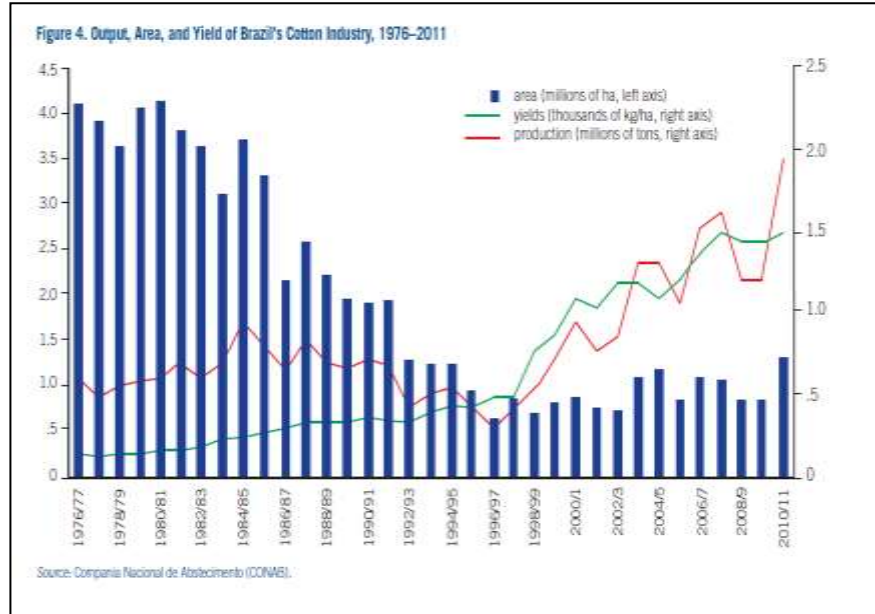


# INOVAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS E MELHORAMENTO GENÉTICO DO ALGODOEIRO

**MARC GIBAND**

**Cirad / Embrapa Algodão**



## A produção algodoeira no Brasil:

- 5° produtor, 4° exportador
- Maior produtividade (sequeiro)
- Produtividade (2016 – 17, Conab)
  - Algodão em caroço: 3955 kg/ha
  - Pluma: 1580 kg/ha
- Conjunto de fatores no aumento da produtividade
- Ganhos genéticos: ~ 2.2% / ano
  - Incrementos regulares
  - “Saltos” em ganhos



“Eles cultivam lá (na Índia)  
uma árvore maravilhosa cujas  
extremidades dos ramos  
carreguem carneirinhos. E  
ramos são tão flexíveis  
inclinam quando os  
carneirinhos se  
The Voyage  
Sir John

do tempo...

## Era mole

1972: 1° DNA re  
1974: Plasmí  
1977: T-DNA  
1983: 1° PI  
1983: Reg  
1990: 1° A  
2005: Cult  
2016 – 17

Marcadores m  
assistida por marc

- Piramidação de transgenes
  - Bollgard3® (+RRFlex™), TwinLink®+Vip3A (+GlyTol)® (WideStrike3®)
  - XtendFlex® (glifosato + glufosinato + dicamba)
  - MON88701 (glufosinato + dicamba)
- Outras pragas: bicudo
- Limitações:
  - Numero finito de genes/eventos
  - Caracteres simples
- Outras abordagens

Evolução e tra  
dos caracteres

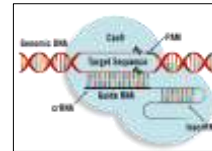


## As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento: áreas de conhecimento

- Conhecimento do genoma e do seu funcionamento



- Modificações do genoma das plantas



- Caracterização das plantas: fenotipagem

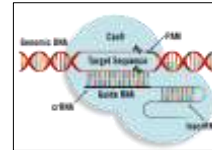


## As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento: áreas de conhecimento

- Conhecimento do genoma e do seu funcionamento



- Modificações do genoma das plantas



- Caracterização das plantas: fenotipagem



# As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento

## Conhecimento do genoma do algodoeiro

- Sequências completas e anotadas do genoma do algodoeiro



- Identificação de genes, rotas metabólicas, expressão de genes... importantes na definição de caracteres de interesse agrônômico

