



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



(21) BR 102024020180-9 A2

(22) Data do Depósito: 29/09/2024

(43) Data da Publicação Nacional:
07/04/2026

(54) Título: MÉTODO PARA PREDIÇÃO E SELEÇÃO DE COMPOSTOS MULTIGENOTÍPICOS PARA CULTURAS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS

(51) Int. Cl.: G06F 17/18.

(52) CPC: G06F 17/18.

(71) Depositante(es): UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO.

(72) Inventor(es): BRUNO ETTORE PAVAN; SILVELISE PUPIN; MARIA EDUARDA FACIOLI OTOBONI; PRISCILA SANTOS DIAS CASADO.

(57) Resumo: MÉTODO PARA PREDIÇÃO E SELEÇÃO DE COMPOSTOS MULTIGENOTÍPICOS PARA CULTURAS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS. O Presente pedido de patente de invenção, pertencendo ao campo da Agricultura e Saúde Animal, compreende um método aplicado a sistemas de plantio, que proporciona maior equilíbrio ecológico aos plantios agrícolas e florestais, em que o referido método visa prever valores de produtividade de compostos multigenotípicos permitindo selecionar misturas de cultivares em diferentes proporções, visando aumentar a produtividade e minimizar a vulnerabilidade genética. A metodologia permite prever e selecionar compostos multigenotípicos a partir de análises estatísticas específicas que foram adaptadas para o fim de calcular a produtividade com e sem efeito dos vizinhos. A partir das médias das combinações de cultivares vizinhos, é previsto a produção de compostos multigenotípicos, com diferentes números e proporções de cultivares envolvidos.

MÉTODO PARA PREDIÇÃO E SELEÇÃO DE COMPOSTOS MULTIGENOTÍPICOS PARA CULTURAS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS

BREVE DESCRIÇÃO

[001] O presente pedido de patente de invenção, compreende um método aplicado a sistemas de plantio, que proporciona maior equilíbrio ecológico aos plantios agrícolas e florestais, em que o referido método visa prever valores de produtividade de compostos multigenotípicos permitindo selecionar misturas de cultivares em diferentes proporções, visando aumentar a produtividade e minimizar a vulnerabilidade genética.

CAMPO TÉCNICO

[002] O campo técnico da invenção está relacionado ao campo de Agricultura e Saúde Animal, predizendo valores de produtividade de compostos multigenotípicos permitindo selecionar misturas de cultivares em diferentes proporções.

ESTADO DA TÉCNICA

[003] O documento de Bianchin *et al.*, 2023, intitulado “*FAMÍLIAS CLONAIS EM Eucalyptus*” tem por objetivo avaliar a estratégia de famílias clonais para o melhoramento e recomendação de materiais genéticos, sendo um procedimento promissor para proporcionar celeridade na recomendação de materiais genéticos, com ganhos em produtividade, diversidade genética e segurança.

[004] O documento de Bisognin & Verneti, 1995, intitulado “*AVALIAÇÃO DA COMPETIÇÃO INTERGENOTÍPICA EM MISTURAS DE CULTIVARES DE SOJA*” tem por objetivo avaliar a competição intergenotípica em misturas de cultivares de soja visando a obtenção de misturas com rendimento e desempenho superior.

[005] O documento de PAVAN *et al.*, 2019, intitulado “*INTRA-AND INTERGENOTYPIC COMPETITION AMONG COMMERCIAL EUCALYPTUS CLONES*” refere-se à competição intra e intergenotípica entre clones comerciais de eucalipto. Verifica-se que o tipo de competição influenciou o comportamento dos clones de eucalipto. O desempenho geral em competição de intergenotípicos favoreceu a produtividade, mas os genótipos diferiam na capacidade de tolerar a competição, sendo alguns deles mais

capazes de competir do que outros. A competição intergenotípica pode beneficiar tanto os superiores quanto os genótipos inferiores, possibilitando aumento de produtividade.

OBJETIVO DA INVENÇÃO

[006] O objetivo da presente invenção é a criação de um método para prever a produtividade de compostos multigenotípicos, permitindo o plantio em campo de mix de cultivares.

VANTAGEM DA INVENÇÃO

[007] A vantagem da presente invenção é permitir a seleção de compostos multigenotípicos específicos para regiões ou até propriedades individuais, garantindo maior robustez nas plantações com maior produtividade. O Processo metodológico permite selecionar os melhores mixes de cultivares de forma relativamente barata e em experimentos pequenos com alto índice de acerto.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[008] A seleção de compostos multigenotípicos baseia-se no uso adaptado do delineamento competitivo proposto por Perecin *et al.* (1997) para a metodologia de dialelos parciais com F1's e parentais, conforme Geraldi e Miranda Filho (1988). Posteriormente, a partir das médias das combinações genotípicas, a metodologia apresentada estima a produção de compostos multigenotípicos, com diferentes números e proporções de cultivares envolvidos sendo esta última a requerida a proteção.

[009] O delineamento de competição proposto por Perecin *et al.* (1997) consiste em intercalar plantios de um determinado genótipo com os demais (Tabela 1), como segue:

I. Cada repetição deve haver tantas parcelas (P) quanto ao número de genótipos (G) $P=G$, a analisar;

II. Cada parcela deve conter o número de linhas conforme a equação 1:

$$NL=[(G \times 2)-1]+4 \quad (\text{Eq. 1})$$

sendo:

a) 4 linhas do i -ésimo genótipo, no exemplo da Tabela 1, as linhas 1, 2, 3 e 4 caracterizando a autocompetição;

b) $(G \times 2)-1$ linhas intercaladas do i -ésimo genótipo com os j -ésimos genótipos caracterizando a alocompetição; e

c) A primeira e última linha devem ser consideradas como bordaduras e a disposição dos genótipos e ordem das linhas devem obedecer a sorteio.

Tabela 1 - Esquema experimental para testes de competição entre genótipos de plantas, sem casualização e repetição.

N° da Linha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Parcela A	A	A	A	A	A	B	A	C	A	D	A
Parcela B	B	B	B	B	B	C	B	D	B	A	B
Parcela C	C	C	C	C	C	D	C	A	C	B	C
Parcela D	D	D	D	D	D	A	D	B	D	B	C

Fonte: Perecin *et al.* (1997).

[010] Os genótipos estão sempre ladeados pelo mesmo vizinho dentro da parcela: linhas 5, 7, 9 e 11 (Tabela 1), havendo alocompetição entre os demais genótipos e o *i-ésimo* genótipo. Nas linhas 2, 3 e 4, o *i-ésimo* genótipo está ao lado dele próprio, caracterizando a autocompetição.

[011] Desta forma, a adaptação do delineamento de Perecin *et al.* (1997) a metodologia de dialelos parciais com genitores e F1's de Geraldi e Miranda Filho (1988), permite caracterizar nas linhas 5, 7 e 9, no exemplo, a produção do cultivar exercendo a competição, ou seja, igual ao efeito do genitor do Grupo I. Na linha 2 e 3, pode caracterizar como efeito do genitor do Grupo II, efeito do cultivar solteiro, sofrendo a auto competição. Na linha 4, pode ser atribuído o efeito do híbrido do parental 1 do Grupo I versus o parental 1 do Grupo II. O efeito da Linha 4 se diferencia das demais pelo efeito da vizinhança da Linha 5, que sofre efeito da Linha 6. Continuando, as linhas 6, 8 e 10, no exemplo, referem-se à capacidade de produção dos demais genótipos quando estão sujeitos a competição do *i-ésimo* genótipo.

[012] Assim, o delineamento permite todos os arranjos genotípicos e a produção em autocompetição em linhas distintas, para análise de variância deve considerar como parcelas subdivididas, em que o efeito do *i-ésimo* genótipo seja a parcela, ou seja, o efeito de exercer a competição e as linhas mensuradas o efeito dos *j-ésimos* genótipos sofrerem a competição.

[013] A partir do delineamento de Perecin *et al.* (1997), adota-se o modelo de dialelos parciais com parentais conforme Geraldi e Miranda Filho (1988). Logo, a apesar de serem os mesmos genótipos e estes possuíram duas capacidades gerais de competição, ou seja, capacidade geral de exercer a competição e capacidade geral de tolerar a competição, cada cultivar terá ainda dois valores como competidor: aquela que produz “per se” e o efeito da autocompetição sobre ele próprio e capacidade produzir sofrendo competição dos demais alocompetição. Da mesma forma, cada par genotípico terá duas capacidades específicas de competição, ou seja, aquela que o genótipo “A” produz sofrendo o efeito competitivo de “B” e o inverso.

