

## RESULTADOS PRELIMINARES DA PLASTICIDADE FENOTÍPICA EM PLANTAS DE CAFÉ (*COFFEA ARABICA* CV. RUBI E IAPAR59) SUBMETIDAS AO DÉFICIT HÍDRICO EM CONDIÇÕES DE CAMPO<sup>1</sup>

Gustavo Costa Rodrigues<sup>2</sup>; Juan Sinfioriano Delgado Rojas<sup>6</sup>; Olivier Roupsard<sup>8</sup>; Thierry Leroy<sup>3</sup>; David Pot<sup>3</sup>; Marcelo Zacarias Moreira<sup>5</sup>; Jean-Luc Verdeil<sup>3</sup>; Jean Dauzat<sup>7</sup>; Christophe Jourdan<sup>8</sup>; Alan Carvalho Andrade<sup>4</sup>; Pierre Marraccini<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Trabalho financiado pelo CIRAD (projeto ATP), o Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café e com apoio da(o) FINEP, INCT/Café, IAPAR e Embrapa Café.

<sup>2</sup> Pesquisador, PhD, Embrapa Cerrados, Planaltina – DF

<sup>3</sup> Pesquisador, PhD, CIRAD UMR AGAP, Montpellier – FR

<sup>4</sup> Pesquisador, PhD, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (LGM-NTBio), Brasília – DF

<sup>5</sup> Pesquisador, PhD, CENA/USP, Piracicaba – SP

<sup>6</sup> Pesquisador, PhD, ESALQ/USP Piracicaba – SP

<sup>7</sup> Pesquisador, PhD, CIRAD UMR AMAP, Montpellier – FR

<sup>8</sup> Pesquisador, PhD, CIRAD Eco&sols, Montpellier – FR

**RESUMO:** Os efeitos do estresse hídrico na estrutura aérea e radicular, ecofisiologia, anatomia e respostas moleculares foram avaliados durante dois anos com os cultivares de *Coffea arabica* Iapar59 (tolerante à seca) e Rubi (sensível à seca). As plantas foram cultivadas sob três tratamentos hídricos: I-I um tratamento sem restrição de água (irrigado durante a estação seca), NI-NI um tratamento com restrição de água (não-irrigado durante a estação seca) e NI-I, o tratamento com restrição de água durante o 1º ano e sem restrição ao decorrer do 2º ano ("recuperação"). Ao longo do experimento, seis pontos de análise foram estabelecidos para as medições. Para todas as condições, a plasticidade fenotípica foi determinada pela análise de arquitetura, a evolução da biomassa, a discriminação isotópica de carbono ( $\Delta^{13}C$ ) e fluxo de seiva por amostra.

**Palavras-Chave:** *Coffea arabica*, estresse hídrico, plasticidade

## PRELIMINARY RESULTS ON PHENOTYPIC PLASTICITY OF COFFEE (*COFFEA ARABICA* CV. RUBI AND IAPAR59) PLANTS IN RESPONSE TO WATER CONSTRAINT UNDER FIELD CONDITIONS

**ABSTRACT:** The effects of drought-stress on aerial and root architecture, ecophysiology, anatomy and molecular responses were investigated during 2 years using the Iapar59 (drought-tolerant) and Rubi (drought susceptible) cultivars of *Coffea arabica*. Plants were grown under three water treatments: I-I a non limited watering treatment (irrigated each year during the dry season), NI-NI a limited water treatment (non-irrigated during the dry seasons) and NI-I, a limited watering in year 1 and non-limited watering in year 2 ("recovery"). Six points of measurements were taken along the experiment. For all conditions, the phenotypic plasticity was followed by analyzing architecture, evolutions of biomass, carbon isotope discrimination ( $\Delta^{13}C$ ) and sap flow for example.

