

Seleção de genótipos de cafeeiro conilon para sistemas agroflorestais ou consorciados

Selection of conilon coffee trees genotypes for agroforestry or intercropping systems

João Felipe de Brites Senra^{1*}, Josimar Aleixo da Silva², João Batista da Silva Araújo¹, Uliana Ribeiro Silva², Alex Justino Zacarias³, Amanda Oliveira da Conceição³, Idalina Isturião Milheiros², Abraão Carlos Verdin Filho¹, Fernanda Gomes da Silva³

RESUMO

Objetivou-se neste trabalho selecionar genótipos de *Coffea canephora* para composição de uma variedade clonal para sistemas agroflorestais (SAF's). O experimento foi conduzido na unidade de pesquisa em SAF's e cultivo orgânico de *C. canephora* com a variedade 'EMCAPER 8151'. Avaliou-se os cafeeiros consorciados com Pupunheira, Gliricídia, Bananeira e Ingá, mensurando a produção de frutos de café em Kg.planta⁻¹ nos anos de 2016, 2017, 2018, 2019 e 2021. Os dados foram analisados pelo método de máxima verossimilhança restrita e melhor predição linear não viesada, para estimação dos componentes da variância, estimação dos parâmetros genéticos e ordenamento dos genótipos. Além disso, foi estimada a distância de Mahalanobis seguida do agrupamento de Tocher. A repetibilidade média entre as colheitas variou de 0.0353 (consórcio com Bananeira) a 0.1313 (SAF com Gliricídia) e a maior acurácia com as cinco colheitas foi 39% (SAF com Ingá). Existe variabilidade genética entre os genótipos possibilitando a seleção dos 40 mais promissores para composição de uma variedade clonal para plantios agroflorestais.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas; Valor genético; BLUP/REML; Melhoramento;

ABSTRACT

The objective of this work was to select *Coffea canephora* genotypes for the composition of a clonal variety for agroforestry systems (SAF's). The experiment was carried out at the research unit in SAF's and organic cultivation of *C. canephora* with the variety 'EMCAPER 8151'. Conilon coffee trees plants intercropped with Pupunheira, Gliricidia, Bananeira and Ingá were evaluated, measuring the production of coffee fruits in Kg.planta⁻¹ in the years 2016, 2017, 2018, 2019 and 2021. The data were analyzed by the maximum likelihood method restricted and better unbiased linear prediction, for estimation of variance components, estimation of genetic parameters and genotype ordering. In addition, the Mahalanobis distance followed by the Tocher cluster was estimated. The average repeatability between harvests ranged from 0.0353 (intercropping with Bananeira) to 0.1313 (SAF with Gliricidia) and the highest accuracy with the five harvests was 39% (SAF with Ingá). It was possible to detect the existing genetic variability among the genotypes studied in the different management systems and the 40 most promising were selected for the composition of a clonal variety of *C. canephora* for intercropped or agroforestry plantations.

¹ Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural - Incaper

*E-mail: joao.senra@incaper.es.gov.br

² Bolsista do Consórcio de Pesquisas Cafeeiras

³ Bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo

Keywords: Climate Changes; Genetic Value; BLUP/REML; Breeding;

INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma das principais atividades agrícolas no mundo, sendo que, no ano de 2021, foram produzidas 170 milhões de sacas de 60 kg, das quais, 41% foram de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (cafeeiro conilon) (ICO, 2021). No mesmo ano o Brasil produziu 16,15 milhões de sacas de café conilon, representando um dos mais importantes exportadores (CONAB, 2021). A estabilidade brasileira como principal produtor de café conilon no mundo é considerada estável, contudo, os processos de mudanças climáticas estimulados pela constante emissão dos gases do efeito estufa (GEE), está gerando uma pressão crescente pelo desenvolvimento de tecnologias que promoverão a mitigação destes efeitos e a proteção da cafeicultura.

As temperaturas nos municípios produtores de café no Brasil vêm aumentando cerca de 0,25 °C por década desde 1974 e reduzindo cerca de 20% da produtividade da região sudeste do Brasil (KOH *et al.*, 2020). Enquanto que a precipitação anual vem diminuindo durante a floração e maturação, porém, desde 2002, a precipitação durante a colheita aumentou (dos SANTOS *et al.*, 2021). O setor agrícola pode enfrentar sérios desafios nas próximas décadas devido à sensibilidade das culturas à escassez de água e o estresse térmico (RAMIREZ-VILLEGAS *et al.*, 2012), além da redução da qualidade da produção devido ao aumento na pressão por pragas e doenças (FISCHLIN *et al.*, 2007). Acredita-se que a agricultura sofrerá muito no contexto das alterações climáticas devido a sua alta vulnerabilidade e, também, desempenhará uma ação importante para sequestro de carbono e atenuação das emissões de GEE (FAO, 2009; SCHNEIDER *et al.*, 2007).

Camargo (2010) descreve algumas técnicas agronômicas que podem ser utilizadas para mitigar eventos meteorológicos extremos e enfrentar os desafios atuais das mudanças climáticas da cafeicultura em virtude do aquecimento global, como por exemplo o plantio adensado, solo vegetado, irrigação otimizada e adaptação agronômica com foco em programas de melhoramento de lavouras e o uso de sombreamento (consórcios ou sistemas agroflorestais). A adoção de sistemas consorciados, ou agroflorestais, carece de estudos para sua aplicação no cultivo do *C. canephora*, enquanto que para o *C. arabica* esta técnica encontra-se bem difundida na América Latina. As árvores de sombra fornecem uma série de serviços ao agroecossistema, tais como: controle de pragas (MOUEN BEDIMO *et al.*, 2008; JONSSON *et al.*, 2015); melhoria da qualidade do solo (MEYLAN *et al.*, 2017); criação de habitat para espécies tropicais nativas (MOGUEL; TOLEDO, 1999); e renda adicional pela produção de frutas e, ou,

recursos madeireiros aos agricultores (RICE, 2011; CERDA *et al.*, 2014; SOMARRIBA *et al.*, 2014) além dos recursos florestais não madeireiros.

