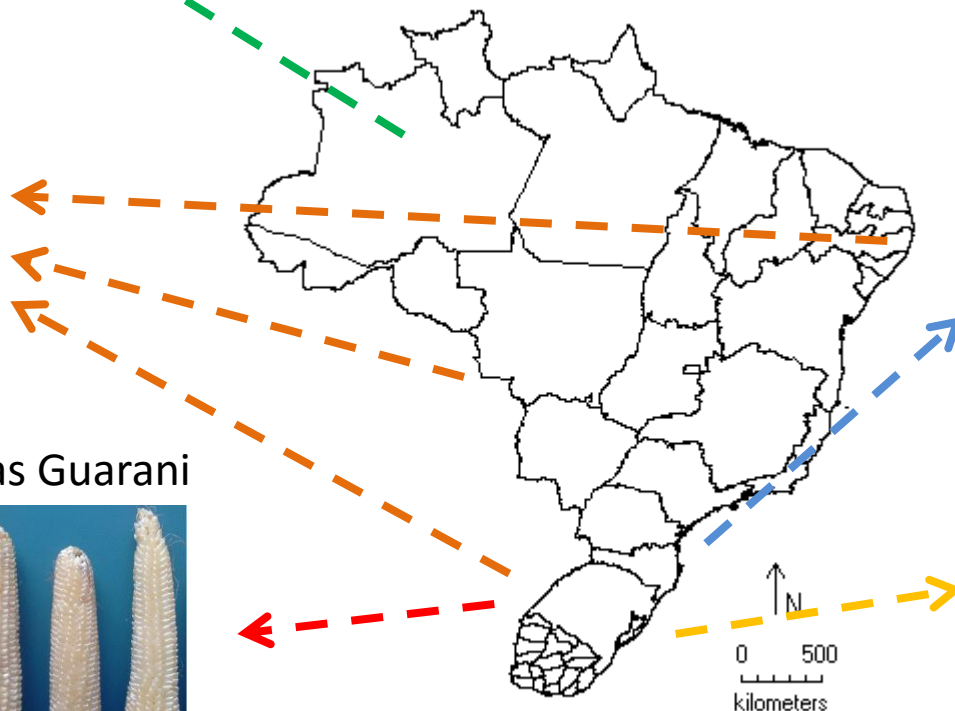
Evolução do Milho

O que aconteceu quando o milho chegou no Brasil?

Surgiram diferentes raças de milho em diferentes regiões

34 RAÇAS

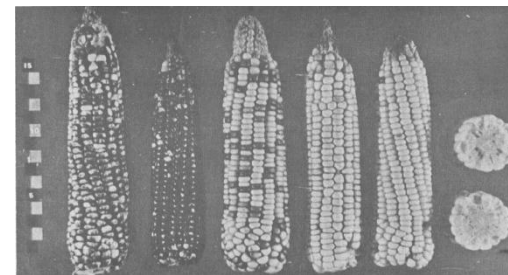
Centro secundário de diversidade



Raças indígenas

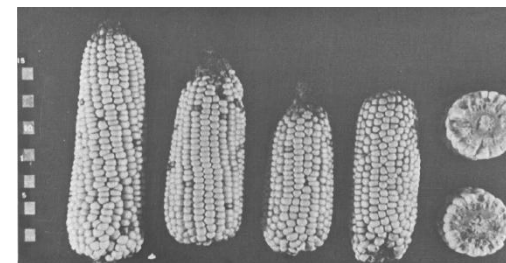


Caingang



Uso: sem descrição

Lenha



Uso: fogo



Evolução do Milho



O que aconteceu quando o milho chegou no Brasil?