**Key words:** *Coffea arabica*, plasticity, water stress

## INTRODUÇÃO

No contexto das mudanças climáticas, a adaptação das plantações perenes à restrição de água tornou-se uma constante preocupação para a produtividade de frutos e madeira (Kump, 2002). Essa adaptação depende do nível de diversidade genética de populações naturais e melhoradas, assim como sua plasticidade (Schlichting, 1986; Sultan, 2000; Schlichting & Smith, 2002). Este projeto pretende descrever os mecanismos adaptativos à condição de déficit hídrico de *Coffea arabica* combinando análise da arquitetura, fisiologia, anatomia vegetal e as respostas moleculares ao estresse hídrico. Os mecanismos adaptativos do café sob estresse hídrico foram avaliados ao longo de dois anos (2008 e 2009). Foram estudados os efeitos do estresse hídrico na arquitetura aérea e radicular, ecofisiologia, anatomia e nas respostas moleculares em dois cultivares de *C. arabica*, IAPAR59 (I59) e Rubi. Nos seis pontos de medidas efetuadas ao longo dos dois anos do experimento, a plasticidade fenotípica foi avaliada pela medição das áreas foliar e radicular, da biomassa e pela caracterização da arquitetura subterrânea e aérea das plantas de café.

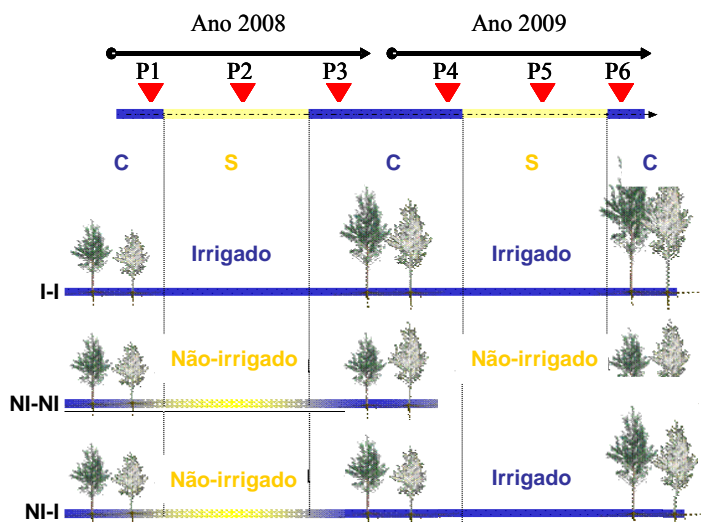
## MATERIAIS E MÉTODOS

### Material Vegetal:

Os testes de campo foram realizados em plantas, de dois anos de idade, de cultivares de *C. arabica* IAPAR59 (I59) e Rubi MG1192, sendo o primeiro considerado mais tolerante à seca do que o segundo (MAG Ferrão, comunicação pessoal), cultivadas em condições de campo na estação experimental da Embrapa Cerrados Centro (Planaltina-DF, Brasil, 15°35'43"S - 47°43'52"O).

### O experimento de campo:

O experimento foi delineado em três blocos (I-I, NI-I e NI-NI), subdividido em parcelas correspondentes aos pontos de análise (denominado "P" na Figura 1). A parcela consiste em três linhas paralelas de treze plantas para cada cultivar, uma linha interposta contendo plantas úteis e duas laterais formando a bordadura. As distâncias de plantio foram de 3m entre linhas e 0.7 m dentro das linhas. O abastecimento de água foi fornecido por aspersão em um sistema de pivô móvel (1.5 m de altura), organizado no campo para realizar uma irrigação uniforme. A umidade do solo foi controlada utilizando sondas perfil PR2 (Delta-T Devices Ltd, Cambridge, UK). A irrigação foi fornecida (principalmente durante a temporada de inverno de junho a setembro), quando a umidade do solo atingiu  $0.27 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{O} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Os pontos de análise foram definidos assim: P1 (06/2008), P2 (08/2008), P3 (11/2008), P4 (05/2009), P5 (08/2009) e P6 (02/2010). P2 e P5 correspondem aos pontos de análise durante a estação seca para o primeiro e segundo ano, respectivamente (Figura 1).



**Figura 1** - Representação esquemática dos tratamentos hídricos aplicados nas plantas de café. C: período chuvoso (de outubro a abril); S: período seco (maio-setembro). Em cada ponto de análise (P1 a P6), as plantas foram coletadas para uma descrição completa de sua arquitetura e seu sistema radicular foi escavado.

### As medições do potencial hídrico foliar:

Para a análise dos pontos P2 e P5, o nível do estresse hídrico foi determinado por medições do potencial hídrico foliar antemanhã ( $\Psi_{pd}$ ) com uma câmara de pressão tipo Scholander usando folhas completamente expandidas correspondentes ao terceiro nó dos ramos plagiotrópicos (Figura 2).

### Fluxo de seiva:

Para cada cultivar e cada uma das condições (I-I vs. NI-NI), sondas de dissipação térmica (Granier), de 1 cm de comprimento, foram instaladas em cinco plantas de café e os dados foram armazenados durante nove meses que sobrepuseram os pontos de análise P4 e P5 (Figura 3).

### Análises do $\Delta^{13}\text{C}$ :

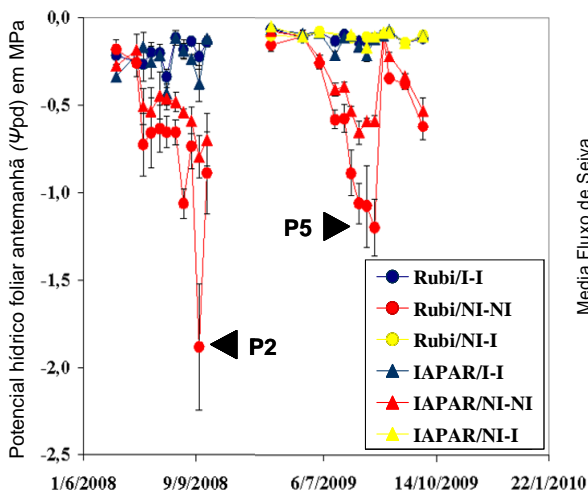
As folhas (de P1 a P3) foram secadas e pulverizadas em nitrogênio líquido antes de serem analisadas as composições de  $^{13}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}$  (CENA, Piracicaba-SP, Brasil) (Figura 4).

A biomassa e as características morfológicas:

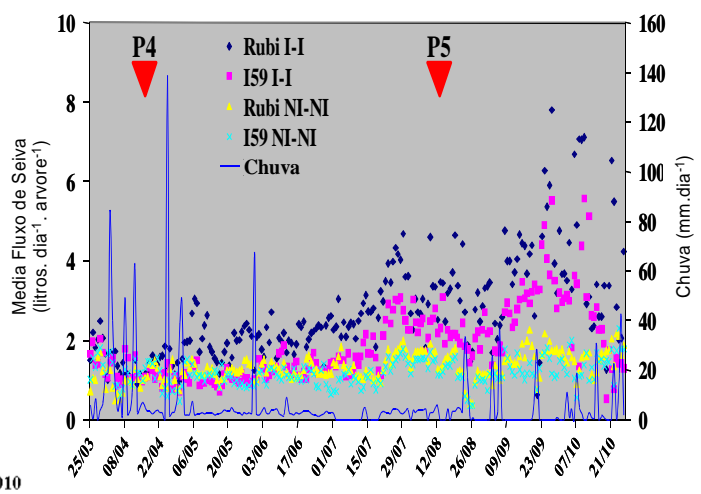
Para cada cultivar e cada uma das condições (II, NI-NI e NI-I), de 10 a 7 plantas foram analisadas ao longo do projeto (de P1 a P6) visando avaliar todas as características morfológicas como altura, diâmetro basal, bem como o comprimento dos entrenós, índice da área foliar (IAF) para o tronco e ramificações primárias e secundárias. A mesma abordagem foi adotada para o sistema radicular. Em ambos os casos, todos os órgãos foram dissecados e secados separadamente para avaliar a biomassa seca (Figura 5).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Sob condições de estresse hídrico (condição NI), o potencial hídrico foliar de base ( $\Psi_{pd}$ ) medido durante o período de estigagem P2 e P5 mostrou claramente valores menos negativos para o cultivar I59 do que para o Rubi (Figura 2). Para ambas as cultivares, o  $\Psi_{pd}$  das folhas coletadas nos tratamentos irrigados variaram de -0.1 a -0.3 MPa, demonstrando a ausência de estresse hídrico. Em conjunto, esses resultados indicam claramente que o cultivar I59 tem melhor acesso à água no solo do que o Rubi.



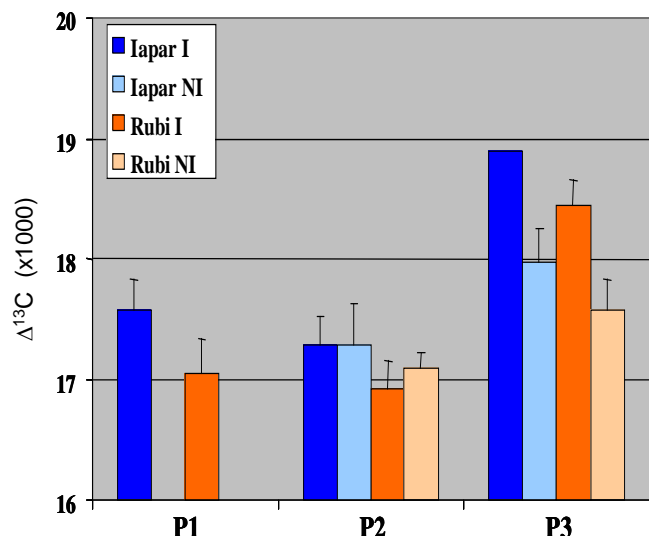
**Figure 2** - Potencial hídrico de antemanhã ( $\Psi_{pd}$ )



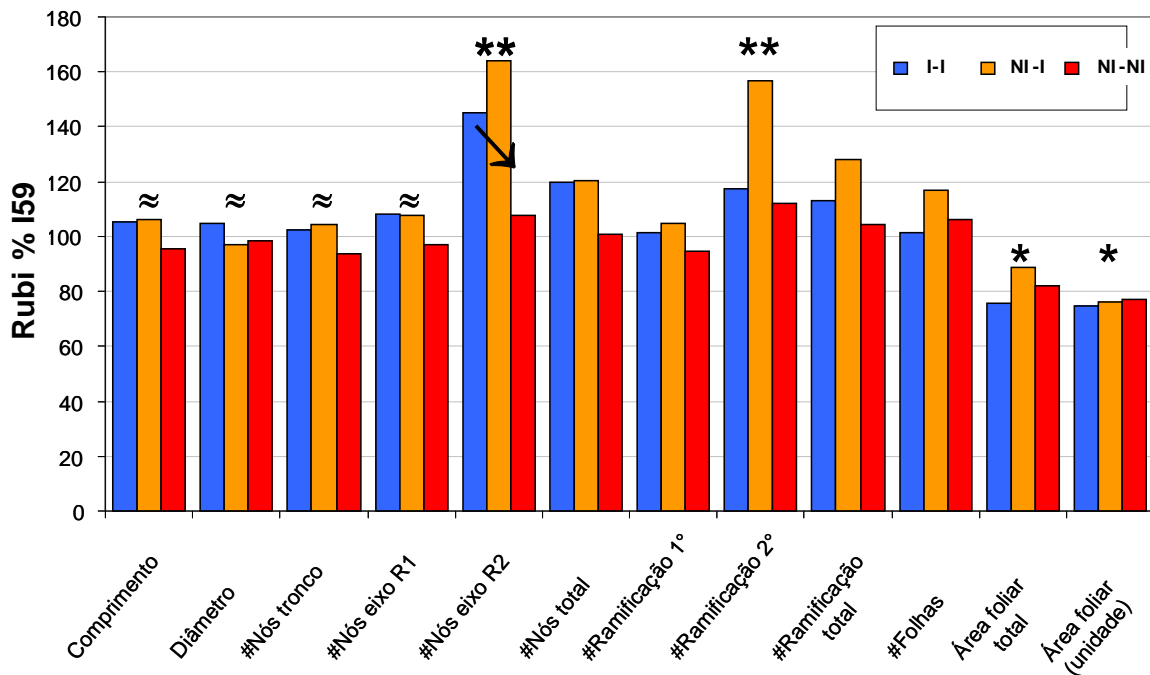
**Figure 3** - Fluxo de seiva e índice pluviométrico

Os fluxos de seiva (em litros.dia<sup>-1</sup>.arvore<sup>-1</sup>) foram medidos com sondas de Granier, durante os pontos de análise P4 e P5, e comparados com os índices pluviométricos (mm.dia<sup>-1</sup>) durante o mesmo período (Figura 3). Independentemente do regime hídrico, os dados mostram claramente valores mais elevados para Rubi do que para o I59, indicando uma maior taxa de transpiração (T) do Rubi com, potencialmente, uma rápida drenagem do solo.

