

# IMPACTO SIMULTÂNEO DO AUMENTO DA TEMPERATURA E DA [CO<sub>2</sub>] ATMOSFÉRICA NA FOTOSÍNTESE DE *C. ARABICA* L. CV. ICATU

JC Ramalho<sup>1,2,\*</sup>, LD Martins<sup>1,3</sup>, WP Rodrigues<sup>1,4</sup>, MQ Martins<sup>1,5</sup>, F Colwell<sup>1</sup>, JN Smedo<sup>6</sup>, IP Pais<sup>6</sup>, P Sete-Campos<sup>6</sup>, AP Rodrigues<sup>7</sup>, AS Fortunato<sup>1</sup>, AE Leitão<sup>1,2</sup>, E Lopes<sup>1</sup>, P Batista-Santos<sup>1</sup>, AI Ribeiro-Barros<sup>1,2</sup>, MA Tomaz<sup>3</sup>, E Campostrini<sup>4</sup>, FL Partelli<sup>5</sup>, R Ghini<sup>8</sup>, FM DaMatta<sup>9</sup>, FC Lidon<sup>2</sup>. 1 Grupo Interações Planta-Ambiente & Biodiversidade (PlantStress&Biodiversity), Centro Ambiente, Agricultura e Desenvolvimento (BioTrop), Instituto Investigação Científica Tropical, I.P., Oeiras, Portugal (\*cochichor@iict.pt). 2 CICEG, Fac. Ciências Tecnologia, Univ. Nova Lisboa, Caparica, Portugal. 3 Dept. Produção Vegetal, Centro Ciências Agrárias, Univ. Federal Espírito Santo, Alto Universitário, Alegre, ES, Brasil. 4 Setor de Fisiologia Vegetal, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Univ. Estadual Norte Fluminense, Darcy Ribeiro, RJ, Brasil. 5 Depart. Ciências Agrárias e Biológicas, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Univ. Federal do Espírito Santo, ES, Brasil. 6 Unid. Investigação em Biotecnologia e Recursos Genéticos, Inst. Nac. Inv. Agrária e Veterinária, I.P., Oeiras, Portugal. 7 Centro de Estudos Florestais, DRAT, Inst. Sup. Agronomia, Univ. Lisboa, Portugal. 8 Embrapa Environment, Jaguariúna, SP, Brasil. 9 Dept. Biologia Vegetal, Univ. Federal Viçosa, MG, Brasil.

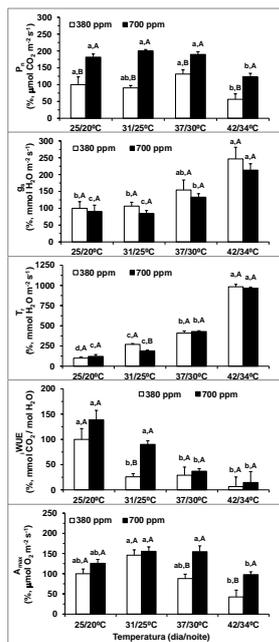
O café é um dos produtos agrícolas mais importantes a nível mundial. Mediante o uso de modelos matemáticos tem-se previsto que as alterações climáticas e aquecimento global esperados venham a afectar a sustentabilidade da cultura, nomeadamente, com implicações na perda de áreas adequadas ao cultivo, assim como decréscimo de produção e de biodiversidade. Contudo, nesses estudos não se tem considerado possíveis efeitos de mitigação do aumento da [CO<sub>2</sub>] relativamente aos impactos negativos provocados pelo aumento de temperatura, já que apenas recentemente alguns estudos foram efectuados sobre esse tema.

A tolerância do metabolismo fotossintético é determinante para uma efetiva aclimação das plantas às variações ambientais. Em condições de alta [CO<sub>2</sub>] é frequente as plantas C3 apresentarem aumentos da taxa de fotossíntese líquida (Pn) a rondar os 50%, mesmo se uma regulação negativa (down-regulation) da fotossíntese ocorre, ligada, nomeadamente, ao aumento de carboidratos não-estruturais na folha, por insuficiência de drenos metabólicos. Esse impacto depende igualmente da interação com outras variáveis ambientais. O aumento da Pn dever-se-á ao efeito directo de uma maior disponibilidade de substrato (CO<sub>2</sub>) e à inibição competitiva do CO<sub>2</sub> sobre o O<sub>2</sub> nos sítios de carboxilação da enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase (RuBisCO), reduzindo a fotorrespiração. Esta redução aumentará mais a Pn a altas do que a baixas temperaturas, compensando, ainda que parcialmente, os efeitos negativos das temperaturas supra-óptimas na produção.