- Identificação de variações relacionadas a características importantes: alelos elites  
- Marcadores moleculares associados a alelos elites

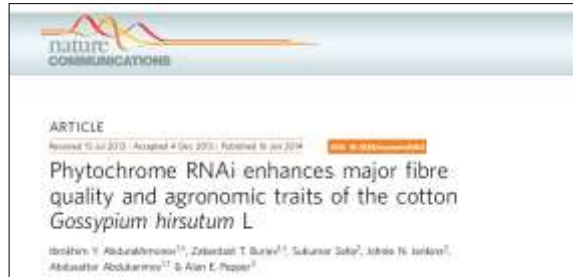
- Desenvolvimento de grande numero de marcadores: genotipagem em alta densidade



# As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento

## Conhecimento do genoma do algodoeiro

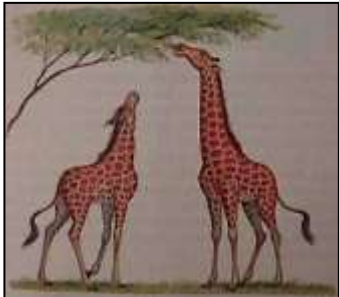
- Identificação de genes, rotas metabólicas... importantes na definição de caracteres de interesse agrônômico



## As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento

Conhecimento do funcionamento do genoma do algodoeiro

- Algumas modificações do fenótipo não podem ser explicado por modificações na sequência do DNA
- Controle mais complexo da expressão do genoma: controle epigenético
  - Tolerância aos estresses abióticos
  - Reação a percepção de modificações ambientais (T°, luz...)
  - Adaptação das plantas a modificações ambientais
  - Caracteres adaptativos durante a evolução



Lamarck: Lei de transmissão dos caracteres adquiridos

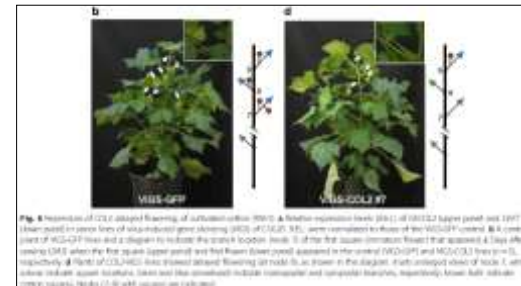
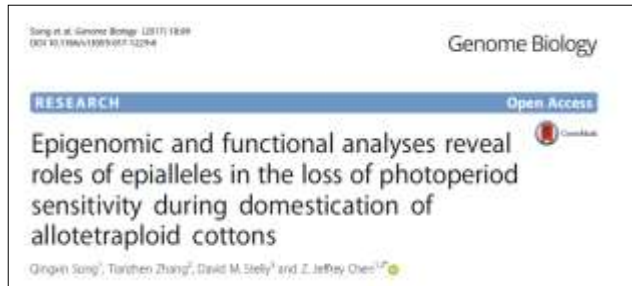


# As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento

Conhecimento do funcionamento do genoma do algodoeiro

- Controle mais complexo da expressão do genoma: controle epigenético

Ex.: Sensibilidade ao fotoperíodo e precocidade (floração)

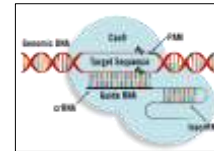


## As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento: áreas de conhecimento

- Conhecimento do genoma e do seu funcionamento



- Modificações do genoma das plantas

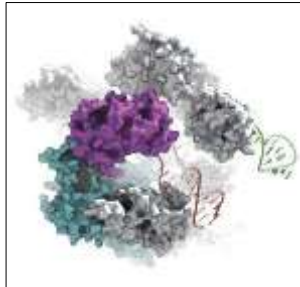


- Caracterização das plantas: fenotipagem



## As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento

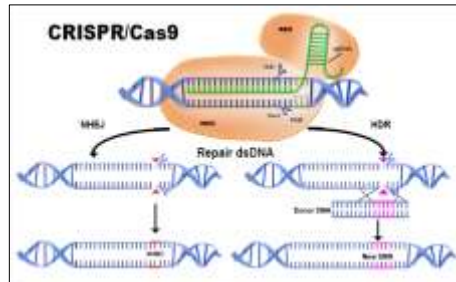
### Modificações do genoma das plantas



- Transformação genética (OGM):
  - introdução no genoma das plantas de gene(s)
  - caracteres simples
  - genes de qualquer origem
- Modificação da expressão:
  - transformação genética (OGM)
  - caracteres mais complexos
  - genes / rotas metabólicas da própria planta
- Edição do genoma: corrigir “erros”, criar mutações pontuais

