

LGN5830 - BIOMETRIA DE MARCADORES GENÉTICOS

AULA 5: MAPAS GENÉTICOS IV

Antonio Augusto Franco Garcia
Roland Vencovsky

Departamento de Genética
ESALQ/USP
2007

CONTEÚDO

1 POPULAÇÕES F_1 SEGREGANTES

- Motivação
- Pseudo-testcross
- Fórmulas Gerais para os MLE's
- Estimação Simultânea da Fração de Recombinação e das Fases

1 POPULAÇÕES F_1 SEGREGANTES

- **Motivação**
- Pseudo-testcross
- Fórmulas Gerais para os MLE's
- Estimação Simultânea da Fração de Recombinação e das Fases

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c} P_1 \\ \frac{AB}{AB} \end{array} \\
 \downarrow \\
 \begin{array}{c} AB \\ x \\ \downarrow \\ B_1 \end{array} \quad \begin{array}{c} x \\ \downarrow \\ F_1 \\ \frac{AB}{ab} \end{array} \quad \begin{array}{c} \downarrow \\ x \\ \downarrow \\ B_2 \end{array} \quad \begin{array}{c} P_2 \\ \frac{ab}{ab} \end{array} \\
 \begin{array}{c} \left[\begin{array}{cccc} \frac{AB}{AB} & \frac{AB}{Ab} & \frac{AB}{aB} & \frac{AB}{ab} \\ \frac{1-r}{2} & \frac{r}{2} & \frac{r}{2} & \frac{1-r}{2} \end{array} \right] \end{array} \quad \begin{array}{c} \left[\begin{array}{cccc} \frac{AB}{AB} & \frac{Ab}{Ab} & \frac{aB}{aB} & \frac{ab}{ab} \\ \frac{1-r}{2} & \frac{r}{2} & \frac{r}{2} & \frac{1-r}{2} \end{array} \right] \end{array} \\
 \downarrow \\
 \begin{array}{c} P_1 \quad x \quad \left[\begin{array}{cccccccccc} \frac{AB}{AB} & \frac{AB}{Ab} & \frac{Ab}{Ab} & \frac{AB}{aB} & \frac{AB/Ab}{ab/aB} & \frac{Ab}{ab} & \frac{aB}{aB} & \frac{aB}{ab} & \frac{ab}{ab} \\ \frac{(1-r)^2}{4} & \frac{r(1-r)}{2} & \frac{r^2}{4} & \frac{r(1-r)}{2} & \frac{(1-r)^2 + r^2}{2} & \frac{r(1-r)}{2} & \frac{r^2}{4} & \frac{r(1-r)}{2} & \frac{(1-r)^2}{4} \end{array} \right] \end{array} \quad \begin{array}{c} x \quad P_2 \end{array} \\
 \vdots \\
 \begin{array}{c} F_n \\ \left[\begin{array}{cccccccccc} \frac{AB}{AB} & \frac{AB}{Ab} & \frac{Ab}{Ab} & \frac{AB}{aB} & \frac{AB/Ab}{ab/aB} & \frac{Ab}{ab} & \frac{aB}{aB} & \frac{aB}{ab} & \frac{ab}{ab} \\ \frac{1}{1+2r} & 0 & \frac{2r}{1+2r} & 0 & 0 & 0 & \frac{2r}{1+2r} & 0 & \frac{1}{1+2r} \end{array} \right] \end{array}
 \end{array}$$

F_1 SEGREGANTE

$$(P_1) A_1 A_2 \quad \times \quad A_3 A_4 (P_2)$$

$$(F_1) \quad (1/4)A_1A_3: (1/4)A_1A_4: (1/4)A_2A_3: (1/4)A_2A_4$$

TESTE DA SEGREGAÇÃO MENDELIANA

EXEMPLE

4 alelos	A_1A_3	A_1A_4	A_2A_3	A_2A_4
Freq. esperada	1/4	1/4	1/4	1/4
n. esp.	$n/4$	$n/4$	$n/4$	$n/4$
n. obs.	n_1	n_2	n_3	n_4

TESTE DA SEGREGAÇÃO MENDELIANA

EXEMPLE

4 alelos	A_1A_3	A_1A_4	A_2A_3	A_2A_4
Freq. esperada	1/4	1/4	1/4	1/4
n. esp.	$n/4$	$n/4$	$n/4$	$n/4$
n. obs.	n_1	n_2	n_3	n_4

- Outros tipos de segregação são possíveis: 3:1, 1:2:1 e 1:1
- Teste da segregação mendeliana: específico para cada loco

EXEMPLE

4 alelos	A_1A_3	A_1A_4	A_2A_3	A_2A_4
Freq. esperada	1/4	1/4	1/4	1/4
n. esp.	$n/4$	$n/4$	$n/4$	$n/4$
n. obs.	n_1	n_2	n_3	n_4

- Outros tipos de segregação são possíveis: 3:1, 1:2:1 e 1:1
- Teste da segregação mendeliana: específico para cada loco

1. *Journal of Management Studies*, 1997, 34, 1, 1-14.

1000

	P	$\times$	Q
A_1	$P_1^1 \parallel P_2^1$ $P_1^2 \parallel P_2^2$		$Q_1^1 \parallel Q_2^1$ $Q_1^2 \parallel Q_2^2$
A_2	$P_1^1 \parallel P_2^1$ $P_2^1 \parallel P_2^2$		$Q_1^1 \parallel Q_2^1$ $Q_2^2 \parallel Q_1^2$
A_3	$P_1^1 \parallel P_2^1$ $P_2^2 \parallel P_1^2$		$Q_1^1 \parallel Q_2^1$ $Q_1^2 \parallel Q_2^2$
A_4	$P_1^1 \parallel P_2^1$ $P_2^2 \parallel P_1^2$		$Q_1^1 \parallel Q_2^1$ $Q_2^2 \parallel Q_1^2$