Neste trabalho pretendeu-se estudar o impacto do aumento de temperatura e o possível efeito benéfico do aumento (a longo prazo) da [CO<sub>2</sub>] nas trocas gasosas foliares em *C. arabica* cv. Icatu. Para tal, plantas com 1,5 anos, em vasos de 28 L, foram transferidas para uma fitoclima (EHHF 10000, ARALAB, Portugal) onde se desenvolveram durante 1 ano em condições ambientais controladas de temperatura (25/20 °C, dia/noite), irradiância (ca. 650-800 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), HR (75%), fotoperíodo (12 h) e 380 μL CO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> ou 700 μL CO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> atmosférico, sem restrições de água, nutrientes ou espaço para desenvolvimento radicular. Após esse período, aumentou-se a temperatura de 25/20 °C até 42/34 °C, a uma taxa de 0,5 °C dia<sup>-1</sup>, com uma estabilização de 7 dias nas temperaturas 31/25, 37/30 e 42/34 °C para permitir as análises em folhas recém maduras. As trocas gasosas foliares foram avaliadas a ca. 650-800 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> de irradiância, utilizando um analisador de gases por infra-vermelhos, em sistema aberto (Li-Cor 6400, LiCor, Lincoln, EUA), e incluíram as taxas de fotossíntese líquida (Pn), condutância estomática (gs) e de transpiração (Tr), assim como a eficiência instantânea do uso da água (iWUE, calculada como Pn/Tr). Foi ainda determinada a capacidade fotossintética (Amax), que reflecte o funcionamento potencial da maquinaria fotossintética, em condições saturantes de irradiância (900 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e CO<sub>2</sub> (ca. 7%) e temperatura óptima (25°C), por evolução de O<sub>2</sub>, usando um eléctrodo do tipo Clark (LD2/2, Hansatech, Inglaterra).

## Resultados e Conclusões

Em condições adequadas de temperatura (25/20 °C) o aumento da [CO<sub>2</sub>] promoveu o incremento da Pn em cerca de 80%, o que se deverá à inibição da fotorrespiração mas também ao reforço de componentes da maquinaria fotossintética, como reflectido no aumento (não significativo) da Amax em ca. 25%. Como nessas condições de temperatura não se observaram efeitos significativos na gs ou Tr, o valor de iWUE tendeu a subir nas plantas de 700 μL CO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>, confirmando dados recentes.



Com o aumento de temperatura as plantas a 700 μL CO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> apresentam valores sistematicamente superiores de Pn, independentemente da temperatura. Concomitantemente, os valores de Pn mantiveram-se até 37 °C, decrescendo apenas a 42 °C, mantendo as plantas de 700 μL CO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> valores que representam mais do dobro das plantas a 380 μL CO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>. As gs e Tr aumentaram drasticamente a 37 e, principalmente, a 42 °C, quando os valores de iWUE foram reduzidos para de 6 (380 μL CO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>) e 14% (700 μL CO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>) quando comparados com o controlo (380 μL CO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> a 25 °C). Notavelmente, Amax manteve valores máximos até 37 °C nas plantas desenvolvidas com maior disponibilidade de CO<sub>2</sub>, enquanto nas plantas de 380 μL CO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> o valor tende a decrescer acima de 31 °C. As plantas de ambos os tratamentos de CO<sub>2</sub> denotam um efeito negativo da temperatura a 42 °C em Amax, contudo, com redução mais acentuada nas plantas de 380 μL CO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>.

Os resultados obtidos confirmam a ausência de down-regulation da fotossíntese nas plantas de 700 μL CO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> a qualquer das temperaturas supra-óptimas, com impacto negativo na Pn apenas a 42 °C, o que está de acordo com observações de que as estruturas fotossintéticas do cafeeiro são relativamente tolerantes a estresses ambientais, nomeadamente temperaturas altas. Por outro lado, tendo em conta que a gs não decresce, as reduções na Pn a alta temperatura serão devidas a perturbações no mesófilo (i.e., serão não-estomáticas), como confirmado pelo impacto em Amax.

A observação de que o valor de Amax (que reflecte o potencial da maquinaria fotossintética) se mantém até 37 °C nas plantas de 700 μL CO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>, quando já tende a decrescer nas de 380 μL CO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>, sugere a manutenção de um maior nível funcional nas primeiras, o que será claramente relevante num contexto das previsões de alterações climáticas e aquecimento global.

Figura 1. Variações (em % relativa ao tratamento de 380 μL CO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> a 25/20 °C) das taxas de fotossíntese líquida, condutância estomática (gs), transpiração (Tr) e capacidade fotossintética (Amax), assim como para a eficiência instantânea do uso da água (iWUE). Cada barra representa a média ± erro padrão (n=5-8). A existência de diferentes letras indicam a existência de

diferenças significativas entre temperaturas em cada [CO<sub>2</sub>] (a,b,c) ou entre os tratamentos de [CO<sub>2</sub>] em cada temperatura (A,B), resultante de um teste de comparação de média (Tukey) efectuado após uma two-way ANOVA, ambos a 95% de nível de confiança.