Sabendo-se que a seca afeta a composição <sup>13</sup>C nas folhas, ocasionado pelo fechamento dos estômatos, a discriminação isotópica ( $\Delta^{13}C$ ) também foi investigada em folhas de P1 a P3 (Figura 4). A análise revelou maiores valores de  $\Delta^{13}C$  em I59 que em Rubi, indicando uma menor eficiência intrínseca (escala da folha) do uso da água para o I59 que para o Rubi. Na escala da planta, a Eficiência do uso da Água (EUA) pode ser estimada pela razão entre a biomassa e o período de transpiração (B/T). Sendo a biomassa das duas cultivares semelhante (dados não mostrados) e T menor no I59 que em Rubi, conseqüentemente, a EUA na escala da planta foi maior no I59 que em Rubi (Tabela 1). Estes resultados devem ser confirmados por futuras medições de  $\Delta^{13}C$  em folhas coletadas de plantas do P4 a P6.



**Figure 4** -  $\Delta^{13}C$  vs. tratamentos de P1 a P3



**Figure 5** -Comparação de parâmetros das plantas para os dois cultivares no ponto de análise P6. Dados do Rubi são expressos em porcentagem dos dados de I59.

Quanto à morfologia, nossos dados mostraram que, quando irrigado, os cultivares Rubi e I59 tiveram evoluções semelhantes ( $\approx$ ) nos seus tronco e ramos primários em termos de diâmetro, comprimento e número de ramos secundários (Figura 5). No entanto, eles diferem no tamanho da folha (a área média por folha de Rubi é apenas 3/4 da área média folhear do I59 \*\*) e seu número de ramos secundários (cerca de 50% maior para o Rubi do que para o I59 \*\*). É interessante notar que o estresse hídrico teve um efeito negativo mais acentuado no Rubi que no I59, especialmente quanto ao tamanho dos ramos secundários ( $\downarrow$ ). Mesmo que o número de ramos secundários tenha se reduzido igualmente em ambos os cultivares sob condições de estresse hídrico (NI-NI), a aparição dos ramos foi mais tardia para Rubi que para I59 como observado pelo número menor de nós para o Rubi.

Características	I59	Rubi
Origem genética	<i>Sarchimor</i>	<i>Catuai</i>
Tolerância a seca	maior	menor
Resposta a seca	mantém as folhas	queda das folhas
Potencial hídrico foliar de base ( $\psi_{pd}$ )	desce devagar c/seca	desce rápido c/seca
Área foliar	20% maior	unidade
Numero de folhas	unidade	5% maior
Condutância canópia	menor	maior
Densidade de estômatos	idêntico	idêntico
Transpiração	menor	maior
% biomassa da parte aérea	idêntico	idêntico
% biomassa das raízes	idêntico (desce com idade)	Idêntico (desce com idade)
% biomassa das folhas	idêntico	idêntico
% biomassa em reprodução	idêntico	idêntico
Total da biomassa	idêntico	idêntico
Razão Raízes/Parte aérea	idêntico	idêntico
$\Delta^{13}C$ em folhas	maior	menor
EUA ao nível da planta	possivelmente maior	possivelmente menor
EUA ao nível da folha (A/g)	possivelmente menor	possivelmente maior

**Tabela 1** - Características gerais dos cultivares I59 e Rubi de *C. arabica* em relação ao estresse hídrico.

Os resultados preliminares (Tabela 1) desse trabalho mostram que:

- o cultivar I59 guarda as folhas em caso de estresse severo,
- a transpiração do cultivar I59 é menor que aquela do Rubi
- a área foliar e a eficiência do uso da água ao nível da planta são maiores para o I59 que para o Rubi.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- KUMP, LR. Reducing uncertainty about carbon dioxide as a climate driver. **Nature** 419, 188-190, 2002.
- SCHLICHTING, CD. The evolution of phenotypic plasticity in plants. **Ann. Rev. Ecol. Syst.** 17, 667-693, 1986.
- SCHLICHTING, CD; SMITH, H. Phenotypic plasticity: linking molecular mechanisms with evolutionary outcomes. **Evol. Ecol.** 16, 189-211, 2002.
- SULTAN, SE. Phenotypic plasticity for plant development, function, and life-history. **Trends Plant Sci.** 5, 537-542, 2000.

**Agradecimentos:** Este projeto foi apoiado pelo CIRAD (projeto ATP “Plasticidade”) e pela Embrapa. Bruno Rapidel (Cirad UMR System) forneceu uma calibração específica de sondas Granier para o café.