Linha do Tempo



Raças Indígenas

Origem Indígena
Grão Farináceo
Grão Pipoca
Branco Dentado

Raças Antigas

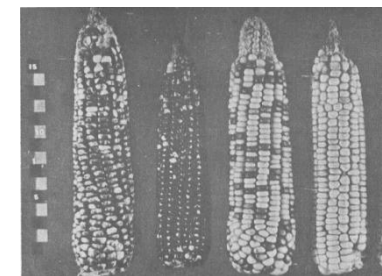
Origem Indígena
Grão Duro
Grão Semi Dentado

Raças Recentes

Grão Dentado
Grão Semi Dentado

Raças Exóticas

Raças introduzidas de outros países



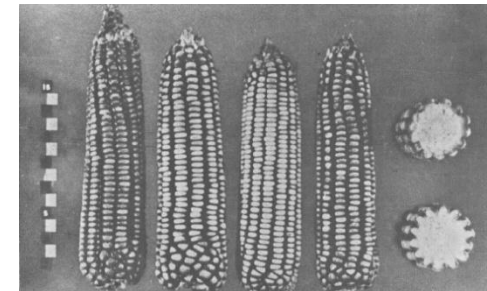
Caingang



Cristal – Cristal Semi dentado



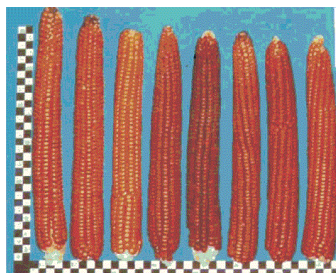
Semidentado Sub. riograndense



Tuson



Pipocas Guarani



Canario de ocho

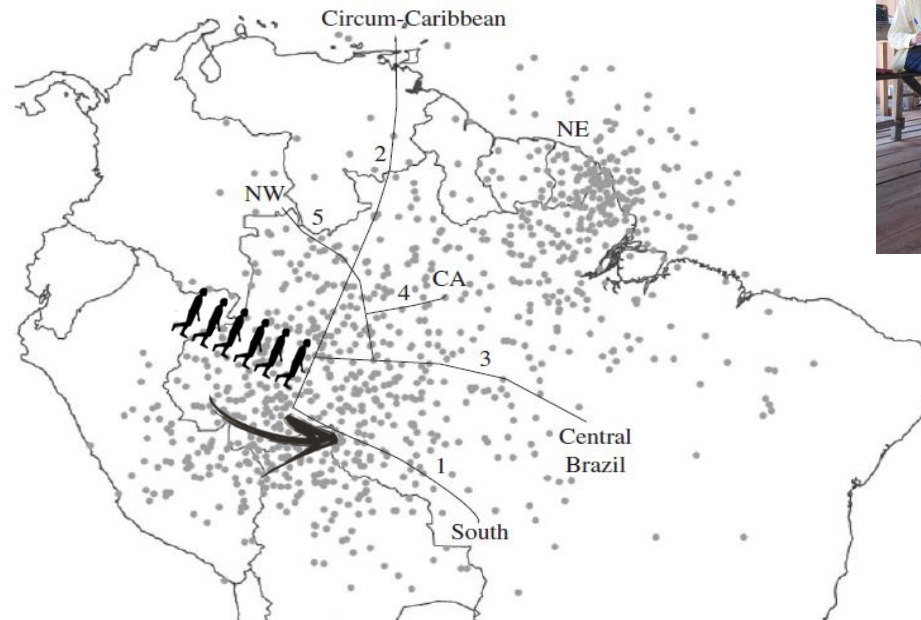


Cuarentino



Hicory king

Padrões de dispersão da diversidade genética do milho nas Terras baixas da América do Sul



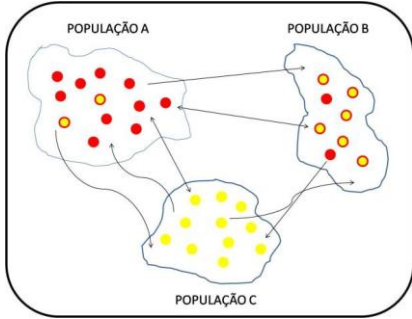
Flaviane Malaquias Costa

Orientadora: Elizabeth Ann Veasey

Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas



Evolução do Milho



Por que é importante estudar a dispersão de uma espécie?