	P	$\times$	Q
A_1	$P_1^1 \parallel P_2^1$ $P_2^1 \parallel P_2^2$		$Q_1^1 \parallel Q_2^1$ $Q_2^1 \parallel Q_2^2$
A_2	$P_1^1 \parallel P_2^1$ $P_2^1 \parallel P_2^2$		$Q_1^1 \parallel Q_2^1$ $Q_2^2 \parallel Q_2^1$
A_3	$P_1^1 \parallel P_2^1$ $P_2^2 \parallel P_1^1$		$Q_1^1 \parallel Q_2^1$ $Q_2^1 \parallel Q_2^2$
A_4	$P_1^1 \parallel P_2^1$ $P_2^2 \parallel P_1^1$		$Q_1^1 \parallel Q_2^1$ $Q_2^2 \parallel Q_2^1$

$$\begin{array}{cccc} P_1^1 Q_1^1 P_1^2 Q_1^2, & P_1^1 Q_1^1 P_1^2 Q_2^2, & P_1^1 Q_1^1 P_2^2 Q_1^2, & P_1^1 Q_1^1 P_2^2 Q_2^2 \\ P_1^1 Q_2^1 P_1^2 Q_1^2, & P_1^1 Q_2^1 P_1^2 Q_2^2, & P_1^1 Q_2^1 P_2^2 Q_1^2, & P_1^1 Q_2^1 P_2^2 Q_2^2 \\ P_2^1 Q_1^1 P_1^2 Q_1^2, & P_2^1 Q_1^1 P_1^2 Q_2^2, & P_2^1 Q_1^1 P_2^2 Q_1^2, & P_2^1 Q_1^1 P_2^2 Q_2^2 \\ P_2^1 Q_2^1 P_1^2 Q_1^2, & P_2^1 Q_2^1 P_1^2 Q_2^2, & P_2^1 Q_2^1 P_2^2 Q_1^2, & P_2^1 Q_2^1 P_2^2 Q_2^2 \end{array}$$

em todos os casos

Downloaded from <http://www.sagepub.com> at NANYANG TECH UNIV LIBRARY on June 11, 2015

$$D^1 O^1 D$$

ANÁLISE DE DOIS PONTOS

● Dados:

$P_1^1 Q_1^1 P_1^2 Q_1^2$, $P_1^1 Q_1^1 P_1^2 Q_2^2$, $P_1^1 Q_1^1 P_2^2 Q_1^2$, $P_1^1 Q_1^1 P_2^2 Q_2^2$
 $P_1^1 Q_2^1 P_1^2 Q_1^2$, $P_1^1 Q_2^1 P_1^2 Q_2^2$, $P_1^1 Q_2^1 P_2^2 Q_1^2$, $P_1^1 Q_2^1 P_2^2 Q_2^2$
 $P_2^1 Q_1^1 P_1^2 Q_1^2$, $P_2^1 Q_1^1 P_1^2 Q_2^2$, $P_2^1 Q_1^1 P_2^2 Q_1^2$, $P_2^1 Q_1^1 P_2^2 Q_2^2$
 $P_2^1 Q_2^1 P_1^2 Q_1^2$, $P_2^1 Q_2^1 P_1^2 Q_2^2$, $P_2^1 Q_2^1 P_2^2 Q_1^2$, $P_2^1 Q_2^1 P_2^2 Q_2^2$

● Códigos ($0 = P_1^1 Q_1^1$, $1 = P_1^1 Q_2^1$, $2 = P_2^1 Q_1^1$, $3 = P_2^1 Q_2^1$)

00	01	02	03
10	11	12	13
20	21	22	23
30	31	32	33

● Quem são os parentais e os recombinantes?

ANÁLISE DE DOIS PONTOS

● Dados:

$P_1^1 Q_1^1 P_1^2 Q_1^2$, $P_1^1 Q_1^1 P_1^2 Q_2^2$, $P_1^1 Q_1^1 P_2^2 Q_1^2$, $P_1^1 Q_1^1 P_2^2 Q_2^2$
 $P_1^1 Q_2^1 P_1^2 Q_1^2$, $P_1^1 Q_2^1 P_1^2 Q_2^2$, $P_1^1 Q_2^1 P_2^2 Q_1^2$, $P_1^1 Q_2^1 P_2^2 Q_2^2$
 $P_2^1 Q_1^1 P_1^2 Q_1^2$, $P_2^1 Q_1^1 P_1^2 Q_2^2$, $P_2^1 Q_1^1 P_2^2 Q_1^2$, $P_2^1 Q_1^1 P_2^2 Q_2^2$
 $P_2^1 Q_2^1 P_1^2 Q_1^2$, $P_2^1 Q_2^1 P_1^2 Q_2^2$, $P_2^1 Q_2^1 P_2^2 Q_1^2$, $P_2^1 Q_2^1 P_2^2 Q_2^2$

● Códigos ($0 = P_1^1 Q_1^1$, $1 = P_1^1 Q_2^1$, $2 = P_2^1 Q_1^1$, $3 = P_2^1 Q_2^1$)

00	01	02	03
10	11	12	13
20	21	22	23
30	31	32	33

● Quem são os **parentais** e os **recombinantes**?

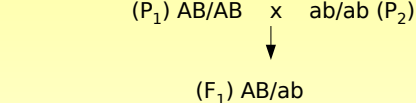
DIFERENÇAS

- Número de alelos segregando para cada loco pode variar (para diplóides, até 4 no máximo)
- Fase de ligação entre os locos **não é conhecida *a priori***

CONTEÚDO

1 POPULAÇÕES F_1 SEGREGANTES

- Motivação
- **Pseudo-testcross**
- Fórmulas Gerais para os MLE's
- Estimação Simultânea da Fração de Recombinação e das Fases



PSEUDO-TESTCROSS

- RC usando linhagens:

(P₁) AB/AB × ab/ab (P₂)



(F₁) AB/ab

AB/AB ×



(1-r)/2 AB/AB: (1-r)/2 ab/AB: r/2 Ab/AB: r/2 aB/AB

$$L(r) = \left(\frac{1-r}{2}\right)^{n_1} \cdot \left(\frac{r}{2}\right)^{n_2} \cdot \left(\frac{r}{2}\right)^{n_3} \cdot \left(\frac{1-r}{2}\right)^{n_4}$$

$$\hat{r} = \frac{n_2 + n_3}{n_1 + n_2 + n_3 + n_4} = \frac{n_R}{n_R + n_{NR}}$$

PSEUDO-TESTCROSS

- F_1 segregantes com marcadores 1:1:

AABB x AaBb



(AB/ab) Associação ou
(Ab/aB) Repulsão

As: $(1-r)/2$ AB/AB: $(r/2)$ Ab/AB: $(r/2)$ aB/AB: $(1-r)/2$ ab/ABRe: $(1-r)/2$ Ab/AB: $(r/2)$ AB/AB: $(r/2)$ ab/AB: $(1-r)/2$ aB/AB

$$L(r) = \left(\frac{1-r}{2}\right)^{n_1} \cdot \left(\frac{r}{2}\right)^{n_2} \cdot \left(\frac{r}{2}\right)^{n_3} \cdot \left(\frac{1-r}{2}\right)^{n_4}$$

$$L(r) = \left(\frac{1-r}{2}\right)^{n_2} \cdot \left(\frac{r}{2}\right)^{n_1} \cdot \left(\frac{r}{2}\right)^{n_4} \cdot \left(\frac{1-r}{2}\right)^{n_3}$$

$$\hat{r} = \frac{n_2+n_3}{n_1+n_2+n_3+n_4} = \frac{n_R}{n_R+n_{NR}}$$

$$\hat{r} = \frac{n_1+n_4}{n_1+n_2+n_3+n_4} = \frac{n_R}{n_R+n_{NR}}$$

- Qual é a função de verossimilhança correta?

$$L(r) = \left(\frac{1-r}{2}\right)^{n_2} \cdot \left(\frac{r}{2}\right)^{n_1} \cdot \left(\frac{r}{2}\right)^{n_4} \cdot \left(\frac{1-r}{2}\right)^{n_3}$$

$$\hat{r} = \frac{n_1 + n_4}{n_1 + n_2 + n_3 + n_4} = \frac{n_R}{n_R + n_{NR}}$$

(Ab/aB) Repulsão

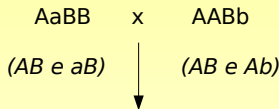
$$P_D: (1-r)/2 \quad \Delta b/\Delta P: (r/2) \quad \Delta P/\Delta P: (r/2) \quad \Delta b/\Delta P: (1-r)/2 \quad \Delta P/\Delta P$$

$$(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}), (\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}), (-\frac{1}{2}, \frac{1}{2}), (-\frac{1}{2}, -\frac{1}{2})$$

$\frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right) = \frac{1}{4}$

PSEUDO-TESTCROSS

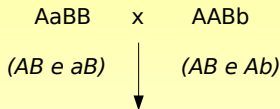
- Configuração não-informativa:



(1/4) AB/AB: (1/4) Ab/AB: (1/4) aB/AB: (1/4) ab/AB

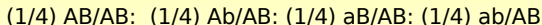
PSEUDO-TESTCROSS

- Configuração não-informativa:

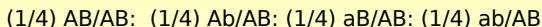


(1/4) AB/AB: (1/4) Ab/AB: (1/4) aB/AB: (1/4) ab/AB

- Independente da distância entre os locos, as 4 classes terão frequência 1/4
- Não é possível identificar os parentais e os recombinantes, ou seja, não é possível estimar r
- Solução (pseudo-testcross): Marcadores que segregam 1 : 1 são separados de acordo com o genitor em que segregam



- Independente da distância entre os locos, as 4 classes terão frequência $1/4$
- Não é possível identificar os parentais e os recombinantes, ou seja, não é possível estimar r
- Solução (pseudo-testcross): Marcadores que segregam 1 : 1 são separados de acordo com o genitor em que segregam



- Independente da distância entre os locos, as 4 classes terão frequência $1/4$
- Não é possível identificar os parentais e os recombinantes, ou seja, não é possível estimar r
- Solução (**pseudo-testcross**): Marcadores que segregam 1 : 1 são separados de acordo com o genitor em que segregam

PSEUDO-TESTCROSS

AABB x AaBb



(AB/ab) Associação ou
(Ab/aB) Repulsão

As: $(1-r)/2$ AB/AB: $(r/2)$ Ab/AB: $(r/2)$ aB/AB: $(1-r)/2$ ab/AB

Re: $(1-r)/2$ Ab/AB: $(r/2)$ AB/AB: $(r/2)$ ab/AB: $(1-r)/2$ aB/AB

AaBb x AABB



(AB/ab) As. ou
(Ab/aB) Re.

As: $(1-r)/2$ AB/AB: $(r/2)$ Ab/AB: $(r/2)$ aB/AB: $(1-r)/2$ ab/AB

Re: $(1-r)/2$ Ab/AB: $(r/2)$ AB/AB: $(r/2)$ ab/AB: $(1-r)/2$ aB/AB

- Um mapa para cada genitor é obtido
- Os dados são analisados como em retrocruzamentos, usando p. ex. o MAPMAKER/EXP

PSEUDO-TESTCROSS

AABB x AaBb



(AB/ab) Associação ou
(Ab/aB) Repulsão

As: $(1-r)/2$ AB/AB: $(r/2)$ Ab/AB: $(r/2)$ aB/AB: $(1-r)/2$ ab/AB

Re: $(1-r)/2$ Ab/AB: $(r/2)$ AB/AB: $(r/2)$ ab/AB: $(1-r)/2$ aB/AB

AaBb x AABB



(AB/ab) As. ou
(Ab/aB) Re.

As: $(1-r)/2$ AB/AB: $(r/2)$ Ab/AB: $(r/2)$ aB/AB: $(1-r)/2$ ab/AB

Re: $(1-r)/2$ Ab/AB: $(r/2)$ AB/AB: $(r/2)$ ab/AB: $(1-r)/2$ aB/AB

- Um mapa para cada genitor é obtido
- Os dados são analisados como em retrocruzamentos, usando p. ex. o MAPMAKER/EXP

PSEUDO-TESTCROSS

AABB x AaBb



(AB/ab) Associação ou
(Ab/aB) Repulsão

As: $(1-r)/2$ AB/AB: $(r/2)$ Ab/AB: $(r/2)$ aB/AB: $(1-r)/2$ ab/AB

Re: $(1-r)/2$ Ab/AB: $(r/2)$ AB/AB: $(r/2)$ ab/AB: $(1-r)/2$ aB/AB

AaBb x AABB



(AB/ab) As. ou
(Ab/aB) Re.

