

ADAPTAÇÃO DE ACESSOS DE *COFFEA ARABICA* PROVENIENTES DE CAMARÕES EM VÁRIAS CONDIÇÕES EDAFOLIMÁTICAS¹

Pierre Charmetant²; Bernard Perthuis³; Joseph Mouen Bedimo⁴; Amougou Mbarga Manga⁵; Antonio Fernando Guerra⁶; Gabriel Ferreira Bartholo⁷; Omar Cruz Rocha⁸; Thierry Leroy⁹; Luiz Filipe Protasio Pereira¹⁰; Gustavo Costa Rodrigues¹¹; Alan Carvalho Andrade¹²; Pierre Marraccini¹³

¹ Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café, e pelos projetos CAPES/Agropolis Fondation (PHEGECO, COFDROnet e GWASCOA), pelo IRAD (Camarões), IAPAR (PR) e CIRAD (França).

² Pesquisador, MS, CIRAD UMR AGAP, Kourou-F, pierre.charmetant@cirad.fr

³ Pesquisador, MS, CIRAD UMR AGAP, Kourou-F, bernard.perthuis@cirad.fr

⁴ Pesquisador, PhD, IRAD, Yaoundé-Camarões, josephmouen@yahoo.fr

⁵ Pesquisador, MS, IRAD, Yaoundé-Camarões, akoumoumanga@yahoo.fr

⁶ Pesquisador, PhD, Embrapa Cerrados, Brasília-DF, antonio.guerra@embrapa.br

⁷ Pesquisador, PhD, Embrapa Café, Brasília-DF, gabriel.bartholo@embrapa.br

⁸ Pesquisador, PhD, Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, omar.rocha@embrapa.br

⁹ Pesquisador, PhD, CIRAD UMR AGAP, Montpellier-F, thierry.leroy@cirad.fr

¹⁰ Pesquisador, PhD, Embrapa Café, Londrina-PR, filipe.pereira@embrapa.br

¹¹ Pesquisador, MS, Embrapa Informática, Campinas-SP, gustavo.rodrigues@embrapa.br

¹² Pesquisador, PhD, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília-DF, alan.andrade@embrapa.br

¹³ Pesquisador, PhD, CIRAD UMR AGAP, Brasília-DF, marraccini@cirad.fr

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi caracterizar recursos genéticos de *Coffea arabica* - acessos selvagens e cultivares - oriundo da África visando sua utilização no melhoramento. Os acessos provenientes de Camarões têm dados acumulados de mais de 30 anos. Oito acessos foram introduzidos em 2010 na Guiana Francesa e no Brasil para experimentação. No Brasil, depois de um período de quarentena, foram plantados ensaios no centro Cerrados da Embrapa e no IAPAR, além da Guiana Francesa. Analisamos dados de crescimento, de ramificação secundária, de adaptação fisiológica à seca, para escolher genitores de cruzamentos com cultivares locais. Híbridos F1 estão sendo avaliados para selecionar os com melhor adaptação à evolução das condições climáticas.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica*, adaptação, seca, recursos genéticos.

ADAPTATION OF *COFFEA ARABICA* ACCESSIONS FROM CAMEROON IN VARIOUS EDAPHOCLIMATIC CONDITIONS

ABSTRACT: The objective of this study was to characterize *Coffea arabica* genetic resources – wild accessions and cultivars – originated from Africa, for breeding. These accessions had been observed in Cameroon collections for over 30 years. Eight accessions were introduced in 2010 from Cameroon to French Guiana and Brazil for evaluation. After quarantine, trials were established in Brazil at experimental fields of Embrapa Cerrados Center and IAPAR - as well as in French Guiana. We analyzed growth, secondary ramification, and physiological data for drought tolerance in order to choose progenitors for crosses with local cultivars. F1 hybrids are now under evaluation in order select those better adapted to changes in climatic conditions.

KEYWORDS: *Coffea arabica*, adaptation, drought, genetic resources.

INTRODUÇÃO

Visando a geração de ferramentas que permitirão (a curto ou médio prazo), acelerar ou auxiliar os programas de melhoramento genético para a geração de novas cultivares, o presente trabalho teve como objetivo estudar o determinismo genético da adaptação de cafeeiros provenientes do Camarões (IRAD), às mudanças climáticas, tendo em vista o aumento dos períodos de seca. Este trabalho se articula em torno de vários temas:

- introdução e acompanhamento de experimentos no campo (Embrapa Cerrados, IAPAR, Guiana Francesa),
- fenotipagem de plantas por meio de análises de crescimento e fisiológicas das plantas em várias condições,
- iniciar a criação de novos híbridos de *C. arabica*.

MATERIAIS E METODOS

Foram realizadas introduções de materiais genéticos de *Coffea arabica* fornecidos pelo 'Institut de Recherche Agricole pour le Développement' (IRAD) de Camarões. As plantas foram utilizadas para realizar as análises fenotípicas, fisiológicas e moleculares para estudar os efeitos do meio ambiente e da seca no desenvolvimento, na produção, na qualidade da bebida e na expressão dos GCs. Em função das datas de plantio dos materiais e do tempo necessário para o desenvolvimento das plantas, essas análises começaram em 2010.

Em 2010 foram plantadas 265 plantas no campo experimental da Embrapa Cerrados (CPAC), e 210 plantas no Cirad (Guiana Francesa), e em 2011, 120 plantas no IAPAR. No CPAC essas plantas foram divididas em duas partes: sequeiro (sem irrigação), e irrigado. Na Guiana o ensaio com seis repetições fica num sistema de cultivo sombreado.

No CPAC, as avaliações fenotípicas foram realizadas três vezes por ano: i) no final da estação seca (setembro), ii) no meio da estação chuvosa (janeiro-fevereiro), iii) no final da estação chuvosa (abril-maio).

A partir do segundo ano, as seguintes avaliações vêm sendo realizadas: i) diâmetro do caule, ii) altura, iii) número de ramos plagiotrópicos, iv) homogeneidade da repetição biológica, v) nota global para a tolerância a seca, vi) potencial da água na folha de antemãhã (Ψ_{am}) no final da estação seca (fim agosto-início de setembro) para selecionar as plantas mais tolerantes a seca.

No IAPAR foram feitas avaliações gerais de crescimento, de carências, e de tolerância à seca / frio (ver Tabela 1). Na Guiana medimos o diâmetro do caule depois de cinco anos.

RESULTADOS e DISCUSSÃO

No CPAC, medidas do diâmetro do caule foram feitas durante três anos nos dois tratamentos (sem e com irrigação) (Figura 1).

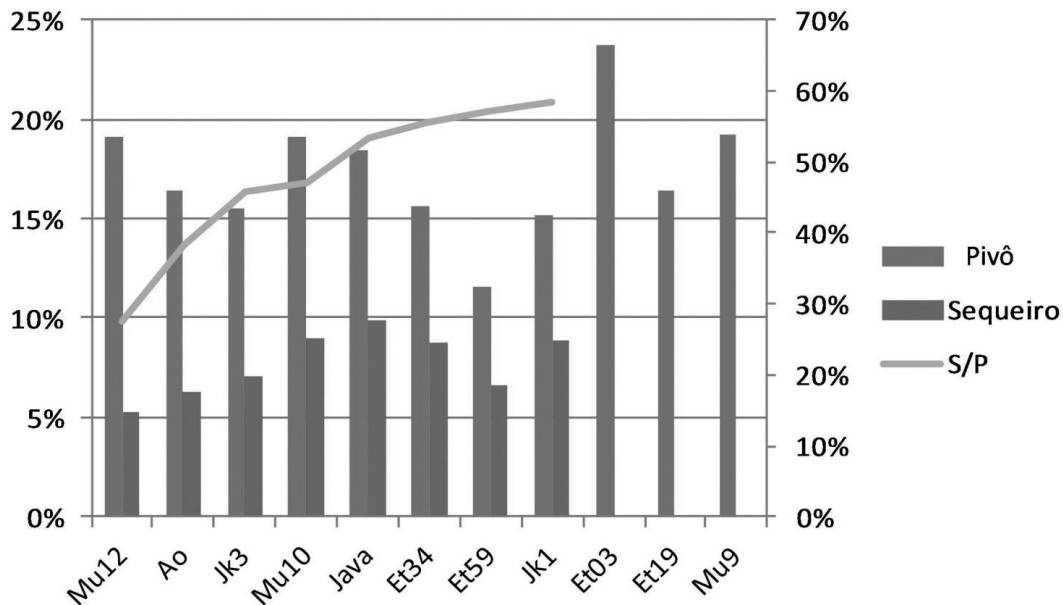


Figura 1. Medidas do diâmetro do caule das plantas de *C. arabica* Camarões cultivadas com pivô (azul) ou sem irrigação (Sequeiro: vermelho). O eixo esquerdo representa a porcentagem de crescimento do diâmetro. O eixo direito representa a porcentagem do razão do diâmetro das plantas no Sequeiro sobre o diâmetro das plantas no pivô (S/P). Mu, Mulungu; Ao, Amarelo; Jk, Jackson; Et, acessos da Etiópia.

Os resultados da Figura 1 mostram que as plantas dos acessos Jk1 e Et59 são menos afetadas para o crescimento do diâmetro do caule na condição de estresse hídrico enquanto o crescimento do diâmetro do caule apareceu muito reduzido no sequeiro para o acesso Mu12. Para esse acesso o crescimento do diâmetro apareceu altamente estimulado pela irrigação.

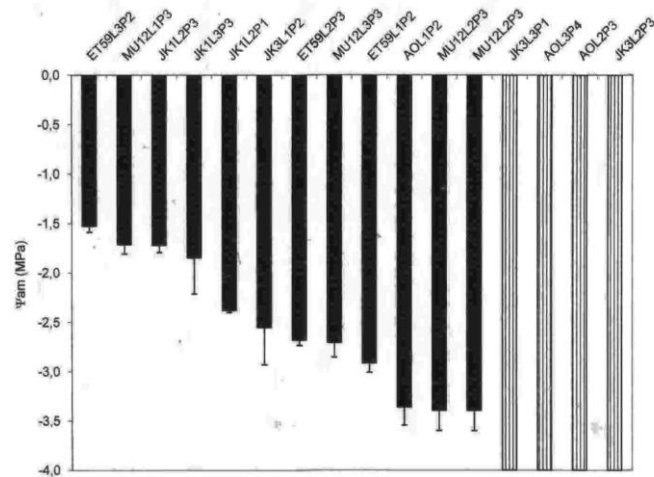


Figura 2. Medidas dos potenciais de base (Ψ_{am}) avaliados no final da estação seca (setembro 2012) nas plantas de *C. arabica* Camarões (IRAD) cultivadas sem irrigação. Os valores de potenciais são em MPa (mega Pascal). As barras de erro representam a variação dentro de três medidas na mesma planta.

As medidas do potencial da água na antemanhã (Ψ_{am}) foram feitas no final da estação seca, nas folhas das plantas de *C. arabica* origem Camarões (IRAD) cultivadas no campo da Embrapa Cerrados sem irrigação (Figura 2).

Esta análise mostrou que os acessos Jackson3 (Jk3) e Amarelo (Ao) apresentaram os potenciais mais negativos (sinônimo de susceptibilidade a seca) enquanto os acessos Jackson1 (Jk1) (três plantas independentes testadas) e Et59 (uma planta sobre as três testadas) apresentaram os potenciais menos negativos (sinônimo de tolerância a seca).

A comparação dos dados de crescimento do diâmetro do caule e das medidas dos potenciais hídrico mostra que as plantas com os diâmetros maiores sem irrigação são aquelas com valores menos negativos de Ψ_{am} . Isso se observa particularmente para os acessos Jk1 e Et59 de *C. arabica* (Camarões-IRAD). Com as anotações visuais, existe também uma correlação positiva entre o vigor das plantas e os diâmetros do caule (dados não mostrados). É possível que o maior diâmetro do caule esteja relacionado com um maior desenvolvimento do sistema radicular que poderia explicar os valores de Ψ_{am} menos negativos das plantas com maior diâmetros. Assim, as medidas do diâmetro do caule apareceram como as medidas mais pertinentes para avaliar a tolerância a seca das plantas de *C. arabica*.

No IAPAR (2011), as plantas sofreram duas geadas e tivemos que poda-las após um ano. Depois das medidas do diâmetro do caule no ano da plantação, fizemos avaliações do vigor geral das plantas (Tabela 1). O acesso Et59 da Etiópia aparece mais tolerante a seca que os outros acessos testados.

Tabela 1. Avaliação dos acessos do Camarões no IAPAR entre 2011 e 2015.

Acesso	AVAL0215	Mortalidade%	AVAL0414	AVAL0312	SEC0911	CAR0611	FRIO0611	DC0611	ALT0611	INDEX
IAPAR59	3,0	91%	3,5	1,0	4,5	0,1	0,4	4,0	33,7	13,4
Et19	1,2	63%	2,1	1,6	3,8	0,1	0,7	5,9	37,5	14,2
Catuai V.	4,5	60%	3,0	1,3	4,4	0,0	0,2	6,2	32,7	14,4
IPR101	3,0	60%	2,5	2,5	4,4	0,0	0,8	5,6	39,2	15,8
IPR108	4,5	60%	4,5	2,5	3,4	0,0	0,2	6,2	41,5	18,3
Mulungu10	2,7	41%	3,2	2,2	3,6	0,2	0,8	6,4	46,4	18,4
Jk1	2,0	50%	2,0	2,4	4,1	0,1	0,6	7,2	48,7	18,6
Java	3,6	33%	2,9	2,6	3,3	0,1	0,6	7,0	45,7	18,8
Mundo Novo	2,8	20%	3,5	2,3	4,0	0,0	0,8	6,0	48,4	19,1
Et34	3,8	0%	3,3	3,0	3,3	0,3	1,0	7,8	44,5	19,2
Mulungu12	2,8	54%	2,4	2,1	3,9	0,1	0,8	7,2	49,7	19,3
Et59	2,6	64%	2,1	2,1	3,9	0,0	0,7	7,0	54,9	20,5
Amarelo	3,9	29%	3,7	2,8	3,8	0,1	0,9	7,6	49,1	20,5
Jk03	3,0	50%	4,0	3,0	4,5	0,0	1,0	8,5	54,5	22,1
Coef	0,4	-0,5	0,4	0,4	-0,1	-0,1	-0,1	0,3	0,3	1,0

Legenda: AVAL: aspecto geral da planta, nota de 1 (fraca) até 5 (vigorosa). CAR : sintomas de carências nutricionais gerais (0 – 1 ausência - presença). SEC, FRIO : sintomas de susceptibilidade ao frio ou à seca (0 – 1 ausência - presença). DC : diâmetro do caule (mm). ALT: Altura (cm). Coef: coeficiente atribuído a cada variável para calcular um índice global de seleção (INDEX). Demos coeficientes maiores às variáveis de avaliação global e de mortalidade. Os numeros nos títulos indicam as datas (mês/ano) das avaliações.

Na Guiana a medida do diâmetro do caule indica que os acessos 'Amarelo', 'Et19' e 'Mulungu12' tiveram o melhor crescimento com menor mortalidade depois de cinco anos (Figura 3).

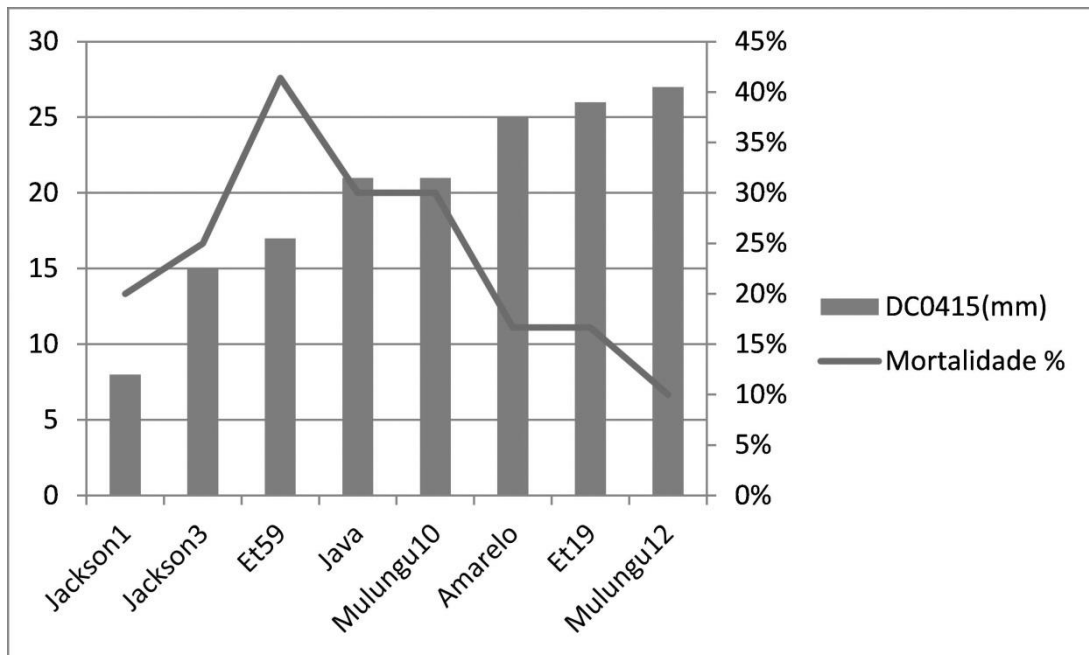


Figura 3. Diâmetro do caule (mm) e mortalidade (%) dos acessos do Camarões em 2015 na Guiana Francesa. O número de plantas estabelecidas por acessos varia de 10 até 30.