A dispersão está associada a modificações adaptativas (seleção natural e humana)

Centros de diversificação: fontes de genes úteis a humanidade

Orientar prospecções de coletas de germoplasma

Fortalece esforços de conservação e agrega valor aos Recursos Genéticos e ao Melhoramento de Plantas



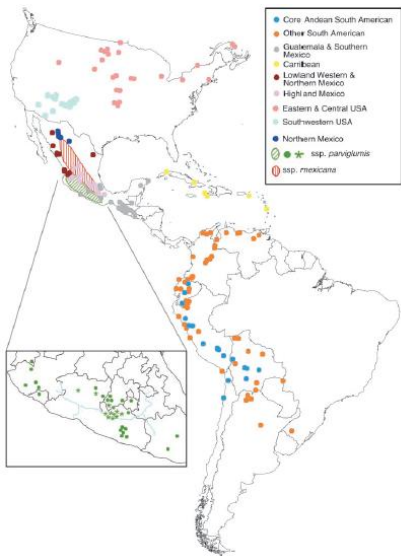


Apenas 7 acessos-Brasil e 5-Uruguai
Raças recentes! (Dente e Catetos)

BRAZIL 2441	Cateto Paulista Grosso (Cateto Grosso)	<u>Brasil</u>
BRAZIL 1546	<u>Cateto Assis Brasil</u>	<u>Brasil</u>
BRAZIL 2305	Dente Paulista	<u>Brasil</u>
BRAZIL 953	Dente <u>Riograndense Rugoso</u>	<u>Brasil</u>
BRAZIL PE012	Dentado	<u>Brasil</u>
26373	<u>Cateto Nortista</u>	<u>Brasil</u>
BRAZIL 60	<u>Cateto Grande</u>	<u>Brasil</u>

Análises genéticas das Terras Baixas da América do Sul

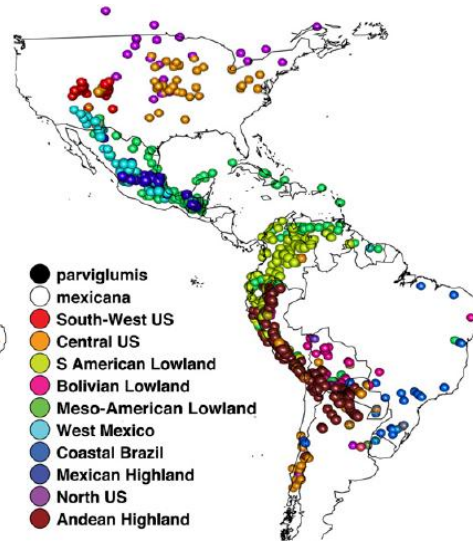
Lacuna amostral



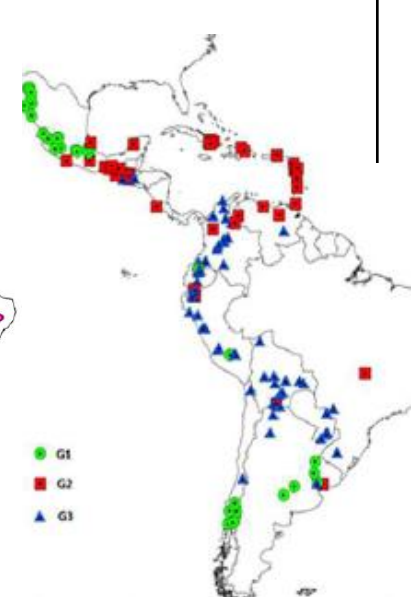
Matsuoka et al. 2002



Vigouroux et al. 2008



vanHeerwaarden et al. 2011



Bedoya et al. 2017



Projeto Dispersão - InterAbio

Material vegetal: 279 acessos

Extração de DNA

188 acessos de milho:

- Variedades locais coletadas
- Acessos BAG de milho da Embrapa
- 14 raças da Colômbia

91 acessos de milho:

- Variedades locais e arqueológicas



Smithsonian Institution



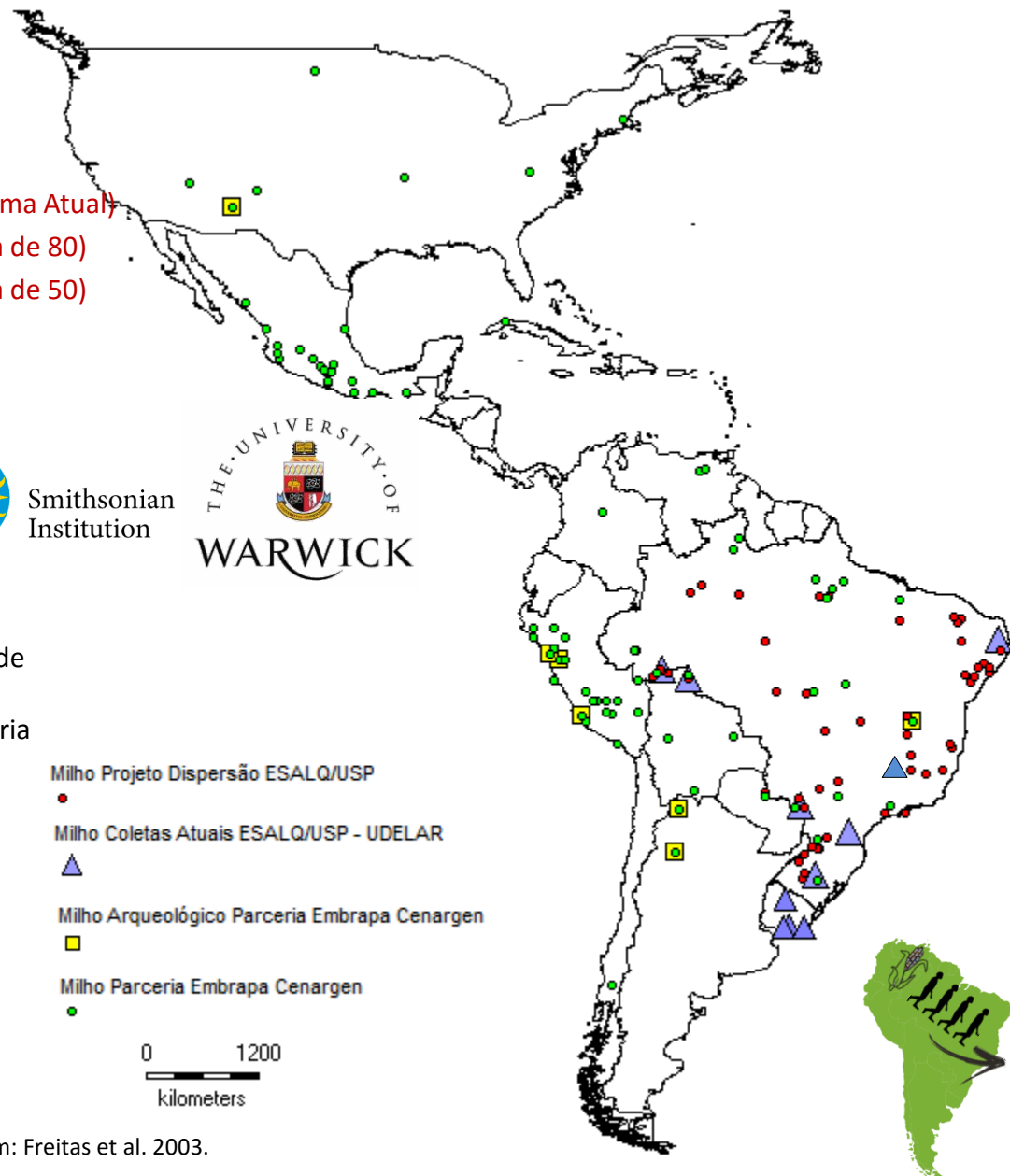
PARCERIAS:

Brasil: Embrapa-Cenargen – Dr. Fábio Freitas

Colômbia: Universidade Nacional da Colombia – Grupo de Investigación en Recursos Fitogenéticos Neotropicales – GIRFIN - Profa. Dra. Creuci Maria Caetano