Os sistemas de cultivo consorciado possibilitam a atenuação dos estresses abióticos sobre o cafeeiro em regiões onde as condições podem limitar o desenvolvimento da cultura (CAMARGO, 2010). As análises sistemáticas das estratégias de mitigação e adaptação à vulnerabilidade climática para o *C. canephora* indicam que o cultivo em sistemas agroflorestais e, ou, arborizados podem ser recomendados para regiões no norte e noroeste do estado do Espírito Santo (MARTINS *et al.*, 2017). A plasticidade fenotípica dos genótipos quando cultivados em sistemas sombreados possibilita a identificação dos materiais mais adaptados ao cultivo consorciado (CAVATTE *et al.*, 2013). Contudo, existe a carência de informações sobre o potencial dos diferentes materiais genéticos nestas condições (DAMATTA *et al.*, 2007). A adoção dos sistemas de cultivo consorciados deve considerar uma série de fatores, como a escolha da espécie, ou cultivar, adequada, o nível de sombreamento, a fertilidade do solo, a irrigação, a altitude e o clima (ABDO *et al.*, 2008). Desta forma, a seleção de genótipos de *C. canephora* agronomicamente adequados para tal sistema é tão importante quanto o manejo agroflorestal ou consorciado (DAMATTA, 2004; DAMATTA; RAMALHO, 2006; DAMATTA *et al.*, 2007; PEZZOPANE *et al.*, 2011; RODRÍGUEZ-LÓPEZ *et al.*, 2013).

Diante da necessidade do desenvolvimento de cultivares de *C. canephora* específicos para sistemas de cultivo consorciado ou agroflorestal, objetivou-se neste trabalho selecionar genótipos oriundos da variedade ‘EMCAPER 8151’, popularmente conhecida como ‘Robusta Tropical’, visando determinar os mais apropriados para ensaios de competição e o desenvolvimento de uma variedade para sistemas agroflorestais ou consorciados.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Bananal do Norte (FEBN) pertencente ao Incaper, distrito de Pacotuba, município de Cachoeiro de Itapemirim, na região sul do estado do Espírito Santo localizada na latitude 20°45 'S e longitude 41°17' W, a 140 metros de altitude. O local possui topografia ondulante e clima Cwa com verão chuvoso e inverno seco de acordo com a classificação de Köpen, precipitação e temperatura média anual de 1.200 mm e 23 °C respectivamente. A região caracteriza-se por apresentar três meses secos (junho, julho e agosto) com variações locais para

semiúmido de quatro a cinco meses (maio a setembro). A temperatura média das máximas dos meses mais quentes é de aproximadamente 33,0°C e a temperatura média das mínimas dos meses mais frios é de 14,3°C.

A unidade de pesquisa em Sistemas Agroflorestais (SAF's) e cultivo orgânico de *C. canephora* utilizada neste estudo foi implantada em janeiro de 2013 utilizando a variedade 'EMCAPER 8151', denominada 'Robusta Tropical' (FERRÃO *et al.*, 2000). A área de 0,62 ha é dividida em cinco talhões sendo um cultivo solteiro e quatro ou consorcios com Pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth), Gliricídia (*Gliricídia sepium* Jacq. Steud), Bananeira cv. Japira, (*Musa sp.*) e Ingá de metro (*Inga edulis* Mart.). Os cafeeiros foram plantados no espaçamento de três metros entre linhas e um metro entre plantas (3333 plantas.ha⁻¹) e conduzidos com quatro hastes por planta. A Bananeira e a Pupunheira foram plantadas no espaçamento de 3,0 x 6,0 m (556 plantas.ha⁻¹) e Gliricídia e Ingá no espaçamento de 6,0 x 6,0 m (278 plantas.ha⁻¹) nas linhas de café, com o cafeeiro e cada planta consorciada somando 3333 plantas.ha⁻¹.

O manejo orgânico proposto para a unidade de pesquisa exclui o uso de agrotóxicos e fertilizantes minerais, aplicando-se 50% da recomendação de adubação a base de composto orgânico e calculada com base no teor de N. As adubações de cobertura seguiram as recomendações para produtividade entre 31 a 50 sacas de 60 kg por hectare e uma oferta de 320 kg.ha⁻¹ de nitrogênio. O composto orgânico utilizado para atender a essa demanda foi composto por diferentes resíduos culturais: capim, bananeira, palha de café, esterco bovino e cama de frango. A roçada foi feita nas entrelinhas e capina dentro das linhas de café. As Bananeiras foram manejadas com três pseudocaulis por touceira. As podas de Gliricídia e Ingá iniciaram em março de 2014, e foram realizadas duas por ano, mantendo o dossel acima de 4 m de altura. A Gliricídia e Ingá foram podados em março e agosto de cada ano, a partir de março/2014, visando 35% de sombreamento (FARFÁN; BAUTE, 2010), sendo que a Gliricídia recebeu poda drástica (100%) no mês agosto.

Foi avaliada a característica produção, mensurando a massa de grãos (ou frutos) de café colhido por planta (genótipo) (kg.planta⁻¹). A colheita de cada genótipo foi realizada quando esses apresentaram no mínimo 80% de grãos maduros nas safras nos anos de 2016, 2017, 2018, 2019 e 2021 em plantas individuais. Foram avaliados diferentes números de genótipos para cada consórcio com: Pupunheira 61 genótipos;

Gliricídia 65 genótipos; Bananeira 71 genótipos; Ingá de metro 90 genótipos. A unidade de pesquisa foi implantada com ausência de delineamento e a análise dos dados para cada sistema agroflorestal e consórcio foi realizada pelo método de máxima verossimilhança restrita e melhor predição linear não viesada (REML/BLUP) utilizando o software Selegen (Resende, 2007), modelo 63 (modelo básico de repetibilidade sem delineamento) (Equação 1).