## As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento

Edição do genoma das plantas: CRISPR/Cas9 – o Graal da biotecnologia?



- Tecnologia desenvolvida a partir de 2012 / 2013
- Sistema bastante simples
- Permite induzir mutações pontuais, inserções, e deleções no genoma de organismos
- Alta precisão: permite induzir modificações precisamente no alvo
- Permite induzir modificações em diferentes regiões do DNA
- Modificações herdáveis
  
- Não há presença de DNA exógeno na plantas obtidas
- Não há vestígios da manipulação nas plantas obtidas

## As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento

CRISPR/Cas9 – Para que serve?

CRISPR/Cas9 – Para que não serve!



## As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento

CRISPR/Cas9 – Para que serve?

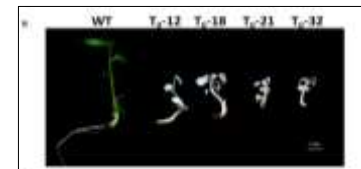
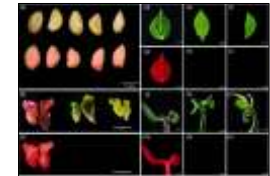
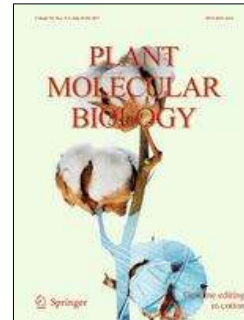
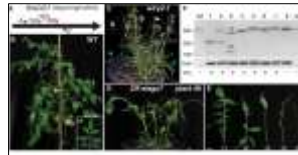
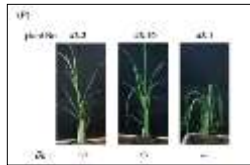
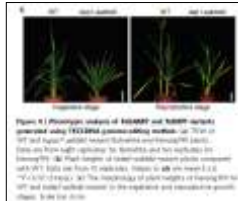
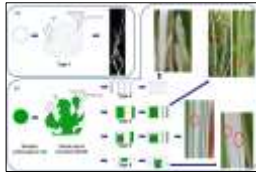
- Edição do genoma: inserção, deleção, modificações pontuais
- Precisão: modificações dirigidas
- Modificações nos próprios genes das plantas
- Possibilidade de gerar múltiplas modificações em um experimento só
- Não há vestígios da manipulação

# As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento

CRISPR/Cas9 – Para que serve?

Anos 2013 / 2014: prova de conceito em plantas

2017: prova de conceito no algodoeiro



# As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento

CRISPR/Cas9 – Para que serve?

Eventos mais relevantes para o melhoramento

Tolerância aos herbicidas



ALS / sulfonilurea,  
imidazolinona

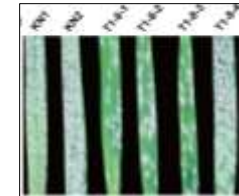
Resistência a doenças



Oídio / Tomateiro



Cancro cítrico / citros



Oídio / Trigo

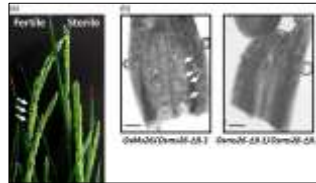


# As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento

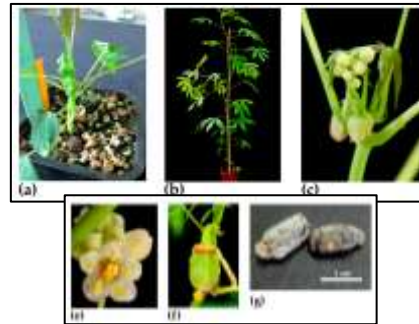
CRISPR/Cas9 – Para que serve?