As: $(1-r)/2$ AB/AB: $(r/2)$ Ab/AB: $(r/2)$ aB/AB: $(1-r)/2$ ab/AB

Re: $(1-r)/2$ Ab/AB: $(r/2)$ AB/AB: $(r/2)$ ab/AB: $(1-r)/2$ aB/AB

- Um mapa para cada genitor é obtido
- Os dados são analisados como em retrocruzamentos, usando p. ex. o MAPMAKER/EXP

PSEUDO-TESTCROSS

data type f2 backcross

14 6 0

*m1-1 AAHHAHHAHHHAAH

*m2-1 HHHAAHAAHAAHHA

*m3-1 AAAHAAHHAHHHAAH

*m1-2 HHAHAAHAAHAAHHA

*m2-2 AAAHAAHHAHHHAAH

*m3-2 HHHAAHAAHAAHHA

$\hat{r}$	m1-1	m2-1	m3-1	m1-2	m2-2	m3-2
m1-1		13/14	1/14	14/14	1/14	13/14
m2-1			14/14	1/14	14/14	0/14
m3-1				13/14	0/14	14/14
m1-2					13/14	1/14
m2-2						14/14

PSEUDO-TESTCROSS

```
data type f2 backcross
```

```
14 6 0
```

```
*m1-1 AAHHAAHHAHHHAAH
```

```
*m2-1 HHHAAHAAHAAAHHA
```

```
*m3-1 AAAHAAHHAHHHAAH
```

```
*m1-2 HHAHAAHAAAHHA
```

```
*m2-2 AAAHAAHHAHHHAAH
```

```
*m3-2 HHHAAHAAHAAAHHA
```

$\hat{r}$	m1-1	m2-1	m3-1	m1-2	m2-2	m3-2
m1-1		13/14	1/14	14/14	1/14	13/14
m2-1			14/14	1/14	14/14	0/14
m3-1				13/14	0/14	14/14
m1-2					13/14	1/14
m2-2						14/14

MAPA

- Quais os grupos formados?
- grupo1: m1-1, m2-2, m3-1
- grupo2: m1-2, m2-1, m3-2

$\hat{r}$	m1-1	m2-2	m3-1
m1-1		1/14	1/14
m2-2			0/14
$\hat{r}$	m1-2	m2-1	m3-2
m1-2		1/14	1/14
m2-1			0/14

MAPA

- Quais os grupos formados?
- grupo1: m1-1, m2-2, m3-1
- grupo2: m1-2, m2-1, m3-2

$\hat{r}$	m1-1	m2-2	m3-1
m1-1		1/14	1/14
m2-2			0/14
$\hat{r}$	m1-2	m2-1	m3-2
m1-2		1/14	1/14
m2-1			0/14

MAPA

- Quais os grupos formados?
- grupo1: m1-1, m2-2, m3-1
- grupo2: m1-2, m2-1, m3-2

$\hat{r}$	m1-1	m2-2	m3-1
m1-1		1/14	1/14
m2-2			0/14
$\hat{r}$	m1-2	m2-1	m3-2
m1-2		1/14	1/14
m2-1			0/14

PONTOS PARA DISCUSSÃO

- Quais os principais problemas dessa abordagem?
 - Como interpretar os mapas de cada genitor?
 - Como integrar os mapas dos dois genitores?
 - Como usar a informação de marcadores com outros tipos de segregação?
 - Como **mapear QTL's** nos mapas integrados?

PONTOS PARA DISCUSSÃO

- Quais os principais problemas dessa abordagem?
 - Como interpretar os mapas de cada genitor?
 - Como integrar os mapas dos dois genitores?
 - Como usar a informação de marcadores com outros tipos de segregação?
 - Como **mapear QTLs** nos mapas integrados?

CONTEÚDO

1 POPULAÇÕES F_1 SEGREGANTES

- Motivação
- Pseudo-testcross
- Fórmulas Gerais para os MLE's
- Estimação Simultânea da Fração de Recombinação e das Fases

MALLIEPARD *et al.* 1997

	$ab \times aa$	$aa \times ab$	$ab \times ab$	$ab \times cd$	$a0 \times a0$	$ab \times a0$	$a0 \times ab$
$ab \times aa$	1	*	2	3	4	5	6
$aa \times ab$		(1)	(2)	(3)	(4)	(6)	(5)
$ab \times ab$			7	8	9	10	(10)
$ab \times cd$				11	12	13	(13)
$a0 \times a0$					14	15	(15)
$ab \times a0$						16	17
$a0 \times ab$							(16)

- MLE's e fórmulas do LOD Score para todos os casos

MALLIEPARD *et al.* 1997

No. ^a	Phase ^b	Estimator
1 (1)	c r	$(n_2 + n_3)/n$ $\text{exch}^c(n_2, n_3; n_1, n_4)$
2 (2)	c r	$(n_3 + n_4)/(n_1 + n_2 + n_4 + n_6)$ $\text{exch}(n_3, n_4; n_1, n_6)$
3	c r	$(n_3 + n_4 + n_5 + n_6)/n$ $\text{exch}(n_3, n_4, n_5, n_6; n_1, n_2, n_7, n_8)$
(3)	c r	$\text{exch}(n_3, n_6; n_2, n_7)$ $\text{exch}(n_4, n_5; n_1, n_6)$
4 (4)	c r	$[n_1 r / (2 - r) + n_2 + 2n_3 r / (1 + r)]/n$ $\text{exch}(n_1, n_2; n_3, n_4)$
5 (5)	c r	$(n_2 + n_3 + n_4)/n$ $\text{exch}(n_2, n_3, n_4; n_5, n_6, n_1)$
6 (6)	c r	$(n_3 + n_6)/(n_2 + n_3 + n_5 + n_6)$ $\text{exch}(n_3, n_5; n_2, n_6)$
7 ^d	$c \times c$ $r \times r$ $c \times r$ $r \times c^d$	$[n_2 + n_4 + n_6 + n_8 + 2(n_3 + n_7) + 2n_5 r^2 / (1 - 2rs)] / (2n)$ $\text{exch}(n_3, n_7; n_1, n_6)$ $\frac{1}{2} - \sqrt{\frac{1}{4} - (n_1 + n_3 + n_5 + n_7 + n_8) / (2n)}$ exch none
8	$c \times c$ $c \times r$ $r \times c$ $r \times r$	$[n_2 + n_3 + n_5 + n_8 + n_{10} + n_{11} + 2(n_4 + n_6) + 2(n_6 + n_7)r^2 / (1 - 2rs)] / (2n)$ $\text{exch}(n_1, n_3, n_5, n_7, n_9, n_{11}; n_2, n_4, n_6, n_8, n_{10}, n_{12})$ $\text{exch}(n_1, n_2, n_5, n_6, n_9, n_{10}; n_3, n_4, n_7, n_8, n_{11}, n_{12})$ $\text{exch}(n_1, n_6; n_4, n_{12})$
9 ^d	$c \times c$ $r \times r$ $c \times r$	$[2n_1 r / (1 + r) + 2n_2 + n_3 r (1 + r) / (1 - rs) + n_4 + 2n_5 / (2 - r)] / (2n)$ $\text{exch}(n_1, n_2; n_3, n_6)$ $[(n_1 + n_6)r(1 + r) / (1 - rs) + n_2 + n_6 + 2n_3(1 - s^2) / (1 + 2rs) + 2n_4 r^2 / (1 - 2rs)] / (2n)$
	$r \times c^d$	exch none
10	$c \times c$ $c \times r$ $r \times c$ $r \times r$	$[(n_1 + 2n_4)r + n_2 + n_6 + n_8 + 2n_5 + 2n_5 r^2 / (1 - 2rs) + n_7(1 + r)] / (2n)$ $\text{exch}(n_2, n_5, n_6; n_3, n_4, n_9)$ $\text{exch}(n_1, n_2, n_3, n_5; n_7, n_9, n_{10}, n_8)$ $\text{exch}(n_1, n_3, n_7, n_9)$
(10)	$c \times c$ $c \times r$ $r \times c$ $r \times r$	exch none $\text{exch}(n_1, n_2, n_3, n_5; n_7, n_9, n_{10}, n_8)$ $\text{exch}(n_2, n_5, n_6; n_3, n_4, n_9)$ $\text{exch}(n_1, n_3; n_7, n_9)$

