

Desempenho de Genótipos de Pés-Francos de Seringueira do Bioma Amazônico em Condições Ambientais de Cerrado



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
359**

**Desempenho de Genótipos de Pés-Francos
de Seringueira do Bioma Amazônico em
Condições Ambientais de Cerrado**

*Wanderlei Antônio Alves de Lima
Leo Duc Haa Carson Schwartzhaupt da Conceição
Josefino de Freitas Fialho
Ailton Vitor Pereira
Nilton Tadeu Vilela Junqueira
Elainy Botelho Carvalho Pereira*

Esta publicação encontra-se disponível gratuitamente no link: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/?initQuery=t> (Digite o título e clique em "Pesquisar")

Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília / Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970, Planaltina, DF
Fone: (61) 3388-9898
Fax: (61) 3388-9879
embrapa.br/cerrados
embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da Unidade

Presidente
Marcelo Ayres Carvalho

Secretária-Executiva
Marina de Fátima Vilela

Secretária
Alessandra S. Gelape Faleiro

Supervisão editorial
Jussara Flores de Oliveira Arbues

Revisão de texto
Jussara Flores de Oliveira Arbues

Normalização bibliográfica
Shirley da Luz Soares Araújo

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Wellington Cavalcanti

Foto da capa
Wanderlei Antônio Alves de Lima

1ª edição

1ª impressão (2020): tiragem 30 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Cerrados

D451 Desempenho de genótipos de pés-francos de seringueira do Bioma Amazônico em condições ambientais de Cerrado / Wanderlei Antônio Alves de Lima ... [et al.]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2020.

19 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X, ISSN online 2176-509X; 359).

1. Borracha. 2. Cerrado. 3. *Hevea brasiliensis*. I. Lima, Wanderlei Antônio Alves de. II. Embrapa Cerrados. III. Série.

633.8952 – CDD-21

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução.....	7
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	11
Conclusões.....	16
Referências	17

Desempenho de Genótipos de Pés-Francos de Seringueira do Bioma Amazônico em Condições Ambientais de Cerrado

Wanderlei Antônio Alves de Lima¹; Leo Duc Haa Carson Schwartzaupt da Conceição²; Josefino de Freitas Fialho³; Ailton Vitor Pereira⁴; Nilton Tadeu Vilela Junqueira⁵; Elaine Botelho Carvalho Pereira⁶

Resumo – Objetivou-se estimar parâmetros genéticos para caracteres relacionados à produção de borracha e selecionar materiais genéticos de seringueira promissores para a região de Cerrado por meio da aplicação de modelos mistos. Foram avaliados os caracteres produção de borracha e circunferência de tronco de 294 pés-francos adultos de seringueira, procedentes de diferentes ambientes do Bioma Amazônico, em três anos de sangria. Os coeficientes de repetibilidade foram estimados pelo método do procedimento de modelos mistos da Máxima Verossimilhança Restrita (*Restricted Maximum Likelihood Estimation* - REML) e a predição dos valores fenotípicos e genotípicos pela Melhor Predição Linear Não Viciada (*Best Linear Unbiased Prediction* - BLUP), utilizando o software Selegen-REML/BLUP. Para seleção e ranqueamento dos genótipos, foram empregados os índices de seleção Aditivo e Mulamba-Rank. Os caracteres avaliados apresentaram altos valores estimados do coeficiente de repetibilidade e de acurácia, mostrando ser possível prever o valor real dos indivíduos com base nas três avaliações anuais e que as expressões dos caracteres têm um bom controle genético. Com uma intensidade de seleção de 10%, pode-se obter ganho genético de até 180% na produtividade e nova média de 1.713 g de borracha seca por planta por ano. Os pés-francos 403, 499, 312 e 62 se destacaram.

Termos para Indexação: *Hevea brasiliensis*; borracha natural; REML/BLUP; coeficiente de repetibilidade; seleção genética.

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS.

³ Engenheiro-agrônomo, mestre em Microbiologia Agrícola, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

⁴ Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

⁵ Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

⁶ Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, Pesquisadora da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária, Goiânia, GO.