Eventos mais relevantes para o melhoramento

Esterilidade macha / Arroz

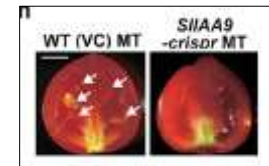


Esterilidade  
macho / Sorgo



Dias até Florescimento /  
Mandioca

Partenocarpia / Tomateiro



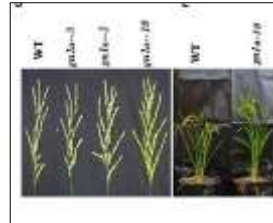
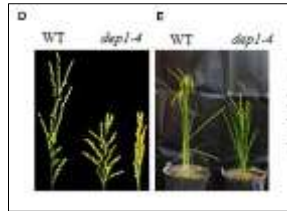
# As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento

CRISPR/Cas9 – Para que serve?

Eventos mais relevantes para o melhoramento

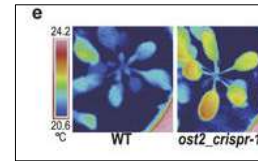
Arquitetura da Planta

Tamanho panículas / Arroz

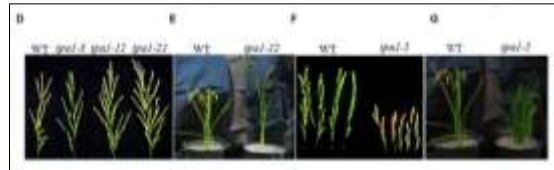
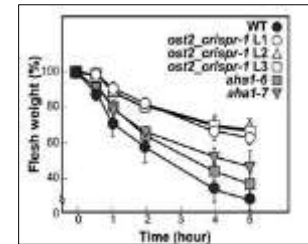


Nº grãos por panícula / Arroz

Tolerância ao estresse hídrico



Controle da perda de água / *A. thaliana*



Perfilamento / Arroz

**Table 1.** Grain yield of *AR2058* gene-edited variants and wild type under flowering stress, grain-filling stress, and optimal well-watered conditions.

	Flowering Stress	Grain-Filling Stress	Optimal
	t <sub>0</sub> to t <sub>1</sub> (water stress)		
AR2058v1	8.67 (1.38)†	7.47 (1.95)‡	12.12 (2.06)§
AR2058v2	8.67 (1.48)†	7.44 (2.01)‡	11.19 (1.71)§
WT	8.34 (1.72)§	7.72 (1.22)§	12.01 (2.07)§

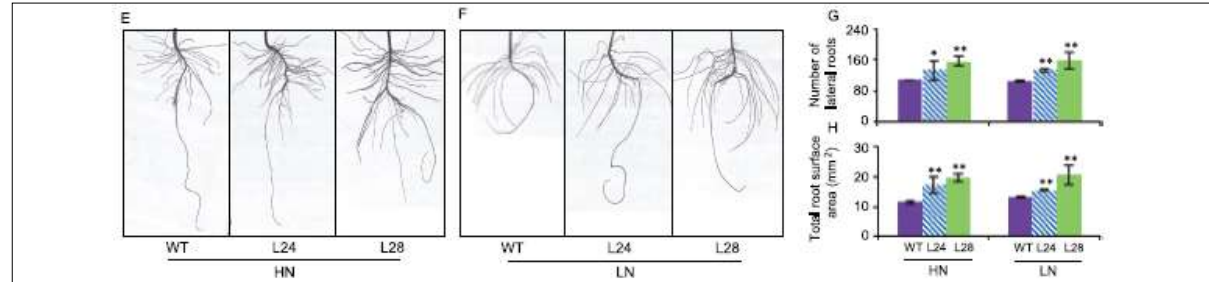
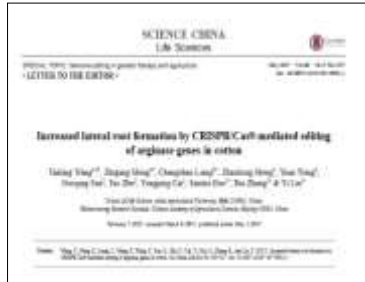
Produção de grão sob estresse hídrico / Milho

# As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento

CRISPR/Cas9 – Para que serve?