Inglaterra: University of Warwick – Dr. Robin Allaby

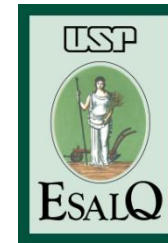
EUA: National Museum of Natural History, Smithsonian Institute – Dr. Logan Kistler



(Panorama Atual)
(Década de 80)
(Década de 50)

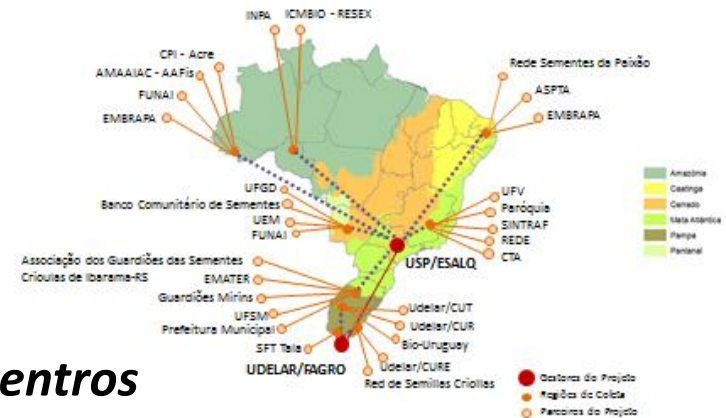


Imagem: Freitas et al. 2003.



- **Quais raças?**
- **Existem novas raças?**
- **Regiões podem ser consideradas microcentros de diversidade?**

InterABio em Rede





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Consolidación del Mar de Grau"



Seminario y Taller Internacional CLASIFICACIÓN RACIAL DE LA DIVERSIDAD DEL MAÍZ PERUANO CON FINES DE BIOSEGURIDAD

Conceito e Metodologia

“**Raza de maíz** es un conjunto de variedades con características genéticas comunes que la distingue, adaptada a determinadas condiciones ambientales asociadas a ciertos contextos sociales y culturales (Lima, 2016)”.