Performance of Rubber Tree Genotypes from the Amazon Biome in the Cerrado Environmental Conditions

Abstract – The present work aimed to estimate genetic parameters for the characters related to rubber production and to select promising materials for the Cerrado region, by means of the application of mixed models. The rubber yield and trunk girth of 294 adult rubber tree seedlings, from different places in the Brazilian Amazon, were evaluated during three years of tapping. The repeatability coefficients were estimated by the method of *restricted maximum likelihood* (REML) and the prediction of phenotypic and genotypic values by the *Best Linear Unbiased Prediction* (BLUP), using the software Selegen-REML/BLUP. The Additive and Mulamba-Rank selection indexes were used for the selection and ranking of genotypes. The evaluated characters showed high estimated values of the repeatability and accuracy coefficients, indicating the possibility to predict the real value of the adult seedlings based on three annual evaluations and also that the expression of the characters has a good genetic control. Considering the selection intensity of 10%, it is possible to obtain a genetic gain up to 180% in rubber yield and a new average of 1,713 g per plant per year. The rubber seedlings number 403, 499, 312 and 62 stood out in the ranking.

Index Terms: *Hevea brasiliensis*, natural rubber, REML/BLUP, coefficient of repeatability, genetic selection.

Introdução

A seringueira (*Hevea brasiliensis*) é uma espécie arbórea nativa brasileira do bioma amazônico de maior expressão nacional e internacional. A borracha natural, extraída das árvores de seringueira, tem sido utilizada na geração de enorme diversidade de produtos, tais como nas indústrias pneumáticas (pneus de carro, caminhão, trator e avião) e de artefatos (luvas, materiais cirúrgicos, preservativos, pisos, revestimentos, cabos elétricos, calçados, bicos de mamadeira), entre outros.

Essa espécie foi levada e cultivada em vários países do sudeste asiático (Tailândia, Indonésia, Vietnã, China, Índia, Malásia, entre outros), os quais respondem por 90% da produção mundial de borracha natural. Segundo o International Rubber Study Group (IRSG, 2019), existem mais de 14 milhões de hectares cultivados no mundo. Em 2018, a produção mundial de borracha natural foi de aproximadamente 13,9 milhões de toneladas e o consumo de 13,7 milhões de toneladas. No Brasil, a produção foi de apenas 185 mil toneladas face ao consumo de 397,9 mil toneladas, levando à importação de 213,5 mil toneladas (IRSG, 2019).

A produção nacional de borracha natural, majoritariamente procedente de plantios de seringueira, está calcada em poucos clones, tais como: RRIM 600, PR 255, GT 1, PB 217, PB 235 e Fx 3864, sendo o RRIM 600 o mais plantado. Evidencia-se, dessa forma, a necessidade de diversificação clonal e a utilização de materiais produtivos para minimizar os riscos e favorecer a competitividade da heveicultura nacional. Nos seringais nativos na Amazônia, existe variabilidade genética entre as plantas que pode ser aproveitada na seleção de materiais nacionais promissores. Entretanto, os programas de seleção de plantas perenes requerem grandes áreas, longo prazo e altos custos de implantação e manutenção. Desde a década de 1990, a Embrapa Cerrados mantém um Banco de Germoplasma (BG) de seringueira composto por 823 genótipos de diferentes espécies e procedências, sendo 321 genótipos clonados por enxertia e 502 pés-francos oriundos de sementes coletadas em seringais nativos da Amazônia brasileira. Todas as plantas são mantidas em condição de campo, para suporte ao programa de melhoramento genético, no BG de seringueira, denominado pelo acrônimo BGHevea CPAC.

Conforme Gonçalves e Fontes (2009), o melhoramento da seringueira envolve três etapas: (a) obtenção da progênie por meio de polinização controlada ou aberta, com conseqüente produção das mudas seminais; (b) seleção e clonagem das plantas, aos 2,5 anos de idade, com base em avaliações precoces da produção de borracha, do vigor e da tolerância a doenças, para serem testadas em experimento de pequena escala; (c) seleção dos clones mais promissores, após 6 ou 7 anos de crescimento e mais 2 anos de sangria normal, que passam a ser avaliados em experimentos de grande escala, em ensaios regionais. Nesta última etapa, são gastos, geralmente, de 12 a 15 anos, até que se possa recomendar um clone para plantio em grande escala. Portanto, são necessários cerca de 30 anos para completar o ciclo de melhoramento da seringueira.