Eventos mais relevantes para o melhoramento

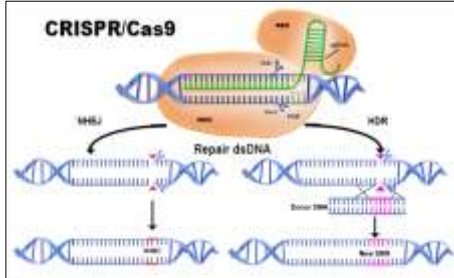
Caso do algodoeiro: modificação da arquitetura do sistema radicular



## As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento

### CRISPR/Cas9

- Marco no processo de inovação na biotecnologia
  - Abre novas possibilidades
  - Ruptura OGM / não OGM?
  - Acessibilidade da tecnologia
- Fase inicial seguida de uma fase “amadurecimento” – aplicações
- Não é um fim em si mesmo – ferramenta
  - Desenvolvimento de variedades melhoradas
  - Estudo das funções de genes

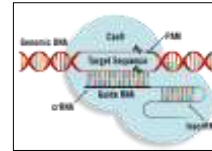


## As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento: áreas de conhecimento

- Conhecimento do genoma e do seu funcionamento



- Modificações do genoma das plantas



- Caracterização das plantas: fenotipagem

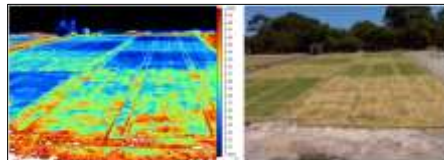


## As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento

### Caracterização das plantas: fenotipagem



- Avaliar um grande numero de genótipos para acessar a variabilidade fenotípica
  - Entender como os caracteres complexos são elaborados
  - Verificar correlação entre variações fenotípicas e variações no genoma
- > Metodologias e plataformas de fenotipagem de alto desempenho

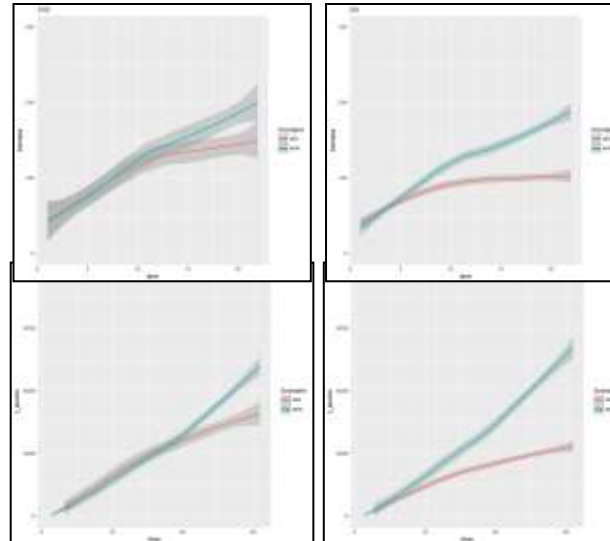


## As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento

Caracterização das plantas: Tolerância ao estresse hídrico



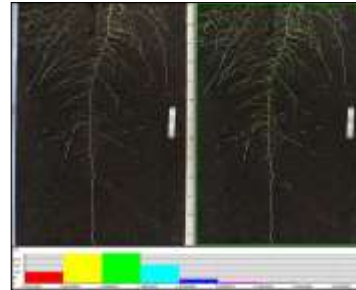
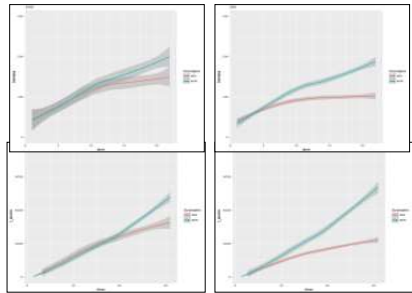
Biomassa acumulada



Transpiração acumulada

## As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento

Caracterização das plantas: Tolerância ao estresse hídrico  
Função do sistema radicular?