$$y = X_m + W_p + e \text{ Equação 1}$$

Em que y é o vetor de dados, m é o vetor dos efeitos de medição (assumidos como fixos) acrescidos da 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. Foram estimados os componentes de variância: variância fenotípica permanente entre plantas (V_{fp}); variância de ambiente temporário (V_{et}); variância fenotípica individual (V_f); repetibilidade individual (r); repetibilidade média entre as colheitas ou medidas repetidas (r_m); acurácia da seleção baseada na média das colheitas (A_{cm}); e a média geral do experimento (u). Com base nos componentes de variância foram estimados os valores do efeito fenotípico permanente (fp) e o valor fenotípico permanente ($u+fp$). Posteriormente foi estimada a distância estatística de Mahalanobis seguido de um agrupamento pelo método de otimização de Tocher. Todas as análises estatísticas realizadas no presente trabalho foram conduzidas no aplicativo computacional SELEGEN-REML/BLUP (RESENDE, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos componentes de variância (Tabela 1) demonstra que existe uma forte influência ambiental sobre a característica em estudo. Os baixos valores de acurácia são atribuídos a influência ambiental, a baixa herdabilidade do caráter e a ausência de um delineamento estatístico. Contudo, esses dados não diminuem a fidedignidade das informações obtidas pois esta é uma análise exploratória para seleção de indivíduos promissores para comporem os próximos ensaios experimentais. A repetibilidade média entre as colheitas (r_m) variou de 0.0353 para o consórcio com Bananeira e 0.1313 para o sistema agroflorestal para Gliricídia, não ficando muito distante dos valores obtidos por

Alkimim e colaboradores (2021) trabalhando com clones e híbridos de *Coffea canephora*. Segundo esses autores a avaliação de clones estimou valores de 0.15 para os clones do grupo conilon, 0.14 para os clones do grupo robusta e 0.06 para a avaliação dos híbridos de conilon com robusta.

A acurácia seletiva é o parâmetro estatístico mais relevante para determinação da qualidade experimental e dos valores genotípicos previstos (RESENDE; ALVES, 2020). Este parâmetro reflete a quantidade e qualidade das informações e procedimentos utilizados na predição de valores genéticos e depende da herdabilidade e repetibilidade da característica analisada (RESENDE; DUARTE, 2007). A eficiência do uso de cinco colheitas demonstrada na Tabela 2 apresenta uma estimativa para o incremento da acurácia com o aumento do número de colheitas. Observa-se que a maior acurácia com cinco colheitas foi 39% para o sistema agroflorestal com Ingá e a menor foi 18% para o consórcio com Bananeira. De acordo com Resende e Duarte (2007) esses valores de acurácia podem ser classificados como de baixa magnitude. Os pequenos incrementos de acurácia e eficiência estimados após a quinta colheita não justificam o aumento do custo do programa de melhoramento. Desta forma, o processo de seleção nesta etapa é validado considerando que os materiais selecionados para cada sistema agroflorestal e consorciado serão avaliados em condições experimentais mais refinadas e em locais diferentes o que proporcionará um incremento no valor da acurácia possibilitando a seleção e o desenvolvimento de cultivares para sistemas agroflorestais e consorciados.

A Tabela 3 mostra a estimativa do efeito (f_p) e valor fenotípico ($u+f_p$) permanente dos dez genótipos superiores e inferiores para cada consórcio e sistema agroflorestal em estudo. Os maiores valores do f_p foram obtidos nos genótipos nos sistemas agroflorestais com Ingá e Gliricídia, contudo, os maiores valores de $u+f_p$, nova média estimada e média fenotípica foram obtidos no consórcio com Pupunheira devido ao alto valor da média genética (u). As maiores médias fenotípicas para as cinco colheitas foram para os genótipos 40, 4, 9, 14 e 34 no consórcio com Pupunheira e as menores para os genótipos 51, 8 e 75 no sistema agroflorestal com Ingá, o genótipo 10 no consórcio com Bananeira e o 30 com Gliricídia. Segundo Alkimim e colaboradores (2021) a média da população deve ser levada em consideração para definir a melhor estratégia de melhoramento. Os maiores valores de ganho de seleção (GS) e porcentagem de ganho de seleção (GS(%)) foram obtidos com Gliricídia e Ingá. Para Gliricídia foram obtidos valores de 9.8 a 18.01% e para Ingá de 14.05 a 20.52%, enquanto que para Bananeira de 2.46 a 4.88% e

Pupunheira 3.69 a 7.31. A discrepância dos valores GS(%) se devem as variâncias genéticas distintas entre os consórcios e os sistemas agroflorestais. A variância genética está associada a herdabilidade e pode ser obtida pelo quadrado da acurácia, o que corresponde a repetibilidade média entre as colheitas. Os maiores valores de acurácia observados para Gliricídia e Ingá proporcionaram os maiores GS e GS(%).

A análise em diversidade das Tabelas 4 e 5 mostram os genótipos mais próximos e mais distantes segundo a distância estatística de Mahalanobis e o resultado do agrupamento de Tocher respectivamente. Verifica-se que a maior distância estatística foi avaliada nos genótipos com Pupunheira. Foram formados sete, dez, 11 e dois grupos para os genótipos associados com Bananeira, Pupunheira, Gliricídia e Ingá respectivamente. Para o consórcio com Bananeira verifica-se que os genótipos como os maiores valores f_p e $u+f_p$, 70 e 71, encontram-se nos grupos sete e três respectivamente. Os demais genótipos com os maiores valores encontram-se dispersos, sendo que o 25 está no grupo um, o 15 no grupo quatro e os demais no grupo três. Os genótipos com os menores valores distribuíram-se nos grupos um, dois cinco e seis. Para o consórcio com Pupunheira os maiores valores de f_p e $u+f_p$ estão nos grupos um, quatro, oito e nove e os menores nos grupos dois, seis, sete e dez. No sistema agroflorestal com Gliricídia os maiores valores encontram-se nos grupos um, cinco, seis, sete e dez e os menores nos grupos três, quatro, oito e nove. O sistema agroflorestal com Ingá formou apenas dois grupos separando adequadamente no grupo dois os seis genótipos com os maiores valores de f_p e $u+f_p$. A Figura 1 demonstra a diferença dos valores de $u+f_p$ destacando a diferença entre os genótipos superiores e inferiores.

De acordo com Resende (2007) a aplicação do agrupamento de Tocher sobre uma só variável, como neste estudo, fornece um teste de médias não-ambíguo. Portanto, a média dos valores do valor fenotípico permanente ($u+f_p$) dos grupos apresentados na Tabela 5 demonstra a superioridade dos melhores genótipos identificados para cada consórcio e sistema agroflorestal e desta forma devem prosseguir no programa de melhoramento, ou seja, devem ser avaliados em experimentos mais refinados pois são promissores para o desenvolvimento de variedades para sistemas consorciados ou agroflorestais. O método de agrupamento por Tocher tem apresentado destaque quanto a sua eficiência na discriminação dos cafeeiros mais divergentes (SENRA *et al.*, 2020; DUBBERSTEIN *et al.*, 2020; FERRÃO *et al.*, 2021). Estudos de divergência genética com materiais de elite do programa de melhoramento do Incaper mostraram uma

variabilidade importante (SENRA *et al.*, 2020). Nos primeiros estudos Fonseca *et al.* (2006) analisaram por diferentes procedimentos multivariados a estrutura das três primeiras cultivares de café conilon indicadas para o estado do Espírito Santo, compostas por 32 clones. A relação entre o maior e o menor valor observado na distância generalizada de Mahalanobis foi da ordem de 130,18, demonstrando uma variabilidade genética entre os acessos e a possibilidade de selecionar os mais produtivos.

Tabela 1: Estimativa dos componentes de variância para produção em Kg.pl⁻¹ de café conilon segundo o modelo básico de repetibilidade sem delineamento, dos genótipos da variedade ‘EMCAPER 8151’ cultivada em quatro diferentes sistemas agroflorestais ou consorciados nos anos 2016, 2017, 2018, 2019 e 2021 na fazenda experimental Bananal do Norte, Incaper, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo Brasil.

Componente de variância	Espécie consorciada com <i>Coffea canephora</i>			
	Bananeira	Pupunheira	Gliricídia	Ingá
V _{fp}	0.0064	0.0429	0.0412	0.0525
V _{et}	0.8685	3.5211	1.3632	1.4580
V _f	0.8748	3.5640	1.4045	1.5105
r	0.0073	0.0120	0.0294	0.0347
r _m	0.0353	0.0574	0.1313	0.1258
A _{cm}	0.1878	0.2396	0.3624	0.3547
u	0.9441	1.9105	1.1294	1.0933
N	71	61	65	90

¹ Variância fenotípica permanente entre plantas (V_{fp}); variância de ambiente temporário (V_{et}); variância fenotípica individual (V_f); repetibilidade individual (r); repetibilidade média entre as colheitas ou medidas repetidas (r_m); acurácia da seleção baseada na média de m colheitas (A_{cm}); e a média geral do experimento (u); Número de genótipos avaliados (N).

Tabela 2: Eficiência no uso de diferentes números de colheitas e incremento na acurácia da seleção para produção em Kg.pl⁻¹ de café conilon segundo o modelo básico de repetibilidade sem delineamento, dos genótipos da variedade ‘EMCAPER 8151’ cultivada em quatro diferentes sistemas agroflorestais ou consorciados nos anos 2016, 2017, 2018, 2019 e 2021 na fazenda experimental Bananal do Norte, Incaper, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo Brasil.

Colheit	Espécie consorciada com <i>Coffea canephora</i>							
	Bananeira		Pupunheira		Gliricídia		Ingá	
	Acuráci	Eficiênci	Acuráci	Eficiênci	Acuráci	Eficiênci	Acuráci	Eficiênci
a	a	a	a	a	a	a	a	a
1	0.0852	1.0000	0.1097	1.0000	0.1713	1.0000	0.1864	1.0000
2	0.1201	1.4091	0.1542	1.4058	0.2388	1.3939	0.2591	1.3903
3	0.1465	1.7196	0.1877	1.7116	0.2884	1.6833	0.3122	1.6748
4	0.1686	1.9786	0.2155	1.9649	0.3285	1.9174	0.3547	1.9033
5	0.1878	2.2043	0.2396	2.1841	0.3624	2.1153	0.3905	2.0952
6	0.2050	2.4062	0.2609	2.3790	0.3919	2.2874	0.4214	2.2610
7	0.2207	2.5899	0.2802	2.5551	0.4180	2.4396	0.4486	2.4068
8	0.2351	2.7592	0.2979	2.7164	0.4414	2.5761	0.4728	2.5368
9	0.2485	2.9165	0.3143	2.8653	0.4625	2.6997	0.4946	2.6538
10	0.2611	3.0638	0.3295	3.0039	0.4819	2.8125	0.5144	2.7601

Tabela 3: Distâncias dos genótipos mais próximos e mais distantes da variedade ‘EMCAPER 8151’ com base na distância estatística de Mahalanobis avaliada com relação a produção em kg.pl⁻¹ de café conilon segundo o modelo básico de repetibilidade sem delineamento cultivada em quatro diferentes sistemas agroflorestais ou consorciados nos anos 2016, 2017, 2018, 2019 e 2021 na fazenda experimental Bananal do Norte, Incaper, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo Brasil.

Bananeira				Pupunheira			
Distâncias	Acessos	Distâncias	Acessos	Distâncias	Acessos	Distâncias	Acessos
30.5325	52 x 70	0.0009	35 x 40	50.981	19 x 40	0.0013	1 x 45, 11 x 24, 22 x 60
26.4935	50 x 70	0.0036	34 x 36	50.1781	30 x 40	0.0014	11 x 21
26.3705	24 x 70	0.0036	31 x 55	46.1476	40 x 57	0.0014	2 x 27
24.8970	43 x 70	0.0040	36 x 56	45.8512	32 x 40	0.0022	28 x 52
24.8639	10 x 70	0.0081	34 x 56	43.6479	31 x 40	0.0023	15 x 56
21.9040	43 x 71	0.0114	11 x 61	38.8249	40 x 47	0.0025	1 x 50
21.8330	31 x 70	0.0145	27 x 33	38.0796	9 x 19	0.0028	11 x 22
21.6812	45 x 70	0.0145	10 x 24	37.8019	40 x 46	0.0029	26 x 55
21.4202	55 x 70	0.0160	17 x 38	37.7264	40 x 44	0.0031	12 x 55, 16 x 17
21.2733	63 x 70	0.0174	39 x 59	37.3861	9 x 30	0.0032	16 x 33, 16 x 37, 19 x 30
Gliricídia				Ingá			
Distâncias	Acessos	Distâncias	Acessos	Distâncias	Acessos	Distâncias	Acessos
30.0610	29 x 63	0.0010	9 x 58	29.9765	15 x 16	0.0013	52 x 74
25.5591	1 x 63	0.0044	12 x 22	24.4901	8 x 25	0.0040	45 x 47
22.3294	35 x 63	0.0073	11 x 41	23.2782	9 x 15	0.0044	22 x 73
21.5058	30 x 63	0.0075	7 x 54	23.1213	25 x 51	0.0047	2 x 47
21.0666	36 x 63	0.0117	13 x 38	22.6145	9 x 13	0.0052	33 x 40
20.9061	3 x 63	0.0125	27 x 65	21.2781	15 x 75	0.0059	21 x 80
20.5136	55 x 63	0.0171	25 x 32	20.7356	8 x 15	0.0065	29 x 86
19.8098	2 x 63	0.0182	15 x 19	20.7003	19 x 25	0.0065	40 x 65
19.7386	16 x 29	0.0188	44 x 49	20.6317	13 x 75	0.0067	2 x 45
19.3506	20 x 63	0.0201	8 x 42	20.5794	15 x 64	0.0069	23 x 32

Tabela 4: Agrupamento pelo método de otimização de Tocher com base na distância estatística de Mahalanobis avaliada com relação a produção em kg.pl⁻¹ de café conilon segundo o modelo básico de repetibilidade sem delineamento dos genótipos da variedade ‘EMCAPER 8151’ cultivados em quatro diferentes sistemas agroflorestais ou consorciados nos anos 2016, 2017, 2018, 2019 e 2021 na fazenda experimental Bananal do Norte, Incaper, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo Brasil.

Bananeira			
Grupo	Genótipos	N	Média dos valores do valor fenotípico permanente (u+f _p) do grupo
1	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 25, 26, 27, 28, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 40, 41, 44, 46, 47, 51, 54, 56, 58, 60, 61, 63, 64, 67	38	0.9417
2	5, 9, 10, 16, 20, 21, 22, 24, 29, 30, 31, 39, 45, 48, 53, 55, 57, 59, 65, 66	20	0.9401
3	23, 37, 42, 49, 68, 69, 71	7	0.9657
4	15, 62	2	0.9610
5	43, 50	2	0.9258
6	52	1	0.9173
7	70	1	0.9902

Pupunheira			
1	1, 2, 5, 6, 10, 16, 17, 18, 21, 24, 26, 29, 33, 34, 35, 37, 42, 48, 49, 50, 55, 56	22	1.9255
2	8, 11, 20, 41, 43, 51, 54, 58	8	1.8845
3	15, 22, 28, 38, 39, 45, 52, 59	8	1.9014
4	3, 14, 23, 61	4	1.9703
5	7, 12, 25, 27, 60	5	1.9191
6	13, 30, 31, 36, 47, 53, 57	7	1.8534
7	19, 44, 46	3	1.8452
8	4, 9	2	2.0117
9	40	1	2.0503
10	32	1	1.8359
Gliricídia			
1	4, 9, 12, 15, 17, 22, 34, 39, 43, 44, 47, 48, 49, 58, 60	15	1.1636
2	7, 8, 10, 11, 14, 23, 25, 27, 32, 41, 42, 46, 54, 57, 62, 64, 65	17	1.1106
3	2, 6, 13, 31, 35, 36, 38, 45, 56, 59	10	1.0763
4	5, 24, 30, 37, 51, 55	6	1.0510
5	3, 18, 26, 28, 33	5	1.1980
6	16, 19, 50, 53	4	1.2510
7	52, 61	2	1.2020
8	20, 29, 40	3	1.0430
9	1	1	1.0130
10	21	1	1.1380
11	63	1	1.3330
Ingá			
1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 90	84	1.0806
2	13, 15, 25, 41, 62, 84	6	1.2711

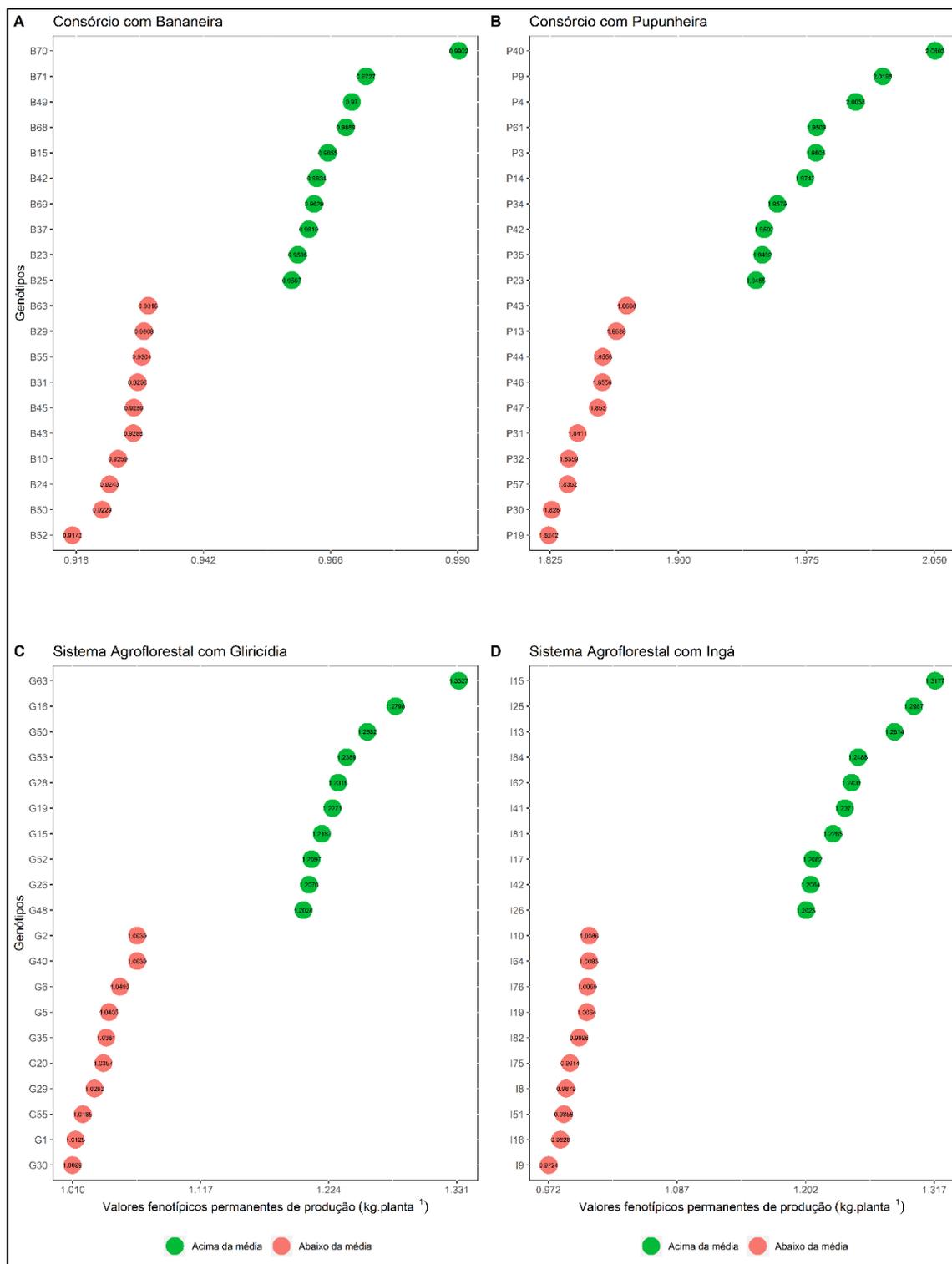


Figura 1: Estimativa dos valor fenotípico permanente ($u+f_p$) dos dez genótipos superiores e inferiores para produção em Kg.pl^{-1} de café conilon segundo o modelo básico de repetibilidade sem delineamento, dos genótipos da variedade ‘EMCAPER 8151’ cultivada em consórcio com Bananeira (A), Pupunheira (B), sistema agroflorestal com Gliricídia (C) e sistema Agroflorestal com Ingá (D) nos anos 2016, 2017, 2018, 2019 e 2021 na fazenda experimental Bananal do Norte, Incaper, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo Brasil.

CONCLUSÕES

Existe variabilidade entre os genótipos avaliados nos diferentes sistemas consorciados e agroflorestal;

É possível selecionar no mínimo 40 genótipos promissores, dentre os 287 avaliados nos sistemas agroflorestais e consorciados para a elaboração de ensaios de competição;

Este estudo possibilitará o desenvolvimento de uma variedade de *Coffea canephora* para plantios consorciados ou agroflorestal.

REFERÊNCIAS

ABDO, M. T. V. N.; VALERI, S. V.; MARTINS, A. L. M. Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v. 1, p. 50-59, 2008.

ALKIMIM, E. R.; CAIXETA, E. T.; SOUSA, T. V.; GOIS, I.B.; LOPES DA SILVA, F.; SAKIYAMA, N. S.; ZAMBOLIM, L.; ALVES, R. S.; RESENDE, M. D. V. Designing the best breeding strategy for *Coffea canephora*: Genetic evaluation of pure and hybrid individuals aiming to select for productivity and disease resistance traits. **PLoS ONE**, v. 16, n. 12, p. 1-17, 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260997>.

CAMARGO, M. B. P. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 239-247, 2010.

CAVATTE, P. C.; RODRIGUES, W. N.; AMARAL, J. F. T.; PEREIRA, S. M. A.; VENANCIO, L. P. Arborização em café conilon: aspectos microclimáticos, fisiológicos e nutricionais. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; OLIVEIRA, F. L.; COELHO, R. I. (Org.). **Tópicos Especiais em Produção Vegetal IV**. Alegre: CAUFES, 2013. p. 421-444.

CERDA, R.; DEHEUVELS, O.; CALVACHE, D.; NIEHAUS, L.; SAENZ, Y.; KENT, J.; VILCHEZ, S.; VILLOTA, A.; MARTINEZ, C.; SOMARRIBA, E. Contribution of cocoa agroforestry systems to family income and domestic consumption: looking toward intensification. **Agroforestry Systems**, n. 88, 957-981, 2014.

DAMATTA, F. M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Field Crops Research**, v. 86, p. 99-114, 2004.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 55-81, 2006.

DAMATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; SALES, E. F.; ARAÚJO, J. B. S. O café conilon em sistemas agroflorestais. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DeMUNER, L. H. **Café Conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 375-389.

DOS SANTOS, D. G.; COELHO, C. C. D. S.; FERREIRA, A.B.R.; FREITAS-SILVA, O. Brazilian Coffee Production and the Future Microbiome and Mycotoxin Profile Considering the Climate Change Scenario. **Microorganisms**, v. 9, n. 858, p. 2-20, 2021. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9040858>.

DUBBERSTEIN, D.; PARTELLI, F. L.; GUILHEN, J. H. S.; RODRIGUES, W. P.; RAMALHO, J. C.; RIBEIRO-BARROS, A. I. Biometric traits as a tool for the identification and breeding of *Coffea canephora* genotypes. **Genetics and Molecular Research**, v. 19, n. 2, p. 1-17, 2020.

FAO. The State of Food and Agriculture; FAO: Rome, Italy, 2009.

FERRÃO, M. A. G.; MENDONÇA, R. F.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; SENRA, J. F. B.; VOLPI, P. S.; VERDIN FILHO, A. C.; COMÉRIO, M. Characterization and genetic diversity of *Coffea canephora* accessions in a germplasm bank in Espírito Santo, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 21, n. 2, p. 1-10, 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332021v21n2a32>.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, L. M. V. EMCAPER 8151 - Robusta tropical: variedade melhorada de café conilon de propagação por sementes para o estado do Espírito Santo. **Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 2000.

FONSECA, A. F. A.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; SAKIYAMA, N. S.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; BRAGANÇA, S. M. Divergência genética em café conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 599-605, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000400008>.

JONSSON, M.; RAPHAEL, I.A.; EKBOM, B.; KYAMANYWA, S.; KARUNGI, J. Contrasting effects of shade level and altitude on two important coffee pests. **Journal of Pest Science**, v. 88, n. 2, p. 281-287, 2015.

KOH, I.; GARRETT, R.; JANETOS, A.; MUELLER, N. D. Climate risks to Brazilian coffee production. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 10, 2020.

MARTINS, L. D.; EUGENIO, F. C.; RODRIGUES, W. N.; JESUS JÚNIOR, W. C.; TOMAZ, M. A.; RAMALHO, J. D. C.; SANTOS, A. R. Climatic **Vulnerability in Robusta Coffee - Mitigation and Adaptation**. 1. ed. Alegre-ES: CAUFES, 2017. v. 1. 54p.

MEYLAN, L.; GARY, C.; ALLINNE, C.; ORTIZ, J.; JACKSON, L.; RAPIDEL, B. Evaluating the effect of shade trees on provision of ecosystem services in intensively managed coffee plantations. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 245, 32-42, 2017.

MOGUEL P., TOLEDO V. M. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. **Conservation Biology**, v. 13, p. 11-21, 1999.

MOUEN BEDIMO, J. A.; NJIAYOUOM, I.; BIEYSSE, D.; NDOUMBÈ NKENG, M.; CILAS, C.; NOTTÉGHEM, J. L. Effect of shade on Arabica coffee berry disease development: toward an agroforestry system to reduce disease impact. **Phytopathology**, v. 98, n. 12, p. 1320–1325, 2008.

PEZZOPANE, J. R. M.; MARSETTI, M. M. S.; FERRARI, W. R.; PEZZOPANE, J. E. M. Alterações microclimáticas em cultivo de café conilon arborizado com coqueiro-anão-verde. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 865-871, 2011.

RAMIREZ-VILLEGAS, J.; CHALLINOR, A. Assessing relevant climate data for agricultural applications. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 161, n. 15, p. 26-45, 2012.

RESENDE, M. D. V.; ALVES, R. S. Linear, Generalized, Hierarchical, Bayesian and Random Regression Mixed Models in Genetics/Genomics in Plant Breeding. **Functional Plant Breeding Journal**, v. 3, n. 2, p. 121-152, 2020. <https://doi.org/http%3A//dx.doi.org/10.35418/2526-4117/v2n2a1>.

RESENDE, M. D. V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, p. 330-339, 2016. <https://doi.org/10.1590/1984-70332016v16n4a49>.

RESENDE, M. D. V. **Software SELEGEM-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos.** Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359 p.

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

RICE RA, 2011. Fruits from shade trees in coffee: how important are they? **Agroforestry Systems**, n. 83, 41-49.

RODRÍGUEZ-LÓPEZ, N. F.; CAVATTE, P. C.; SILVA, P. E. M.; MARTINS, S. C. V.; MORAIS, L. E.; MEDINA, E. F.; DaMATTA, F. M. Physiological and biochemical abilities of robusta coffee leaves for acclimation to cope with temporal changes in light availability. **Physiologia Plantarum**, v. 149, p. 45-55, 2013.

SCHNEIDER, S. H.; SEMENOV, S.; PATWARDHAN, A.; BURTON, I.; MAGADZA, C. H.; OPPENHEIMER, M.; BARRIE PITTOCK, A.; RAHMAN, A.; SMITH, J.B.; SUAREZ, A.; YAMIN, F.; CORFEE-MORLOT, J.; FINKEL, A.; FÜSSEL, H. M.; KELLER, K.; MACMYNOWSKI, D.; MASTRANDREA, M. D.; TODOROV, A. Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* In: **Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007.** Cap. 19, p. 779-810.

SENRA, J. F. B.; FERRÃO, M. A. G.; MENDONÇA, R. F.; FONSECA, A. F. A.; FERRAO, R. G.; VOLPI, P. S.; COMERIO, M.; SILVA, M. W. Genetic variability of access of the active germplasm bank of *Coffea canephora* of Incaper in southern Espírito Santo. **Journal of Genetic Resources**, v. 6, n. 2, p. 172-184, 2020.

SOMARRIBA, E.; SUÁREZ-ISLAS, A.; CALERO-BORGE, W.; VILLOTA, A.; CASTILLO, C.; MENDOZA, S. V.; DEHEUVELS, O.; CERDA, R. H. Cocoa-timber agroforestry systems: *Theobroma cacao*-*Cordia alliodora* in Central America. **Agroforestry Systems**, v. 88, n. 6, p. 1001-1019, 2014.

Recebido em: 2022

Aprovado em: 2022

Publicado em: 2022

Tabela 5: Estimativa dos valores do efeito fenotípico permanente (f_p), do valor fenotípico permanente ($u+f_p$), do ganho de seleção (GS), da nova média estimada \bar{X} , da porcentagem de ganho de seleção ($GS\% = (GS/u)*100$) e a média fenotípica das cinco colheitas dos dez genótipos superiores e inferiores para produção em Kg.pl^{-1} de café conilon segundo o modelo básico de repetibilidade sem delineamento, dos genótipos da variedade ‘EMCAPER 8151’ cultivada em quatro diferentes sistemas agroflorestais ou consorciados nos anos 2016, 2017, 2018, 2019 e 2021 na fazenda experimental Bananal do Norte, Incaper, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo Brasil.

Espécie consorciada com *Coffea canephora*

Bananeira							Pupunheira						
Gen	f _p	u+ f _p	GS	\bar{X}	GS (%)	MF	Gen	f _p	u+ f _p	GS	\bar{X}	GS (%)	MF
70	0.0461	0.9902	0.0461	0.9902	4.8832	2.2504	40	0.1397	2.0503	0.1397	2.0503	7.3121	5.275
71	0.0287	0.9727	0.0374	0.9815	3.9616	2.0650	9	0.1091	2.0196	0.1244	2.0349	6.5112	3.8094
49	0.0259	0.97	0.0336	0.9776	3.5591	1.6780	4	0.0932	2.0038	0.114	2.0245	5.9669	4.275
68	0.0249	0.9689	0.0314	0.9755	3.3261	1.9312	61	0.0703	1.9809	0.1031	2.0136	5.3964	2.5905
15	0.0214	0.9655	0.0294	0.9735	3.1142	1.4378	3	0.0699	1.9805	0.0965	2.007	5.0509	2.5817
42	0.0194	0.9634	0.0277	0.9718	2.9341	1.7377	14	0.0636	1.9742	0.091	2.0015	4.7631	3.6377
69	0.0189	0.9629	0.0265	0.9705	2.8070	1.7202	34	0.0473	1.9579	0.0847	1.9953	4.4333	3.2875
37	0.0178	0.9619	0.0254	0.9695	2.6905	1.6840	42	0.0396	1.9502	0.0791	1.9896	4.1402	2.6006
23	0.0157	0.9598	0.0243	0.9684	2.5740	1.6100	35	0.0386	1.9492	0.0746	1.9852	3.9047	3.1003
25	0.0146	0.9587	0.0233	0.9674	2.4681	1.5713	23	0.0349	1.9455	0.0706	1.9812	3.6953	3.0200
63	-0.0125	0.9316	0.0025	0.9466	0.2648	0.6180	43	-0.0408	1.8698	0.0116	1.9222	0.6072	0.2000
29	-0.0132	0.9308	0.0023	0.9464	0.2436	0.5918	13	-0.0467	1.8638	0.0105	1.9211	0.5496	1.2633
55	-0.0136	0.9304	0.002	0.9461	0.2119	0.2072	44	-0.0547	1.8558	0.0093	1.9198	0.4868	1.0915
31	-0.0144	0.9296	0.0018	0.9458	0.1907	0.5503	46	-0.0549	1.8556	0.0081	1.9187	0.4240	1.0875
45	-0.0151	0.9289	0.0015	0.9456	0.1589	0.5253	47	-0.0575	1.853	0.007	1.9175	0.3664	0.9086
43	-0.0153	0.9288	0.0013	0.9453	0.1377	0.5106	31	-0.0694	1.8411	0.0056	1.9162	0.2931	0.775
10	-0.0181	0.9259	0.001	0.9451	0.1059	0.0493	32	-0.0747	1.8359	0.0042	1.9148	0.2198	0.6625
24	-0.0197	0.9243	0.0007	0.9448	0.0741	0.3642	57	-0.0753	1.8352	0.0029	1.9134	0.1518	0.6478
50	-0.0212	0.9229	0.0004	0.9444	0.0424	0.3125	30	-0.0845	1.826	0.0014	1.912	0.0733	0.45
52	-0.0267	0.9173	0.0000	0.9441	0.0000	0.1872	19	-0.0863	1.8242	0.0000	1.9105	0.0000	0.4118

Espécie em sistema agroflorestal ou consorciada com *Coffea canephora*

Gliricídia							Ingá						
Gen	f _p	u+ f _p	GS	\bar{X}	GS (%)	MF	Gen	f _p	u+ f _p	GS	\bar{X}	GS (%)	MF
63	0.2034	1.3327	0.2034	1.3327	18.0101	2.6772	15	0.2244	1.3177	0.2244	1.3177	20.5253	2.8763
16	0.1504	1.2798	0.1769	1.3063	15.6636	2.2744	25	0.2054	1.2987	0.2149	1.3082	19.6563	2.7250
50	0.1269	1.2562	0.1602	1.2896	14.1849	2.3653	13	0.1881	1.2814	0.2060	1.2993	18.8423	3.0500

53	0.1095	1.2389	0.1475	1.2769	13.0604	1.9630	84	0.1555	1.2488	0.1934	1.2867	17.6898	2.7150
28	0.1025	1.2318	0.1385	1.2679	12.2635	1.8550	62	0.1498	1.2431	0.1847	1.2779	16.8940	2.6567
19	0.0977	1.2271	0.1317	1.2611	11.6614	1.8113	41	0.1438	1.2371	0.1778	1.2711	16.2629	2.5950
15	0.0888	1.2182	0.1256	1.2550	11.1213	1.7288	81	0.1332	1.2265	0.1715	1.2648	15.6866	2.4863
52	0.0803	1.2097	0.1199	1.2493	10.6166	1.9340	17	0.1149	1.2082	0.1644	1.2577	15.0372	2.0065
26	0.0783	1.2076	0.1153	1.2447	10.2092	1.9150	42	0.1131	1.2064	0.1587	1.2520	14.5159	2.2800
48	0.0734	1.2028	0.1111	1.2405	9.8374	1.8702	26	0.1090	1.2023	0.1537	1.2470	14.0585	2.2383
40	-0.0654	1.0639	0.0155	1.1449	1.3724	0.5840	10	-0.0847	1.0086	0.0111	1.1044	1.0153	0.2507
2	-0.0655	1.0639	0.0141	1.1434	1.2485	0.5832	64	-0.0850	1.0083	0.0099	1.1032	0.9055	0.2473
6	-0.0799	1.0495	0.0124	1.1418	1.0980	0.5212	76	-0.0864	1.0069	0.0088	1.1020	0.8049	0.2337
5	-0.0889	1.0405	0.0107	1.1401	0.9474	0.3668	19	-0.0869	1.0064	0.0076	1.1009	0.6952	0.4033
35	-0.0913	1.0381	0.0090	1.1384	0.7969	0.3442	82	-0.0937	0.9996	0.0064	1.0997	0.5854	0.1587
20	-0.0936	1.0357	0.0073	1.1367	0.6464	0.3228	75	-0.1019	0.9914	0.0052	1.0985	0.4756	0.0740
29	-0.1010	1.0283	0.0056	1.1350	0.4959	0.2543	8	-0.1053	0.9879	0.0039	1.0972	0.3567	0.0390
55	-0.1109	1.0185	0.0038	1.1331	0.3365	0.1630	51	-0.1075	0.9858	0.0026	1.0959	0.2378	0.0173
1	-0.1169	1.0125	0.0019	1.1312	0.1682	0.1070	16	-0.1105	0.9828	0.0014	1.0946	0.1281	0.2152
30	-0.1195	1.0099	0.0000	1.1294	0.0000	0.0833	9	-0.1209	0.9724	0.0000	1.0933	0.0000	0.1325