O procedimento de seleção interessante para seringueira é o que envolve a estimação de componentes de variância pelo método da máxima verossimilhança restrita (*Restricted Maximum Likelihood Estimation* – REML) e a predição dos valores genotípicos pela melhor predição linear não viciada (*Best Linear Unbiased Prediction* – BLUP) (Resende, 2002). O REML, desenvolvido por Patterson e Thompson (1971), pode substituir o método Anova na análise de experimentos e apresenta ampla aplicação em espécies vegetais perenes como florestais, fruteiras e frutíferas agroindustriais (Viana; Resende, 2014). O uso de modelos mistos com efeitos aleatórios de tratamentos, como é o caso do REML, permite a simultânea correção dos efeitos ambientais e conduz a minimização dos erros de predição e predição não viciada dos valores genéticos (BLUP) (Resende, 2004). Para eliminar os efeitos ambientais residuais embutidos em dados fenotípicos, é necessário considerar os efeitos de tratamentos como aleatórios. Isso ocorre por meio do efeito de encolhimento da média (*shrinkage*) ou da multiplicação do valor fenotípico corrigido por uma função do coeficiente de determinação genotípica associado ao caráter (Resende; Duarte, 2007). Ou seja, na aplicação dos modelos mistos, passa-se de médias fenotípicas para médias genéticas preditas. Dessa forma, os valores fenotípicos inferiores desfavorecidos pelos efeitos residuais de ambiente ou os valores superiores que foram favorecidos por estes efeitos, se aproximam da média geral. As principais vantagens práticas do REML/ BLUP são: permitir comparar indivíduos ou variedades através do tempo (gerações, anos) e do espaço (locais, blocos); lidar com estruturas complexas de dados (medidas repetidas, diferentes anos, locais e delineamentos); ser aplicável a

dados desbalanceados e a delineamentos não ortogonais e, também, permitir a simultânea correção para os efeitos ambientais, estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos (Resende, 2002).

Os componentes de variância permitem a estimação de parâmetros genéticos importantes, como a herdabilidade e a repetibilidade, que vão impactar nos ganhos de seleção da característica de interesse. O coeficiente de repetibilidade pode ser estimado quando as medidas de uma característica de interesse são avaliadas repetidas vezes em um mesmo indivíduo, no tempo ou no espaço e, expressa proporções da variância total, explicada por variações providas por efeitos de genótipo e por efeitos de ambiente permanente. Sendo assim, Resende (2002) propõe a seguinte classificação para o coeficiente de repetibilidade: repetibilidade alta ($r \geq 0,60$); repetibilidade média ($0,30 > r < 0,60$); e repetibilidade baixa ($r \leq 0,30$), em que os valores altos da estimativa do coeficiente de repetibilidade do caráter avaliado indicam que é possível prever o valor real dos indivíduos com um número relativamente pequeno de medições.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivos estimar parâmetros genéticos para caracteres relacionados à produção de borracha e selecionar materiais genéticos de seringueira promissores para condições ambientais de Cerrado por meio da aplicação do procedimento de modelos mistos.

Material e Métodos

Para a realização deste trabalho, utilizou-se parte dos genótipos pés-francos do BGHevea CPAC, que está localizado em Planaltina, DF, nas coordenadas de 15°38.135' S de latitude, 47°43.830' W de longitude e a 1.157 m de altitude. O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa e com baixa fertilidade natural. O clima, conforme a classificação de Köppen, é tropical com estação seca bem definida (AW). A estimativa da precipitação média anual é de 1,4 mil milímetros, sendo concentrada no período de outubro a março. O período seco varia de 5 a 6 meses (abril a setembro). As estimativas médias anuais de temperatura máxima e mínima são de 26,4 °C e 15,9 °C, respectivamente.

Neste trabalho, foram utilizados 294 genótipos pés-francos adultos de seringueira, procedentes de diferentes locais do bioma amazônico. As mudas

foram plantadas em dezembro de 1999, no espaçamento de 4 m x 4 m, sem delineamento.