> Identificação de mecanismos envolvidos na tolerância ao estresse hídrico



## As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento



- Avanços em diversas áreas das engenharias: robótica, sensores, computação, integração e análise de dados, química e bioquímica....

- Integração da áreas de conhecimento

- Diminuição dos custos

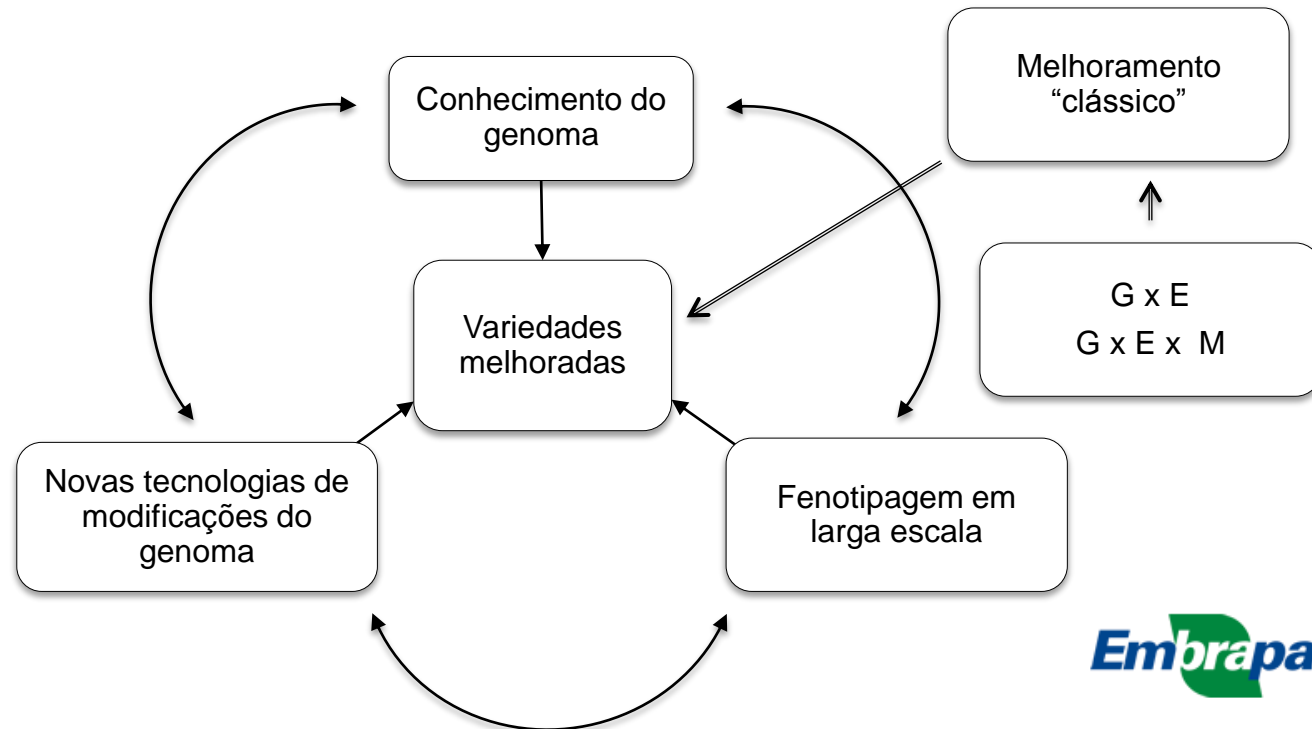
- Geração de uma grande quantidade de informações e dados

> Avanços no conhecimento de processos biológicos complexos

> Desenvolvimento de bio-tecnologias



## As inovações recentes – como integrá-las no melhoramento





**OBRIGADO !**

**Marc Giband  
Cirad / Embrapa**

**[marc.giband@cirad.fr](mailto:marc.giband@cirad.fr) – [marc.giband@colaborador.embrapa.br](mailto:marc.giband@colaborador.embrapa.br)**