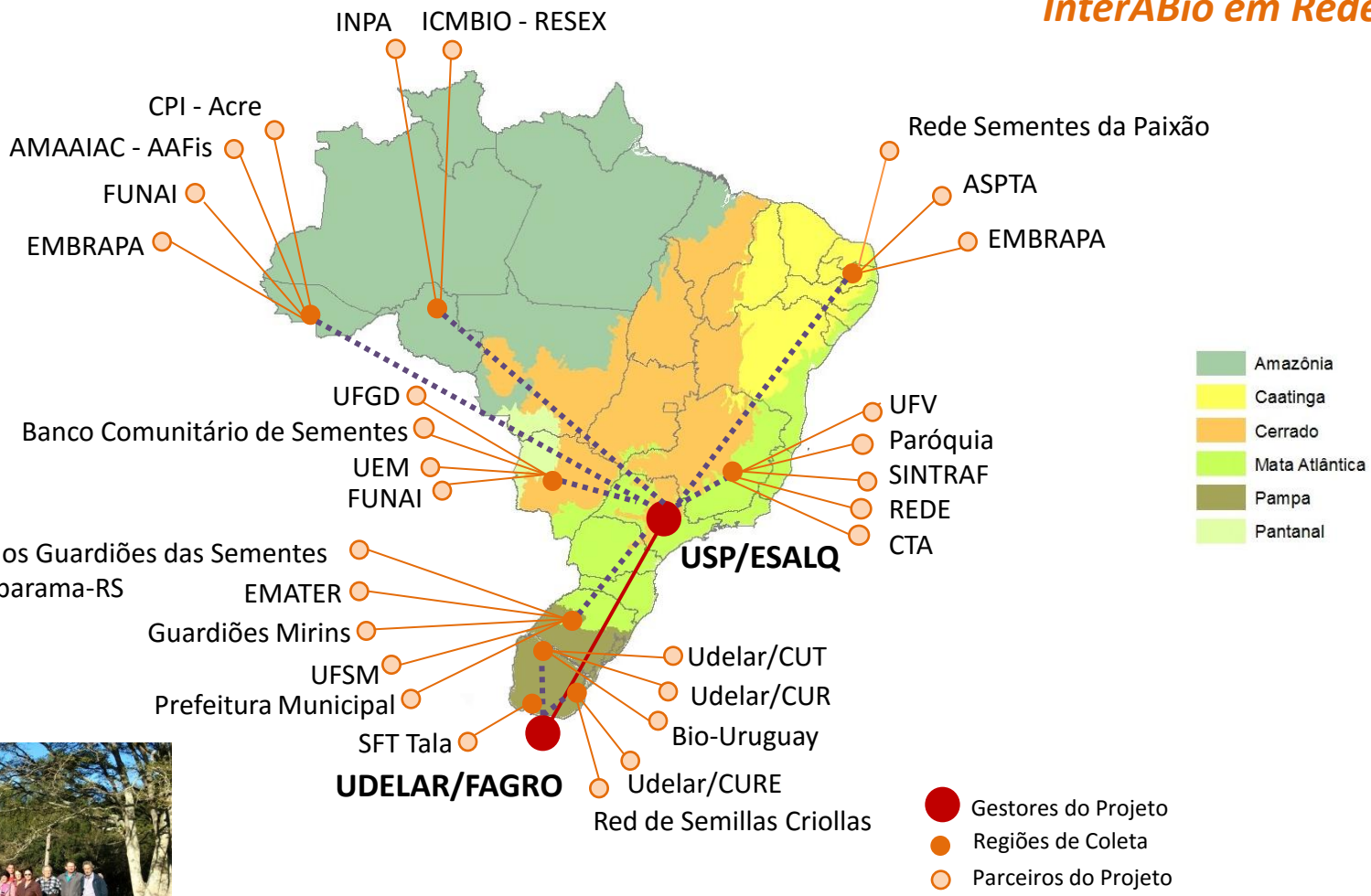


Imagens: Arquivo InteraBio

Quem somos?



InterABio em Rede



31 organizações
40 pessoas

A Roda das Espigas: *construindo o conceito de raças*



364 pessoas capacitadas

Quantos grupos de espigas foram formados?

Quais características escolheram para separar os grupos de espigas?

Existe algum uso associado aos grupos de espigas formados?



Siembrando mi Merienda





Projeto: Milhos das Terras Baixas da América do Sul – atualizando a diversidade de raças do Brasil e Uruguai

Coletas, Entrevistas e Caracterização de Variedades Crioulas

País	Estado/Região	Nº de Agricultores Entrevistados	Nº Variedades Identificadas	Nº Variedades Coletadas/Caract.
Brasil	Rio Grande do Sul	23	75	59
Brasil	Mato Grosso do Sul	15	31	20
Brasil	Acre	8	29	2*
Brasil	Paraíba	20	68	58
Brasil	Rondônia (A. Rio Madeira)	12	54	12
Brasil	Minas Gerais	15	102	84
Uruguai	Rocha	12	25	19
Uruguai	Tacuarembó/Rivera	14	30	30
Uruguai	Treita y Tres	2	6	6
Uruguai	Canelones	10	14	11
Uruguai	Outras	3	4	4
Total		134	438	303