Juntando esses resultados, foi possível selecionar dois acessos do IRAD (Jk1 e Et59) promissores com base de critérios positivos de vigor (crescimento do diâmetro do caule e potências de antemanhã na estação seca) que foram usados nos cruzamentos para a criação de híbridos de *C. arabica* tolerantes à seca descritos a seguir.

Na base das informações adquiridas (dados de potencial de antemanhã e diâmetro do caule principalmente), foram selecionadas no CPAC plantas dos acessos Jackson1 (Jk1) e Et59, no ensaio não irrigado (sequeiro) como plantas receptoras que foram cruzadas com variedades comerciais para criar um plano de cruzamento visando estudar a tolerância à seca dos híbridos.

Tabela 2. Cruzamentos realizados no CPAC. Os números de mudas plantadas no campo sem irrigação em 2014 são indicados.

Acesso mãe \ pai	IAPAR59	IPR103	Rubi	SN
Jackson1	18	20	6	14
Et59	20	20	4	15

SN: variedade de porte muito baixo)

Esses cruzamentos foram realizados no mês de setembro 2012. Os frutos foram colhidos no mês de abril 2013 e as sementes híbridas foram semeadas no viveiro (julho-agosto de 2013) para germinar. O levantamento das germinações permitiu de plantar no campo mudas F1 (Tabela 2) no mês de abril 2014, no campo sequeiro do CPAC seguindo um dispositivo de randomização total (sem blocos de repetição) com um espaçamento 3m x 1m representando uma área de cerca 0,3 ha. Para assegurar o enraizamento dessas plantas, uma irrigação foi mantida no campo durante a estação seca de 2014 (junho até setembro) e suspensa a partir do mês de outubro 2014. Essas plantas serão avaliadas para os parâmetros descritos acima (diâmetro do caule, vigor, porte, altura) a partir do primeiro semestre do ano 2015.

No IAPAR cruzamentos com cultivares foram realizados em setembro 2014, mas não deram nenhum resultado com os genitores do Camarões. Novos cruzamentos são previstos em 2015, especialmente com Et59.

CONCLUSÕES

1. Os dados provenientes de vários ambientes indicam que o Et59 apresenta uma maior tolerância nos três ambientes. Ainda temos que estudar mais precisamente o efeito da interação genótipo x ambiente para confirmar a adaptabilidade dos acessos.
2. Híbridos desses acessos com cultivares, plantados no Brasil, no Camarões, e talvez na Guiana em 2015 vão confirmar o valor desses acessos como genitores para a adaptação à ambientes vários.
3. Esses dados, para ser mais uteis no melhoramento genético do cafeeiro, devem ser completados por estudos fenotípicos e genéticos detalhados, especialmente:
 - A. Avaliar os impactos de diferentes condições / regimes hídricos nos compostos essenciais de grão de cafeeiro por meio de análises físicas e bioquímicas,
 - B. Aproveitar a biologia molecular para realizar as análises de genotipagem, buscar e caracterizar os genes candidatos (GCs) para tolerância à seca, como o processamento de dados de ácidos nucleicos de tipo NGS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTHONY, F, ASTORGA, C., BERTHAUD, J. In: Los recursos genéticos: las bases de una solución genética a los problemas de caficultura Latinoamericana. Desafíos de la caficultura Centroamericana. San José, IICA: 407-456. (1999).
- BERTRAND, B., ETIENNE, H., CILAS, C., CHARRIER, A.; BARADAT, P. *Coffea arabica* hybrid performance for yield, fertility and bean weight. *Euphytica* 141(3): 255. (2005)
- BOUHARMONT, P. La sélection de *Coffea arabica* au Cameroun. Rapport interne IRCC. 76 p. 1991
- BOUHARMONT, P., MONTAGNON, C. (1995). Diversité Phénotypique de *Coffea arabica* Observée en Collection au Cameroun. In: 16th International Colloquium on Coffee Science (ASIC). ASIC. Kyoto (Japan).
- GUILLAUMET, J. L. ; HALLE, F. (1978). Echantillonnage du matériel récolté en Ethiopie. Bulletin IFCC 14: 13-18.
- MONTAGNON, C., BOUHARMONT, P (1996). Multivariate analysis of phenotypic diversity of *Coffea arabica*. *Genetic Resour. Crop Evol.* 43(3): 221-227.