MALLIEPARD *et al.* 1997

LOD score
$(n_1 + n_4) \log(2s) + (n_2 + n_5) \log(2r)$
$(n_1 + n_6) \log(2s) + (n_3 + n_4) \log(2r)$
$(n_1 + n_2 + n_7 + n_8) \log(2s) + (n_3 + n_4 + n_5 + n_6) \log(2r)$
$n_1 \log(2(1+s)/3) + n_2 \log(2r) + n_3 \log(2(1+r)/3) + n_4 \log(2s)$
$(n_1 + n_5 + n_6) \log(2s) + (n_2 + n_3 + n_4) \log(2r)$
$(n_2 + n_6) \log(2s) + (n_3 + n_5) \log(2r)$
$2(n_1 + n_6) \log(2s) + (n_2 + n_4 + n_6 + n_8) \log(4rs) + 2(n_3 + n_5) \log(2r) + n_5 \log(2(1-2rs))$
$(n_1 + n_3 + n_5 + n_7 + n_8) \log(4rs) + (n_2 + n_4 + n_6 + n_8) \log(2(1-2rs))$
$2(n_1 + n_{12}) \log(2s) + (n_2 + n_5 + n_6 + n_8 + n_{10} + n_{11}) \log(4rs) + 2(n_4 + n_6) \log(2r) + (n_6 + n_7) \log(2(1-2rs))$
$n_1 \log(4(1-r^2)/3) + 2n_2 \log(2r) + n_3 \log(4(1-rs)/3) + n_4 \log(4rs) + n_5 \log(4(1-s^2)/3) + 2n_6 \log(2s)$
$(n_1 + n_5) \log(4(1-rs)/3) + (n_2 + n_6) \log(4rs) + n_3 \log(2(1+2rs)/3) + n_4 \log(2(1-2rs))$
$(n_1 + 2n_6) \log(2s) + (n_2 + n_6 + n_8) \log(4rs) + (2n_3 + n_5) \log(2r) + n_5 \log(2(1-2rs))$

MALLIEPARD *et al.* 1997

11	$c \times c$	$[n_2 + n_3 + n_5 + n_6 + n_9 + n_{12} + n_{14} + n_{15} + 2(n_1 + n_7 + n_{10} + n_{13})]/(2n)$
	$c \times r$	exch $(n_1, n_2, n_5, n_7, n_9, n_{11}, n_{13}, n_{15}; n_3, n_4, n_6, n_{10}, n_{12}, n_{14}, n_{16})$
	$r \times c$	exch $(n_1, n_2, n_5, n_6, n_9, n_{10}, n_{12}, n_{14}; n_3, n_4, n_7, n_8, n_{11}, n_{13}, n_{15}, n_{16})$
	$r \times r$	exch $(n_1, n_6, n_{10}, n_{12}; n_4, n_7, n_{11}, n_{13})$
12	$c \times c$	$[2n_1r/(1+r) + 2n_2 + (n_5 + n_6)r(1+r)/(1-rs) + n_4 + n_6 + 2n_7/(2-r)]/(2n)$
	$c \times r$	exch $(n_1, n_2, n_5, n_6; n_3, n_4, n_7, n_8)$
	$r \times c$	exch $(n_1, n_2, n_5, n_4; n_5, n_6, n_7, n_8)$
	$r \times r$	exch $(n_1, n_2; n_7, n_8)$
13	$c \times c$	$[n_2 + n_6 + n_7 + n_9 + n_{10} + n_{11} + 2(n_3 + n_5)]/[n_1 + n_4 + n_7 + n_{10} + 2(n_2 + n_5 + n_6 + n_8 + n_9 + n_{11} + n_{12})]$
	$c \times r$	exch $(n_2, n_5, n_6, n_{11}; n_3, n_6, n_9, n_{12})$
	$r \times c$	exch $(n_1, n_2, n_5, n_4, n_5, n_6; n_7, n_8, n_9, n_{10}, n_{11}, n_{12})$
	$r \times r$	exch $(n_1, n_2, n_4, n_5; n_{10}, n_{12}, n_7, n_8)$
(13)	$c \times c$	exch $(n_1, n_5; n_7, n_8)$
	$c \times r$	exch $(n_1, n_2, n_5, n_6; n_9; n_{10}, n_5, n_6, n_{11}, n_{12})$
	$r \times c$	exch $(n_2, n_1, n_5, n_6, n_{11}; n_3, n_7, n_8, n_9, n_{12})$
	$r \times r$	exch $(n_1, n_3; n_{10}, n_{12})$
14	$c \times c$	$\theta = (n_1 - 2(n_2 + n_3) - n_4)/(2n) + \sqrt{[(n_1 - 2(n_2 + n_3) - n_4)^2/(2n)^2 + 2n_4/n]}$
	$c \times r$	$1 - \sqrt{\theta} \quad (\theta = s^2)$
	$r \times c$	$\frac{1}{2} - \sqrt{\frac{1}{4} - \theta} \quad (\theta = rs)$
	$r \times c'$	$\frac{1}{2} - \sqrt{\frac{1}{4} - \theta} \quad (\theta = rs)$
	$r \times r$	$\sqrt{\theta} \quad (\theta = r^2)$
15 ^d	$c \times c$	$[n_1r(3-r)/(2-r) + n_2r(1+r)/(1-rs) + 2n_3/(2-r) + n_4(1+r) + n_5]/(2n)$
	$c \times r$	exch $(n_2, n_5; n_3, n_6)$
(15)	$c \times c$	exch none
	$r \times c$	exch $(n_2, n_5; n_3, n_6)$
15	$r \times c$	$[n_1r(3+r)/(1+r) + 2n_2r/(1+r) + n_3r(1+r)/(1-rs) + n_4r + 2n_5 + n_6]/(2n)$
	$r \times r$	exch $(n_2, n_5; n_3, n_6)$
(15)	$c \times r$	exch none
	$r \times r$	exch $(n_2, n_5; n_3, n_6)$
16 ^d	$c \times c$	$(n_2 + n_5 + n_4 + n_6 + n_7 + n_8)/[n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + 2(n_6 + n_8 + n_9)]$
	$c \times r$	exch $(n_5, n_6; n_8, n_9)$
(16)	$c \times c$	exch none
	$r \times c$	exch $(n_5, n_6; n_8, n_9)$
16	$r \times c$	$[n_1 + n_2 + n_5 + 2(n_4 + n_6)]/[n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + 2(n_6 + n_8 + n_9)]$
	$r \times r$	exch $(n_5, n_6; n_8, n_9)$
(16)	$c \times r$	exch none
	$r \times r$	exch $(n_5, n_6; n_8, n_9)$
17	$c \times c$	$(n_2 + n_6 + n_7 + n_8 + 2n_9)/[n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + 2(n_6 + n_8 + n_9)]$
	$c \times r$	exch $(n_1, n_2, n_6; n_7, n_8, n_9)$
	$r \times c$	exch $(n_2, n_5, n_6; n_7, n_8, n_9)$
	$r \times r$	exch $(n_2, n_4, n_6; n_7, n_8, n_9)$

MALLIEPARD *et al.* 1997

$$2(n_1 + n_4 + n_{11} + n_{10}) \log(2s) + (n_2 + n_3 + n_5 + n_6 + n_8 + n_{12} + n_{14} + n_{13}) \log(4rs) \\ + 2(n_4 + n_7 + n_{10} + n_{13}) \log(2r)$$

$$n_1 \log(4(1-r^2)/3) + 2n_4 \log(2r) + (n_3 + n_5) \log(4(1-rs)/3) + (n_4 + n_6) \log(4rs) \\ + n_7 \log(4(1-s^2)/3) + 2n_8 \log(2s)$$

$$(n_1 + n_4 + 2(n_6 + n_{12})) \log(2s) + (n_2 + n_6 + n_9 + n_{11}) \log(4rs) + (2(n_3 + n_5) + n_7 + n_{10}) \\ \log(2r)$$

$$n_1 \log(4(2+\theta)/9) + (n_2 + n_3) \log(4(1-\theta)/3) + n_4 \log(4\theta)$$

$$n_1 \log(2(2-r)/3) + n_2 \log(4(1-rs)/3) + n_3 \log(4(1-s^2)/3) + n_4 \log(2r) + n_5 \log(4rs) \\ + 2n_6 \log(2s)$$

$$n_1 \log(2(1+r)/3) + n_2 \log(4(1-r^2)/3) + n_3 \log(4(1-rs)/3) + n_4 \log(2s) + 2n_5 \log(2r) \\ + n_6 \log(4rs)$$

$$(n_1 + 2(n_5 + n_6)) \log(2s) + (n_2 + n_3 + n_4 + n_7) \log(2r) + (n_6 + n_9) \log(4rs)$$

$$(n_1 + 2(n_6 + n_9)) \log(2r) + (n_2 + n_3 + n_4 + n_7) \log(2s) + (n_5 + n_8) \log(4rs)$$

$$(n_2 + n_4 + 2n_9) \log(2s) + (n_3 + n_7 + 2n_5) \log(2r) + (n_6 + n_8) \log(4rs)$$

MALLIEPARD *et al.* 1997

- Fases e frações de recombinação: aplicar todos os estimadores (todas as fases) e deduzir a fase
- *“From a theoretical point of view it may be interesting to develop a procedure for simultaneous estimation of recombination frequencies and linkage phase combinations over all linked markers”*
- Método implementado no *JoinMap*

MALLIEPARD *et al.* 1997

- Fases e frações de recombinação: aplicar todos os estimadores (todas as fases) e deduzir a fase
- *“From a theoretical point of view it may be interesting to develop a procedure for simultaneous estimation of recombination frequencies and linkage phase combinations over all linked markers”*
- Método implementado no *JoinMap*

MALLIEPARD *et al.* 1997

- Fases e frações de recombinação: aplicar todos os estimadores (todas as fases) e deduzir a fase
- *“From a theoretical point of view it may be interesting to develop a procedure for simultaneous estimation of recombination frequencies and linkage phase combinations over all linked markers”*
- Método implementado no *JoinMap*

CONTEÚDO

1 POPULAÇÕES F_1 SEGREGANTES

- Motivação
- Pseudo-testcross
- Fórmulas Gerais para os MLE's
- Estimação Simultânea da Fração de Recombinação e das Fases

WU *et al.* 2002

Possible Marker Genotype Cross Combinations and Observed Marker Band Patterns for Parents and Their Offspring

Cross type			Parent			Offspring		
			Cross	Observed band	Remark	Observed bands	Segregation	No. phenotypes
A		1	$ab \times cd$	$ab \times cd$	Asymmetry	ac, ad, bc, bd	1:1:1:1	4
		2	$ab \times ac$	$ab \times ac$	Asymmetry	a, ac, ba, bc	1:1:1:1	4
		3	$ab \times co$	$ab \times c$	Asymmetry	ac, a, bc, b	1:1:1:1	4
		4	$ao \times bo$	$a \times b$	Asymmetry	ab, a, b, o	1:1:1:1	4
B	B ₁	5	$ab \times ao$	$ab \times a$	Asymmetry	$ab, 2a, b$	1:2:1	3
	B ₂	6	$ao \times ab$	$a \times ab$	Asymmetry	$ab, 2a, b$	1:2:1	3
	B ₃	7	$ab \times ab$	$ab \times ab$	Symmetry	$a, 2ab, b$	1:2:1	3
C		8	$ao \times ao$	$a \times a$	Symmetry	$3a, o$	3:1	2
D	D ₁	9	$ab \times cc$	$ab \times c$	Asymmetry	ac, bc	1:1	2
		10	$ab \times aa$	$ab \times a$	Asymmetry	a, ab	1:1	2
		11	$ab \times oo$	$ab \times o$	Asymmetry	a, b	1:1	2
		12	$bo \times aa$	$b \times a$	Asymmetry	ab, a	1:1	2
		13	$ao \times oo$	$a \times o$	Asymmetry	a, o	1:1	2
	D ₂	14	$cc \times ab$	$c \times ab$	Asymmetry	ac, bc	1:1	2
		15	$aa \times ab$	$a \times ab$	Asymmetry	a, ab	1:1	2
		16	$oo \times ab$	$o \times ab$	Asymmetry	a, b	1:1	2
		17	$aa \times bo$	$a \times b$	Asymmetry	ab, a	1:1	2
		18	$oo \times ao$	$o \times a$	Asymmetry	a, o	1:1	2

WU *et al.* 2002

	P	$\times$	Q
A_1	$\begin{array}{c} P_1^1 \parallel P_2^1 \\ P_1^2 \parallel P_2^2 \end{array}$		$\begin{array}{c} Q_1^1 \parallel Q_2^1 \\ Q_1^2 \parallel Q_2^2 \end{array}$
A_2	$\begin{array}{c} P_1^1 \parallel P_2^1 \\ P_1^2 \parallel P_2^2 \end{array}$		$\begin{array}{c} Q_1^1 \parallel Q_2^1 \\ Q_2^2 \parallel Q_1^2 \end{array}$
A_3	$\begin{array}{c} P_1^1 \parallel P_2^1 \\ P_2^2 \parallel P_1^2 \end{array}$		$\begin{array}{c} Q_1^1 \parallel Q_2^1 \\ Q_1^2 \parallel Q_2^2 \end{array}$
A_4	$\begin{array}{c} P_1^1 \parallel P_2^1 \\ P_2^2 \parallel P_1^2 \end{array}$		$\begin{array}{c} Q_1^1 \parallel Q_2^1 \\ Q_2^2 \parallel Q_1^2 \end{array}$

- A_1 : Associação-Associação
- A_2 : Associação-Repulsão
- A_3 : Repulsão-Associação
- A_4 : Repulsão-Repulsão

WU *et al.* 2002

	P	$\times$	Q
A_1	$\begin{array}{c} P_1^1 \parallel P_2^1 \\ P_1^2 \parallel P_2^2 \end{array}$		$\begin{array}{c} Q_1^1 \parallel Q_2^1 \\ Q_1^2 \parallel Q_2^2 \end{array}$
A_2	$\begin{array}{c} P_1^1 \parallel P_2^1 \\ P_1^2 \parallel P_2^2 \end{array}$		$\begin{array}{c} Q_1^1 \parallel Q_2^1 \\ Q_2^2 \parallel Q_1^2 \end{array}$
A_3	$\begin{array}{c} P_1^1 \parallel P_2^1 \\ P_2^2 \parallel P_1^2 \end{array}$		$\begin{array}{c} Q_1^1 \parallel Q_2^1 \\ Q_1^2 \parallel Q_2^2 \end{array}$
A_4	$\begin{array}{c} P_1^1 \parallel P_2^1 \\ P_2^2 \parallel P_1^2 \end{array}$		$\begin{array}{c} Q_1^1 \parallel Q_2^1 \\ Q_2^2 \parallel Q_1^2 \end{array}$

- A_1 : Associação-Associação
- A_2 : Associação-Repulsão
- A_3 : Repulsão-Associação
- A_4 : Repulsão-Repulsão

WU *et al.* 2002

- As possíveis fases são estimadas com base na probabilidade *a posteriori*, de acordo com o **Teorema de Bayes**
- Para $w = 1, \dots, 4$, num dado intervalo entre marcadores:

$$P(A_w|M) = \frac{P(A_w)P(M|A_w)}{\sum_{w=1}^4 P(A_w)P(M|A_w)} = \frac{P(M|A_w)}{\sum_{w=1}^4 P(M|A_w)}$$

- M : Dados (marcadores)
- $P(A_w)$: probabilidade *a priori* da fase ser A_w
- $P(M|A_w)$: **verossimilhança**

WU *et al.* 2002

- As possíveis fases são estimadas com base na probabilidade *a posteriori*, de acordo com o **Teorema de Bayes**
- Para $w = 1, \dots, 4$, num dado intervalo entre marcadores:

$$P(A_w|M) = \frac{P(A_w)P(M|A_w)}{\sum_{w=1}^4 P(A_w)P(M|A_w)} = \frac{P(M|A_w)}{\sum_{w=1}^4 P(M|A_w)}$$

- M : Dados (marcadores)
- $P(A_w)$: probabilidade *a priori* da fase ser A_w
- $P(M|A_w)$: **verossimilhança**

WU *et al.* 2002

$$P(M|A_w) = \prod_{j=1}^N P(M_j|A_w) = \prod_{j=1}^N m_{i_1j}^T I_{p1}^T H_w^{12} I_{p2} m_{i_2j}$$

- m_{i_kj} : vetor indicador do genótipo
- I_{pk} : matriz de incidência, relacionando genótipos aos fenótipos
- H_w : matriz de transição para um dado w

WU *et al.* 2002

$$P(M|A_w) = \prod_{j=1}^N P(M_j|A_w) = \prod_{j=1}^N m_{i_1j}^T I_{p1}^T H_w^{12} I_{p2} m_{i_2j}$$

- m_{i_kj} : vetor indicador do genótipo
- I_{pk} : matriz de incidência, relacionando genótipos aos fenótipos
- H_w : matriz de transição para um dado w

MATRIZES DE TRANSIÇÃO

$$\begin{array}{c}
 \mathbf{H}_w^{12} \\
 \begin{array}{c}
 P_1^2 Q_1^2 \quad P_1^2 Q_2^2 \quad P_2^2 Q_1^2 \quad P_2^2 Q_2^2 \\
 \begin{array}{l}
 A_1 \begin{array}{l} P_1^1 Q_1^1 \\ P_1^1 Q_2^1 \\ P_2^1 Q_1^1 \\ P_2^1 Q_2^1 \end{array} \left[\begin{array}{cccc}
 (1 - g^{12})^2 & g^{12}(1 - g^{12}) & g^{12}(1 - g^{12}) & (g^{12})^2 \\
 g^{12}(1 - g^{12}) & (1 - g^{12})^2 & (g^{12})^2 & g^{12}(1 - g^{12}) \\
 g^{12}(1 - g^{12}) & (g^{12})^2 & (1 - g^{12})^2 & g^{12}(1 - g^{12}) \\
 (g^{12})^2 & g^{12}(1 - g^{12}) & g^{12}(1 - g^{12}) & (1 - g^{12})^2
 \end{array} \right] \\
 \\
 A_2 \begin{array}{l} P_1^1 Q_1^1 \\ P_1^1 Q_2^1 \\ P_2^1 Q_1^1 \\ P_2^1 Q_2^1 \end{array} \left[\begin{array}{cccc}
 g^{12}(1 - g^{12}) & (1 - g^{12})^2 & (g^{12})^2 & g^{12}(1 - g^{12}) \\
 (1 - g^{12})^2 & g^{12}(1 - g^{12}) & g^{12}(1 - g^{12}) & (g^{12})^2 \\
 (g^{12})^2 & g^{12}(1 - g^{12}) & g^{12}(1 - g^{12}) & (1 - g^{12})^2 \\
 g^{12}(1 - g^{12}) & (g^{12})^2 & (1 - g^{12})^2 & g^{12}(1 - g^{12})
 \end{array} \right] \\
 \\
 A_3 \begin{array}{l} P_1^1 Q_1^1 \\ P_1^1 Q_2^1 \\ P_2^1 Q_1^1 \\ P_2^1 Q_2^1 \end{array} \left[\begin{array}{cccc}
 g^{12}(1 - g^{12}) & (g^{12})^2 & (1 - g^{12})^2 & g^{12}(1 - g^{12}) \\
 (g^{12})^2 & g^{12}(1 - g^{12}) & g^{12}(1 - g^{12}) & (1 - g^{12})^2 \\
 (1 - g^{12})^2 & g^{12}(1 - g^{12}) & g^{12}(1 - g^{12}) & (g^{12})^2 \\
 g^{12}(1 - g^{12}) & (1 - g^{12})^2 & (g^{12})^2 & g^{12}(1 - g^{12})
 \end{array} \right] \\
 \\
 A_4 \begin{array}{l} P_1^1 Q_1^1 \\ P_1^1 Q_2^1 \\ P_2^1 Q_1^1 \\ P_2^1 Q_2^1 \end{array} \left[\begin{array}{cccc}
 (g^{12})^2 & g^{12}(1 - g^{12}) & g^{12}(1 - g^{12}) & (1 - g^{12})^2 \\
 g^{12}(1 - g^{12}) & (g^{12})^2 & (1 - g^{12})^2 & g^{12}(1 - g^{12}) \\
 g^{12}(1 - g^{12}) & (1 - g^{12})^2 & (g^{12})^2 & g^{12}(1 - g^{12}) \\
 (1 - g^{12})^2 & g^{12}(1 - g^{12}) & g^{12}(1 - g^{12}) & (g^{12})^2
 \end{array} \right]
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}$$

WU *et al.* 2002

$$I_{pA}^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$I_{pB1}^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$I_{pB2}^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$I_{pB3}^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$I_{pC}^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$I_{pD1}^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$I_{pD2}^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ALGORITMO EM

- Passo E: número esperado de recombinações

$$c_{i_1 i_2 j}^w = \frac{m_{i_1 j}^T [I_{p1}^T (D_w \circ H_w) I_{p2}] m_{i_2 j}}{m_{i_1 j}^T I_{p1}^T H_w I_{p2} m_{i_2 j}}$$

D_{σ}^{12}			
$P_1^2 Q_1^2$	$P_1^2 Q_2^2$	$P_2^2 Q_1^2$	$P_2^2 Q_2^2$
$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 2 \\ 1 & 0 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$			
$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & 1 \end{bmatrix}$			
$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 2 \\ 1 & 0 & 2 & 1 \end{bmatrix}$			
$\begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 2 \end{bmatrix}$			

ALGORITMO EM

- Passo M: MLE's de r

$$r_w = \frac{1}{2N} \sum_{j=1}^N \sum_{i_1=1}^{p1} \sum_{i_2=1}^{p2} c_{i_1 i_2 j}^w$$

- ufa...

ALGORITMO EM

- Passo M: MLE's de r

$$r_w = \frac{1}{2N} \sum_{j=1}^N \sum_{i_1=1}^{p1} \sum_{i_2=1}^{p2} c_{i_1 i_2 j}^w$$

- ufa...

SOFTWARE ONEMAP

Markers	cM Kosambi	cM Haldane	Linkage Phases
M7	Inf	Inf	non-significant
M18	5.686	6.008	repulsion/repulsion
M8	4.137	4.308	repulsion/repulsion
M13	9.886	10.857	coupling/coupling
M22			

SOFTWARE ONEMAP

Hereditas 144: 78–79 (2007)

OneMap: software for genetic mapping in outcrossing species

G. R. A. MARGARIDO¹, A. P. SOUZA² and A. A. F. GARCIA¹

¹*Department of Genetics, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, São Paulo, Brazil*

²*Centro de Biologia Molecular e Engenharia Genética (CBMEG), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, São Paulo, Brazil*

Margarido, G. R. A., Souza, A. P. and Garcia, A. A. F. 2007. OneMap: software for genetic mapping in outcrossing species — *Hereditas* 144: 78–79. Lund, Sweden. cISSN 1601-5223. Received March 12, 2007. Accepted April 16, 2007

[illegible]

CANA-DE-AÇÚCAR

Theor Appl Genet (2006) 112: 298–314
DOI 10.1007/s00122-005-0129-6

ORIGINAL PAPER

A. A. F. Garcia · E. A. Kido · A. N. Meza
H. M. B. Souza · L. R. Pinto · M. M. Pastina
C. S. Leite · J. A. G. da Silva · E. C. Ulian
A. Figueira · A. P. Souza

Development of an integrated genetic map of a sugarcane (*Saccharum* spp.) commercial cross, based on a maximum-likelihood approach for estimation of linkage and linkage phases

F_1 'S SEGREGANTES

Mol Breeding

DOI 10.1007/s11032-007-9082-1

Functional integrated genetic linkage map based on EST-markers for a sugarcane (*Saccharum* spp.) commercial cross

Karine M. Oliveira · Luciana R. Pinto · Thiago G. Marconi · Gabriel R. A. Margarido · Maria Marta Pastina · Laura Helena M. Teixeira · Antônio V. Figueira · Eugênio César Ulian · Antônio Augusto F. Garcia · Anete Pereira Souza

An Integrated Molecular Map of Yellow Passion Fruit Based on Simultaneous Maximum-Likelihood Estimation of Linkage and Linkage Phases

Eder J. Oliveira¹, Maria Lucia C. Vieira², Antonio Augusto F. Garcia, Carla F. Munhoz, Gabriel R. A. Margarido, Luciano Consoli, Frederico P. Matta, and Michel C. Moraes

JASHS