O desempenho dos genótipos foi avaliado, com base na medição da circunferência do tronco a 1,20 m do solo e na produção média borracha seca, em 3 anos de sangria (2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016), ou seja, genótipos com 14, 15 e 16 anos de idade. A sangria foi realizada em meia espiral (1/2S), a cada 3 a 4 dias em média (d/3–d/4), durante 5 dias por semana (5d/7) e 9 meses no ano (9m/y), com aplicações de ethephon a 2,5% (ET 2,5%) pincelado no painel de sangria (Pa), nove vezes por ano (9/y). Em razão das condições climáticas do local de implantação, com estação seca de 5 a 6 meses, as sangrias foram suspensas durante o período de troca anual das folhas das plantas (junho, julho e agosto). A produção de coágulo acumulada em cada planta foi pesada mensalmente e, posteriormente, somada para determinação da produção anual de coágulo (kg por planta), que foi convertida em produção anual de borracha seca, com base na determinação do teor médio de borracha seca nos coágulos, estimado em 50%.

A análise estatística foi realizada por meio do Sistema Estatístico e Seleção Genética Computadorizada via Modelos Lineares Mistos (Selegen – REML/BLUP) (Resende, 2007), usando o Modelo Básico de Repetibilidade Sem Delineamento (Modelo 63). Utilizou-se o procedimento de REML/BLUP. O modelo estatístico utilizado foi $y = Xm + Wp + e$, em que y é o vetor de dados; m é o vetor dos efeitos de medição (assumidos como fixos) somados à média geral; p é o vetor dos efeitos permanentes de plantas (efeitos genotípicos mais efeitos de ambiente permanente, assumidos como aleatórios); e e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Por meio dessas análises, foram obtidos: o coeficiente de repetibilidade; a variância fenotípica permanente entre plantas (variância genotípica somada à variância ambiental permanente dos dados coletados de um ano para o outro); a variância de ambiente temporário (variância ambiental de cada ano); a variância fenotípica individual; a repetibilidade média de produção de m sangrias e m medições de circunferência de tronco repetidas; a acurácia da seleção baseada na média de m sangrias e m medições de circunferência de tronco repetidas e o ganho de seleção para produtividade em quilograma de borracha seca. Para seleção e ranqueamento dos genótipos, foram

empregados os índices de seleção: Aditivo e de Mulamba-Rank (Selegen, Modelo 101), com base nos valores fenotípicos permanentes dos caracteres circunferência do caule e produção de borracha. Os pesos econômicos aplicados para o índice Aditivo foram circunferência do caule, 20% e produção de borracha, 80%.

Resultados e Discussão

Neste estudo, a variância fenotípica permanente (V_{fp} : genotípica + ambiental permanente) representou mais de 83% e 99% da variância fenotípica individual (variância total) e, a variância do ambiente temporário foi inferior a 17% e 0,87% em relação à variância total para produção de borracha e circunferência do tronco, respectivamente (Tabela 1). Esses valores indicam que a variância ambiental foi muito pequena em relação à variância entre as plantas para os caracteres avaliados. Sugere-se, a partir desse resultado que, há, tanto para a circunferência do tronco quanto para a produção de borracha, maior influência do efeito genético do que ambiental e que existe a possibilidade de sucesso em selecionar genótipos para as condições edafoclimáticas do local de avaliação com base nos caracteres avaliados.

Tabela 1. Estimativas dos componentes de variância para as características produção de borracha e circunferência do tronco por genótipos de pés-francos de seringueira amazônicos cultivados em ambiente de Cerrado em Planaltina/DF.

Componente de variância	Produção de borracha (g)	Circunferência do tronco (cm)
$V_{fp}^{(1)}$	272.667,27	261,96
$V_{et}^{(2)}$	54.814,53	2,29
$V_f^{(3)}$	327.481,80	264,25
$r = h^{2(4)}$	0,83	0,99
$rm^{(5)}$	0,94	1,00
$Acm^{(6)}$	0,97	1,00
Média geral (g)	612,10	61,70

⁽¹⁾ Variância fenotípica permanente entre plantas.

⁽²⁾ Variância de ambiente temporário.

⁽³⁾ Variância fenotípica individual.

⁽⁴⁾ Repetitividade individual.

⁽⁵⁾ Repetitividade da média de três colheitas (sangria).

⁽⁶⁾ Acurácia de seleção baseada na média de m sangrias na média de m medidas de circunferência do tronco.