Compartilhando nossa experiência e as iniciativas locais

PAMPA: Norte, Leste e Sul do Uruguai



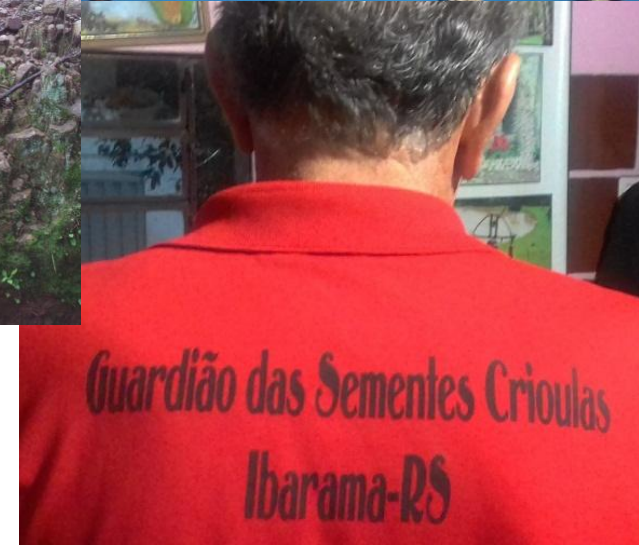


Um pouco da nossa experiência e das iniciativas locais



PAMPA/MATA ATLÂNTICA: Rio Grande do Sul

Imagens: Arquivo InteraBio





Compartilhando nossa experiência e as iniciativas locais



Imagens: Arquivo InteraBio



CERRADO/PANTANAL: Mato Grosso do Sul





Compartilhando nossa experiência e as iniciativas locais

Imagens: Arquivo InteraBio

AMAZÔNIA: Acre





Compartilhando nossa experiência e as iniciativas locais



AMAZÔNIA: Rondônia



Imagens: Arquivo InteraBio

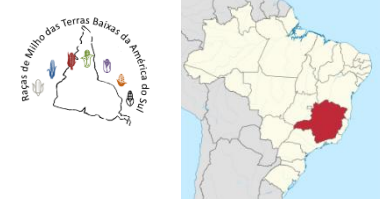


Compartilhando nossa experiência e as iniciativas locais



CAATINGA: Paraíba





Compartilhando nossa experiência e as iniciativas locais

MATA ATLÂNTICA: Minas Gerais



Reflexões

Por que a diversidade é importante??



DESAFIOS ...

Os 10 maiores desafios da humanidade para os próximos 50 Anos

- 1. Energia**
- 2. Água**
- 3. Alimento**
- 4. Ambiente**
- 5. Pobreza**
- 6. Guerras**
- 7. Saúde**
- 8. Educação**
- 9. Democracia**
- 10. População**

Ano 2003: 6,3 Bilhões de Pessoas
Ano 2050: 10 Bilhões de Pessoas

NECESSIDADES E REQUISITOS: SUSTENTÁVEL, EFICIENTE, COOPERATIVO E COM FORTE APELO SÓCIO-AMBIENTAL.

Alan G. MacDiarmid. Harvesting Solar Energy to Produce Electricity or to Produce Organic Compounds: Which Way to Go? In: Pre-Symposium, Dublin, June 2006.

Reflexões

Por que a diversidade é importante??

Será que a diversidade é importante para este cenário?

Estamos substituindo nossas variedades locais (riqueza genética) por monocultivos uniformes?

Sabemos as consequências disto para o futuro?

Reflexões

Por que a diversidade é importante??

Brasil – país megadiverso??
Será que conhecemos nossos recursos??

Se somos tão ricos e temos tanta biodiversidade genética “alimentar”, por que não é utilizada?

Nossa segurança alimentar é baseada somente nas espécies e variedades convencionais??



Arroz



Trigo



Maíz

Segundo dados
vegetais s
i

500.000 sp
tem sido

30.000 são
cultivadas ou

tem sido
mo humano



Arroz, trigo e milho representam o valor energético mais ingerido mundialmente derivado de plantas .

Reflexões

Por que a diversidade é importante??

Atualmente esforça-se para recuperar espécies e variedades e incluir na alimentação

Como??

Pesquisa e divulgação do potencial de uso e características agronômicas das variedades

Fortalecimento dos agricultores familiares e tradicionais, pesquisa e apoios financeiros – Estratégias de Conservação

Decisão integral dos governos para incluir nos programas de alimentação o cultivo destas espécies e variedades – Políticas Públicas

Flaviane Malaquias Costa
flavianemcosta@usp.br
flavianemcosta@hotmail.com
Universidade de São Paulo/ESALQ

Obrigada!

Imagem: Arquivo NEABio

Mãos da agricultora Elma Lange, Comunidade Welter, Guaraciaba-SC. Guardiã da variedade “pipoca-arroz”