[014] O modelo de Geraldi e Miranda Filho (1988) é definido pela equação 2:

$$Y_{ij} = \mu + \frac{1}{2}(d_1 + d_2) + g_i + g_j + s_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij}; \quad (\text{Eq. 2})$$

em que:

Y_{ij} : é a média *i*-ésimo genótipo sofrendo a competição do *j*-ésimo genótipo;

μ : é a média geral do experimento competitivo;

d_1 e d_2 : contrastes envolvendo médias dos grupos 1 e 2 e a média geral;

g_i : efeito da capacidade geral de tolerar a competição;

g_j : efeito da capacidade geral de exercer a competição;

s_{ij} : efeito da capacidade específica de competição; e

$\bar{\varepsilon}_{ij}$: erro experimental médio.

MODELO DE ESTIMAÇÃO E SELEÇÃO DE COMPOSTOS MULTIGENOTÍPICOS A SER PROTEGIDO

[015] A partir das duas estimativas de capacidades específicas de competição entre pares de genótipos é possível estimar a produção de compostos multigenotípicos envolvendo diversos genótipos, de modo que a produção estimada de um composto de um par de cultivares tem que levar em consideração a produtividade do cultivar “A” sofrendo a competição de “B”, do inverso e, simultaneamente, as produção solteira e em alocompetição, ou seja, cultivar “A” sofrendo a competição de “A” e cultivar “B” sofrendo a competição de “B” e a produção destes exercendo a competição. Logo a produção per

se de cada cultivar, aqui denominada como “PARENTAL”, é composta pela produção de um cultivar em auto competição mais a produção em alocompetição geral.

[016] Assim, obtendo as médias das produções dos cultivares envolvidos com influência de um vizinho específico e sua produção per se definiu o modelo de predição de um composto multigenotípico com dois cultivares:

$$C50 = [AB][AB]; \quad (\text{Eq. 3})$$

$$M = C50 = \left[\left(\frac{1}{2} \right) A + \left(\frac{1}{2} \right) B \right] \left[\left(\frac{1}{2} \right) A + \left(\frac{1}{2} \right) B \right]; \quad (\text{Eq. 4})$$

$$\overline{C50} = \frac{1}{4} (\overline{AA} + \overline{BB} + \overline{AB} + \overline{BA}); \quad (\text{Eq. 5})$$

em que:

$\overline{C50}$: composto multigenotípico com dois cultivares, ambos com 50% das plantas no plantio, sendo:

A : primeiro cultivar participante do composto;

B : segundo cultivar participante do composto;

$\overline{AA}$: média de produção do cultivar A como “competidor”;

$\overline{BB}$: média de produção do cultivar B como “competidor”;

$\overline{AB}$: média de produção do cultivar A sofrendo a competição do cultivar B ; e

$\overline{BA}$: média de produção do cultivar B sofrendo a competição do cultivar A .

[017] Sendo que são necessários a partir de resultados gerados pelas análises iniciais calcular a produção estimada de $\overline{AA}$, $\overline{BB}$, $\overline{AB}$ e $\overline{BA}$. Assim, dessa forma, consegue-se estimar a produção do Composto com 50% de cada genótipo para todos os pares de genótipos presentes no experimento, permitindo a seleção das melhores misturas genotípicas no composto C50.

[018] Tal forma de estimar a produção de compostos multigenotípicos possibilita a estimação de diferentes compostos. Sendo apresentadas equações para os possíveis diferentes compostos multigenotípicos que poderão ser empregados para plantios comerciais de culturas agrícolas e florestais.

[019] A outra equação de estimação para seleção de compostos multigenotípicos apresentado é de um par de genótipos, porém com quantidades desiguais no plantio,

sendo o genótipo principal com 67% das plantas no plantio e o genótipo secundário com 33%, de tal forma que:

$$C67 = [(AB)A][(A)BA]; \quad (\text{Eq. 6})$$

$$M = C67 = \left[\left(\frac{2}{3} \right) A + \left(\frac{1}{3} \right) B \right] \left[\left(\frac{2}{3} \right) A + \left(\frac{1}{3} \right) B \right]; \quad (\text{Eq. 7})$$

$$\overline{C67} = \frac{1}{9} (4\overline{AA} + 2\overline{AB} + 2\overline{BA} + \overline{BB}); \quad (\text{Eq. 8})$$

em que:

$\overline{C67}$: composto multigenotípico entre dois cultivares, sendo, o cultivar principal com 67% das plantas e o secundário com 33% das plantas no plantio;

A : primeiro cultivar participante do composto;

B : segundo cultivar participante do composto;

$\overline{AA}$: média de produção do cultivar A como “competidor”;

$\overline{AB}$: média de produção do cultivar A sofrendo a competição do B ;

$\overline{BA}$: média de produção do cultivar B sofrendo a competição do A ; e

$\overline{BB}$: média de produção do cultivar B como “competidor”.

[020] O terceiro composto apresentado é formado por três genótipos, sendo um principal com 50% das plantas no plantio e dois genótipos secundários com 25% de plantas cada.

$$C50 \times 25 \times 25 = [A(BC)][A(BC)]; \quad (\text{Eq. 9})$$

$$M = C50 \times 25 \times 25 = \left[\left(\frac{1}{2} \right) BC + \left(\frac{1}{2} \right) A \right]^2 = \left[\left(\frac{1}{4} \right) B + \left(\frac{1}{4} \right) C + \left(\frac{2}{4} \right) A \right]^2; \quad (\text{Eq. 10})$$

$$\overline{C50 \times 25 \times 25} = \frac{1}{16} (\overline{BB} + \overline{CC} + 4\overline{AA} + \overline{BC} + \overline{CB} + 2\overline{AB} + 2\overline{BA} + 2\overline{AC} + 2\overline{CA}); \quad (\text{Eq. 11})$$

em que:

$\overline{C50 \times 25 \times 25}$: composto multigenotípico entre três cultivares, sendo um principal com 50% e dois secundários com 25% das plantas no plantio;

A : cultivar principal participante do composto;

B : primeiro cultivar secundário participante do composto;

C : segundo cultivar secundário participante do composto;

$\overline{AA}$: média de produção do cultivar A como “competidor”;

$\overline{BB}$: média de produção do cultivar B como “competidor”;

$\overline{CC}$: média de produção do cultivar C como “competidor”;

$\overline{BC}$: média do cultivar B sofrendo a competição do cultivar C ;

$\overline{CB}$: média do cultivar C sofrendo a competição do cultivar B ;

$\overline{AB}$: média do cultivar A sofrendo a competição do cultivar B ;

$\overline{BA}$: média do cultivar B sofrendo a competição do cultivar A ;

$\overline{AC}$: média do cultivar A sofrendo a competição do cultivar C ; e

$\overline{CA}$: média do cultivar C sofrendo a competição do cultivar A .

[021] O quarto composto multigenotípico é uma composição de plantio de três cultivares em proporções iguais, ou seja, um terço das plantas, portanto, sendo equilibrado.

$$C33 = [ABC][ABC]; \quad (\text{Eq. 12})$$

$$M = C33 = \left[\left(\frac{1}{3} \right) A + \left(\frac{1}{3} \right) B + \left(\frac{1}{3} \right) C \right]^2; \quad (\text{Eq. 13})$$

$$\overline{C33} = \frac{1}{9} (\overline{AA} + \overline{BB} + \overline{CC} + \overline{BC} + \overline{CB} + \overline{AB} + \overline{BA} + \overline{AC} + \overline{CA}); \quad (\text{Eq. 14})$$

em que:

$\overline{C33}$: composto multigenotípico entre três cultivares, todos participando igualmente no plantio;

A : primeiro cultivar participante do composto;

B : segundo cultivar participante do composto;

C : terceiro cultivar participante do composto;

$\overline{AA}$: média de produção do cultivar A como “competidor”;

$\overline{BB}$: média de produção do cultivar B como “competidor”;

$\overline{CC}$: média de produção do cultivar C como “competidor”;

$\overline{BC}$: média do cultivar B sofrendo a competição do cultivar C ;

$\overline{CB}$: média do cultivar C sofrendo a competição do cultivar B ;

$\overline{AB}$: média do cultivar A sofrendo a competição do cultivar B ;

$\overline{BA}$: média do cultivar B sofrendo a competição do cultivar A ;

$\overline{AC}$: média do cultivar A sofrendo a competição do cultivar C ; e

$\overline{CA}$: média do cultivar C sofrendo a competição do cultivar A .

[022] Por último, apresenta-se o quinto composto formado com quatro cultivares, todos participando com a mesma proporção, ou seja, cada cultivar representa 25% das plantas no plantio.

$$C25 = [ABCD][ABCD]; \quad (\text{Eq. 15})$$

$$M = C25 = \left[\left(\frac{1}{4} \right) A + \left(\frac{1}{4} \right) B + \left(\frac{1}{4} \right) C + \left(\frac{1}{4} \right) D \right]^2; \quad (\text{Eq. 16})$$

$$\overline{A25} = \frac{1}{16} (\overline{AA} + \overline{BB} + \overline{CC} + \overline{DD} + \overline{BC} + \overline{CB} + \overline{AB} + \overline{BA} + \overline{AC} + \overline{CA} + \overline{BD} + \overline{DB} + \overline{CD} + \overline{DC} + \overline{AD} + \overline{DA}) \quad (\text{Eq. 17})$$

em que:

$\overline{C25}$: composto multigenotípico entre quatro cultivares todos participando igualmente no plantio;

A : primeiro cultivar participante do composto;

B : segundo cultivar participante do composto;

C : terceiro cultivar participante do composto;

D : quarto cultivar participante do composto;

$\overline{AA}$: média de produção do cultivar A como “competidor”;

$\overline{BB}$: média de produção do cultivar B como “competidor”;

$\overline{CC}$: média de produção do cultivar C como “competidor”;

$\overline{DD}$: média de produção do cultivar D como “competidor”;

$\overline{BC}$: média do cultivar B sofrendo a competição do cultivar C ;

$\overline{CB}$: média do cultivar C sofrendo a competição do cultivar B ;

$\overline{AB}$: média do cultivar A sofrendo a competição do cultivar B ;

$\overline{BA}$: média do cultivar B sofrendo a competição do cultivar A ;

$\overline{AC}$: média do cultivar A sofrendo a competição do cultivar C ;

$\overline{CA}$: média do cultivar C sofrendo a competição do cultivar A ;

$\overline{BD}$: média do cultivar B sofrendo a competição do cultivar D ;

$\overline{DB}$: média do cultivar D sofrendo a competição do cultivar B ;

$\overline{CD}$: média do cultivar C sofrendo a competição do cultivar D ;

$\overline{DC}$: média do cultivar D sofrendo a competição do cultivar C ;

$\overline{AD}$: média do cultivar A sofrendo a competição do cultivar D ;

$\overline{DA}$: média do cultivar D sofrendo a competição do cultivar A .

[023] Após as definições das estimativas de todos compostos e efetuada a seleção dos melhores compostos para cada situação de plantio com maior ou menor número de cultivares participantes, simultaneamente é efetuada a seleção das melhores misturas de plantios para adoção de plantios comerciais.

REIVINDICAÇÕES

1. MÉTODO PARA PREDIÇÃO E SELEÇÃO DE COMPOSTOS MULTIGENOTÍPICOS PARA CULTURAS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS, remetendo a uma adaptação de um delineamento competitivo em junção a metodologia de dialelos parciais com F1's e parentais, **caracterizado por** estimar a produção de compostos multigenotípicos envolvendo diversos genótipos, de modo que a produção estimada de um composto de um par de cultivares tem que levar em consideração a produtividade do cultivar "A" sofrendo a competição de "B", do inverso e, simultaneamente, as produções solteira e em alocompetição, ou seja, cultivar "A" sofrendo a competição de "A" e cultivar "B" sofrendo a competição de "B" e a produção destes exercendo a competição, logo a produção "per se" de cada cultivar (parental), é composta pela produção de um cultivar em auto competição mais a produção em alocompetição geral.

2. MÉTODO PARA PREDIÇÃO E SELEÇÃO DE COMPOSTOS MULTIGENOTÍPICOS PARA CULTURAS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** método de predição e seleção do composto multigenotípicos poder apresentar dois cultivares, ambos com 50%; ou apresentar o genótipo principal com 67% das plantas no plantio e o genótipo secundário com 33%; ou composto multigenotípico entre três cultivares, sendo um principal com 50% e dois secundários com 25% das plantas no plantio; ou ainda composto multigenotípico entre três ou quatros cultivares, todos participando igualmente no plantio.

RESUMO

**MÉTODO PARA PREDIÇÃO E SELEÇÃO DE COMPOSTOS MULTIGENOTÍPICOS
PARA CULTURAS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS**

O Presente pedido de patente de invenção, pertencendo ao campo da Agricultura e Saúde Animal, compreende um método aplicado a sistemas de plantio, que proporciona maior equilíbrio ecológico aos plantios agrícolas e florestais, em que o referido método visa prever valores de produtividade de compostos multigenotípicos permitindo selecionar misturas de cultivares em diferentes proporções, visando aumentar a produtividade e minimizar a vulnerabilidade genética. A metodologia permite prever e selecionar compostos multigenotípicos a partir de análises estatísticas específicas que foram adaptadas para o fim de calcular a produtividade com e sem efeito dos vizinhos. A partir das médias das combinações de cultivares vizinhos, é previsto a produção de compostos multigenotípicos, com diferentes números e proporções de cultivares envolvidos.