Observa-se alto valor do coeficiente de repetibilidade individual, tanto para produção de borracha quanto para a circunferência do tronco. Segundo Resende (2002), valores de coeficiente de repetibilidade iguais ou superiores a 0,60 são considerados altos, indicando que é possível prever o valor real dos indivíduos com número relativamente pequeno de observações. De acordo com Cruz et al. (2004), quando o valor da estimativa da repetibilidade é alto, o acréscimo do número de medições resultará em pouco acréscimo na precisão, em relação a que se teria se um indivíduo fosse avaliado por meio de uma única observação. Verifica-se, ainda, que a estimativa de acurácia de seleção (A_{cm}) foi alta para os dois caracteres avaliados, demonstrando regularidade da superioridade dos indivíduos de um ano para outro e que a expressão dessa característica tem bom controle genético.

As acurácias e os ganhos em eficiência de seleção que seriam obtidos com uso de até 10 anos de coleta de borracha são apresentados na Tabela 2. Verifica-se que os 3 anos consecutivos de avaliação de produção de borracha permitiram uma acurácia seletiva estimada de aproximadamente 97%. De acordo com Resende e Duarte (2007), esse parâmetro varia de 0 a 1, sendo os valores acima de 0,90 classificados como alto. Quanto maior a acurácia, maior a confiança na avaliação, maior a correlação entre os valores preditos (estimativa dos valores fenotípicos permanentes) e valores verdadeiros (Resende, 2002). Dessa forma, a acurácia determina maior confiança e precisão na seleção e no ganho estimado.

Nota-se que, se fossem realizadas avaliações além dos 3 anos, os ganhos em acurácia e eficiência seriam, relativamente, muito pequenos, em relação aos custos com avaliações futuras. Salienta-se que as avaliações foram realizadas em plantas adultas, com mais de 14 anos de idade, portanto, plantas com maturidade reprodutiva e produtiva. De uma maneira geral, a utilização de dados de produção de borracha de 3 anos consecutivos possibilitou uma acurácia estimada alta, um aumento na eficiência de seleção de 6% e uma considerável economia de recursos. Devido às particularidades inerentes aos programas de melhoramento de espécies perenes, as estimativas do coeficiente de repetibilidade têm sido uma boa ferramenta para espécies perenes, tais como: manga (Maia et al., 2017), pêssego (Bruna et al., 2012), macaúba (Manfio et al., 2011), seringueira (Arantes et al., 2010; Costa et al.; 2010), entre outros.

Tabela 2. Estimativas dos coeficientes de determinação, de acurácia seletiva e de eficiência da seleção em função do número de m medições de produção de borracha em pés-francos amazônicos de seringueira, cultivados no Cerrado em Planaltina, DF.

$m^{(1)}$	Determinação	Acurácia	Eficiência
1	0,83	0,91	1,00
2	0,91	0,95	1,04
3	0,94	0,97	1,06
4	0,95	0,98	1,07
5	0,96	0,98	1,07
6	0,97	0,98	1,08
7	0,97	0,99	1,08
8	0,98	0,99	1,08
9	0,98	0,99	1,08
10	0,98	0,99	1,09

⁽¹⁾ Número de anos de coleta de borracha.

Na Tabela 3, são apresentados os ganhos genéticos obtidos pelos índices de seleção utilizados. O índice Aditivo, em comparação ao Mulamba-Rank, gerou maior ganho em relação à média original dos genótipos para a produção de borracha e menor ganho para a circunferência do tronco. Os dois índices levam em consideração os dois caracteres avaliados, entretanto, o índice Aditivo permite atribuir pesos diferenciados para os caracteres. Nesse caso, adotou-se o peso de 80% para a produção de borracha, por ser o carácter mais importante na seleção de plantas de seringueira, e de 20% para circunferência do tronco, obtendo ganhos genéticos de até 180% para produção de borracha e uma nova média de 1.713 g de borracha seca por planta por ano.

Com base em cada índice utilizado e nos parâmetros genéticos de cada genótipo, principalmente, a variância fenotípica permanente, foi possível obter um ranqueamento com uma intensidade de seleção de cerca de 10% dos materiais genéticos avaliados (Tabela 4). Entre os pés-francos avaliados no BGHevea, destacam-se os de número 403, 499, 62 e 312, que foram os quatro primeiros nos ranqueamentos obtidos nos dois índices (Tabela 4). O ganho estimado, considerando apenas estes genótipos, pode chegar acima de 440% em produção de borracha e uma nova média de 3.306 g de borracha por planta ano (Tabela 5).

Tabela 3. Ganhos genéticos simultâneos pelo emprego dos índices de seleção Aditivo e Mulamba-Rank na seleção dos 30 melhores genótipos em cada índice considerado para os caracteres avaliados em Planaltina/DF.

Caractere	Índice Aditivo			Índice Mulamba-Rank		
	Ganho genético	Nova média	(%)	Ganho genético	Nova média	(%)
Produção de borracha (g)	1.101	1.713	180	1.115	1.628	165,9
Circunferência do tronco (cm)	24,9	86,9	40,3	30,0	91,7	48,6

Tabela 4. Ranqueamento dos 30 genótipos superiores de pés-francos de seringueira inscritos no BGHevea baseado nos ganhos genéticos esperados pelo emprego dos índices Aditivo e Mulamba-Rank (Identificação BGHevea). Embrapa Cerrados, 2020.

Ordem	Índice Aditivo	Índice Mulamba-Rank
1	403	312
2	499	062
3	062	309
4	312	403
5	103	475
6	071	071
7	309	526
8	518	261
9	053	499
10	261	374
11	077	053
12	475	198
13	066	267
14	078	078
15	539	017
16	017	007
17	526	178
18	050*	079
19	079	077
20	267	307*

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Ordem	Índice Aditivo	Índice Mulamba-Rank
21	374	308
22	198	518
23	092*	290*
24	178	539
25	464*	066
26	397*	194*
27	007	199
28	329*	269*
29	308	170*
30	199	103

*Genótipos selecionados não coincidentes entre os diferentes índices aplicados.

Tabela 5. Ganhos genéticos simultâneos na seleção dos quatro genótipos superiores coincidentes com o emprego dos índices de seleção Aditivo e Mulamba-Rank considerando os caracteres avaliados em Planaltina, DF.

Caracter	Ganho genético	Nova média	(%)
Produção de borracha (g)	2.694	3.306	440,2
Circunferência do caule (cm)	46,8	108,5	75,8

A seleção de um genótipo de seringueira é condicionada às necessidades específicas de cada região, na maioria das vezes, com ênfase na produção de borracha e no vigor da planta. Nas condições ambientais do bioma Cerrado, os resultados obtidos permitiram identificar os 30 genótipos com melhor desempenho em crescimento do tronco e produção de borracha entre os pés-francos de origem amazônica, que compõem o banco de germoplasma de seringueira da Embrapa Cerrados. Esses pés-francos mais produtivos e vigorosos, ainda em estado selvagem, aliados a outros caracteres secundários de interesse agrônômico, são os de maior potencial para incorporação ao programa de melhoramento genético da seringueira na região de Cerrado. Vale lembrar que a partir de nove plântulas selvagens sobreviventes, introduzidas na Malásia por meio do melhoramento genético, a produtividade anual de borracha aumentou de 400 kg/ha (0,8 kg por planta) nas plantações feitas durante várias décadas com mudas oriundas de sementes (pés-francos) para

valores entre 2 mil e 3 mil quilogramas por hectare (5 kg a 6 kg por planta) nos clones atuais, segundo Othman (2010) e Adifaiz et al. (2017). Altas produtividades também foram obtidas em nível experimental no Brasil (Gonçalves et al., 2002, 2006, 2007, 2011; Pereira et al., 2017a, 2017b, 2017c; Pereira et al., 2019a, 2019b; Fialho et al., 2017a, 2017b, 2017c; Fialho et al., 2019), porém a média nacional situa-se entre mil e 1,1 mil quilogramas por hectare por ano de borracha seca, conforme valores adaptados dos dados divulgados pelo IBGE (2018).

No caso da seringueira, independentemente da região, os estudos são direcionados para a maior produção ou produtividade de látex ou borracha, que também depende do desenvolvimento das plantas. O maior crescimento em circunferência do tronco (CT) é importante para a antecipação da extração de látex, que inicia em plantas com $CT \geq 45$ cm, e para o aumento da produção ao longo da vida útil do seringal, por estar diretamente relacionada ao comprimento do corte na sangria em meia espiral. Essa característica, relacionada ao vigor, serve como critério de desempate na seleção de materiais com potencial de produção de borracha muito próximo.

Acredita-se também que a seleção e a utilização dos 30 materiais melhores selecionados ou dos quatro primeiros genótipos coincidentes do ranking para ambos os índices (Tabelas 4 e 5) podem permitir avanços na etapa de avaliação em pequena escala. Assim, esforços serão tomados na Embrapa Cerrados, com vistas ao resgate desses materiais genéticos, com aproximadamente 21 anos (altura média em torno de 20 m), por meio de poda e obtenção de hastes para enxertia e clonagem para produção de mudas de cada acesso e, conseqüentemente, continuação das avaliações de melhoramento em vários ambientes de Cerrado.

Conclusões

- A avaliação da produção de borracha e circunferência do tronco de genótipos pés-francos de seringueiras adultas, durante três anos, permite a seleção eficiente de materiais nas condições de cerrado ambientais do presente experimento.

- A estimativa do coeficiente de repetibilidade para produção de borracha evidencia alto controle genético e estabilidade na repetição da produção em anos consecutivos.
- Com base nos parâmetros genéticos obtidos e na intensidade de seleção de 10%, é possível obter um ganho genético de até 180% na produtividade de borracha seca por planta por ano, com destaque para os pés-francos 403, 499, 312 e 62, melhores ranqueados com grande potencial para aumento efetivo dos ganhos com o programa de melhoramento genético da seringueira no Brasil.

Referências

- ADIFAIZ, A. F.; MAIDEN, N. A.; AIZAT SHAMIN, N.; ZARAW, A. G.; RAFII, M. Y. Potential genotypes of the 1995 RRIM hevea germplasm collection for future rubber breeding and selection programme. **Journal of Rubber Research**, v. 20, n. 4, 2017.
- ARANTES, F. C.; GONÇALVES, P. S.; JUNIOR, E. J. S.; MORAES, M. L. T.; RESENDE, M. D. V. Ganho genético com base no tamanho efetivo populacional de progênies de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 12, p. 1419-1424, dez. 2010.
- BRUNA, E. D.; MORETO, A. L.; DALBÓ, M. A. Uso do coeficiente de repetibilidade na seleção de clones de pessegueiro para o litoral Sul de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 206-215, 2012.
- COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. V.; GONÇALVES, P. S.; ROA, R. A. R.; FEITOSA, K. C. O. Predição de parâmetros e valores genéticos para caracteres de crescimento e produção de látex em progênies de seringueira. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 49-56, 2010.
- CRUZ, C. D.; TEGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 480 p.
- FIALHO, J. de F.; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; LIMA, W. A. A. de; MALAQUIAS, J. V. Competição de clones de seringueira no Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HEVEICULTURA, 6., 2019, Belo Horizonte. **Anais...** Vitória: CEDAGRO, 2019. 4 p.
- FIALHO, J. de F.; PEREIRA, A. V.; JUNQUEIRA, N. T. V.; PEREIRA, E. B. C.; VEIGA, A. D.; LIMA, W. A. A. de; MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H. C.; BRAGA, M. F. Avaliação de clones de seringueira na região de Planaltina-DF. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HEVEICULTURA, 5., 2017, Goiânia. **Anais...** Jaboticabal: Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, 2017a. p. 88-92.
- FIALHO, J. de F.; PEREIRA, A. V.; JUNQUEIRA, N. T. V.; PEREIRA, E. B. C.; VEIGA, A. D.; LIMA, W. A. A. de; MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H. C.; BRAGA, M. F. Desenvolvimento e produção de clones de seringueira na região de Planaltina-DF. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HEVEICULTURA, 5., 2017, Goiânia. **Anais...** Jaboticabal: Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, 2017b. p. 93-97.
- FIALHO, J. de F.; PEREIRA, A. V.; JUNQUEIRA, N. T. V.; PEREIRA, E. B. C.; VEIGA, A. D.; LIMA, W. A. A. de; MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H. C.; BRAGA, M. F. Desempenho de clones de seringueira na região de Planaltina-DF. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

- HEVEICULTURA, 5., 2017, Goiânia. **Anais...** Jaboticabal: Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, 2017c. p. 98-102.
- GONÇALVES, P. S.; MARTINS, A. L. M.; FURTADO, E. L.; SAMBUGARO, R.; OTTATI, E. L.; ORTILANI, A. A.; GODOY JUNIOR, G. Desempenho de clones de seringueira da série 300 na região do Planalto de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 2, p. 131-138, 2002.
- GONÇALVES, P. S.; FONTES, J. R. A. Domesticação e melhoramento da seringueira. In: BORÉM, A.; LOPES, M. T. G.; CLEMENT, C. R. (Ed.). **Domesticação e melhoramento: espécies amazônicas**. Viçosa: UFV, 2009. p. 395-423.
- GONÇALVES, P. de S.; SCALOPPI JÚNIOR, E. J.; MARTINS, M. A.; MORENO, R. M. B.; BRANCO, R. B. F.; GONÇALVES, E. C. P. Assessment of growth and yield performance of rubber tree clones of the IAC 500 series. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1643-1649, 2011.
- GONÇALVES, P. de S.; SILVA, M. de A.; AGUIAR, A. T. da E.; MARTINS, M. A.; SCALOPPI JUNIOR, E. J.; GOUVÊA, L. R. L. Phenotypic expression of IAC clones in the northwestern region of São Paulo State. **Ciência Agrícola**, v. 64, n. 3, p. 241-248, 2006.
- GONÇALVES, P. de S.; SILVA, M. de A.; AGUIAR, A. T. da E.; MARTINS, M. A.; SCALOPPI JUNIOR, E. J.; GOUVÊA, L. R. L. Performance of new Hevea clones from IAC 400 series. **Ciência Agrícola**, v. 64, n. 3, p. 241-248, 2007.
- IBGE. **Lavouras permanentes 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Busca?q=lavouras%20permanentes>. Acesso em: 06 abr. 2020.
- IRSG - INTERNATION RUBBER STUDY GROUP. **Rubber Statistical Bulletin**, v. 74, n. 4-6, October- December, 2019.
- MAIA, M. C. C.; OLIVEIRA, L. C.; VASCONCELOS, L. F. L.; NETO, F. P. L.; YOKOMIZO, G. K; ARAUJO, L. B. Repetibilidade de características quantitativas de frutos em seleções elite de manga rosa. **Revista Agro ambiente**, v. 11, n. 1, p. 56-62, 2017.
- MANFIO, C. E.; MOTOIKE, S. Y.; SANTOS, C. E. M.; PIMENTEL, L. D.; QUEIROZ, V.; SATO, A. Y. Repetibilidade em características biométricas do fruto de macaúba. **Ciência Rural**, v. 41, p. 70-76, 2011.
- OTHMAN, R. Development of clonal varieties for dual capacity of high látex and wood yield in Malaysia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HEVEICULTURA, 2., 2010, Ilhéus-Ba. **Palestras...** Ilhéus: CEPLAC, 2010.
- Disponível em : <http://www.ceplac.gov.br/paginas/heveicultura/heveicultura.asp?link=1#>. Acesso em: 06 abr. 2020.
- PATTERSON, H. D.; THOMPSON, R. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. **Biometrika**, v. 58, p. 545-554, 1971.
- PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H. C. Avaliação de clones de seringueira na região de Goianésia: In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HEVEICULTURA, 6., 2019, Belo Horizonte. **Anais...** Vitória: CEDAGRO, 2019 a. 4 p.
- PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H. C. Desempenho de clones de seringueira na região de Goianésia In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HEVEICULTURA, 6., 2019, Belo Horizonte. **Anais...** Vitória: CEDAGRO, 2019b. 4 p.

PEREIRA, A. V.; FIALHO, J. de F. Avaliação de 11 clones de seringueira na região de Pontes e Lacerda, MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HEVEICULTURA, 5., 2017, Goiânia. **Anais...** Jaboticabal: Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, 2017a. p. 134-138.

PEREIRA, A. V.; FIALHO, J. de F. Avaliação de 34 clones de seringueira na região de Pontes e Lacerda, MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HEVEICULTURA, 5., 2017, Goiânia. **Anais...** Jaboticabal: Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, 2017b. p. 139-143.

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E.B.C.; MARTINS, M.A.; MATTOSO, L. H. C. Avaliação de clones de seringueira na região de Barro Alto, GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HEVEICULTURA, 5., 2017, Goiânia. **Anais...** Jaboticabal: Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, 2017c. p. 130-137.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.

RESENDE, M. D. V. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 65 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 100).

RESENDE, M. D. V. **Selegen-Reml/Blup**: Sistema Estatístico e Seleção Genética Computadorizada via Modelos Lineares Mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 360 p.

RESENDE, M. D. V., DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

VIANA, A. P.; RESENDE, M. D. V. **Genética quantitativa no melhoramento de fruteiras**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2014. 282 p. v. 300.

Embrapa

Cerrados

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL