



## Efeito das mudanças climáticas na demanda de irrigação na cultura do café conilon e do mamoeiro no Espírito Santo

### *Effect of climate change on irrigation requirements in Conilon coffee and papaya in Espírito Santo*

Rafael Esteves Dohler<sup>1\*</sup>, Andréia Hollunder Klippel<sup>2</sup>, Alexandre Cândido Xavier<sup>3</sup>

**Resumo:** A irrigação representa a maior parte do consumo de água doce do planeta, sendo fundamental para o aumento da produção agrícola. A utilização de água na irrigação é afetada pelas variáveis meteorológicas que, por sua vez, são afetadas pelas mudanças climáticas. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar os potenciais impactos das mudanças climáticas sobre o manejo de irrigação do mamoeiro e do café conilon em Linhares-ES e Jaguaré-ES, respectivamente. Foram utilizados dados mensais médios de temperatura e precipitação obtidos para o clima atual e dados disponíveis pelo IPCC do modelo ECHAM5 MPI-OM para as projeções futuras. Realizou-se o balanço hídrico para irrigação, conforme Pereira et al. (2002), levando-se em consideração os períodos de 1980 para o clima atual e 2020, 2050 e 2080 para as projeções futuras do clima. Calculou-se a evapotranspiração de referência pelo método de Thornthwaite. Segundo os dados obtidos, as alterações no clima deverão impactar no aumento da lâmina de irrigação do café e do mamoeiro até 2080, em cerca de 138% e 160%, respectivamente. O aumento da temperatura e a redução da precipitação causam o aumento da demanda hídrica para as culturas. Assim, as mudanças no clima tendem a aumentar o consumo de água na irrigação, o que pode agravar a disponibilidade dos recursos hídricos para a população a não ser que medidas mitigadoras sejam adotadas.

**Palavras-chave:** Deficiência hídrica. Evapotranspiração. Recursos hídricos.

**Abstract:** Irrigation accounts for most of the planet's consumption of fresh water, being fundamental in increasing agricultural production. The use of water for irrigation is affected by meteorological variables that in turn are affected by changes in climate. The aim of this study was to evaluate the potential impact of climate change on irrigation management in the papaya and in Conilon coffee, grown respectively in Linhares and Jaguaré in the State of Espírito Santo (ES). Average monthly data of temperature and precipitation for the current climate were used, with model ECHAM5 MPI-OM data, available from the IPCC, used for future projections. The water balance was carried out for irrigation as per Pereira et al. (2002) considering the period of 1980 for the current climate, and 2020, 2050 and 2080 for future climate projections. Reference evapotranspiration was calculated using the Thornthwaite method. According to the data, the changes in climate should result in an increase in irrigation depth for coffee and papaya by 2080 of around 138% and 160% respectively. The increase in temperature and reduction in precipitation should cause increases in the water requirements of the crops. Climate change is therefore likely to increase the consumption of water for irrigation, which may affect the availability of water resources for the population, unless mitigating measures are adopted.

**Key words:** Water deficit. Evapotranspiration. Water resources.

\*Autor para correspondência

Enviado para publicação em 08/09/2015 e aprovado em 08/05/2016

<sup>1</sup>Mestrando em Ciências Florestais, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, s/nº, Guararema, Alegre – ES, CEP 29500-000, Brasil, rafaelesteves\_123@hotmail.com.

<sup>2</sup>Mestranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil, andreiahklippel@hotmail.com.

<sup>3</sup>Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, Brasil, alexandre.candido.xavier.ufes@gmail.com.

## INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas globais têm despertado o interesse da sociedade nas últimas décadas. A intensificação das atividades antrópicas tem aumentado a concentração de gases de efeito estufa que causam expressivas modificações no clima (IPCC, 2007). Assim, em 1988, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Organização Meteorológica Mundial (OMM) criaram o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (IPCC, 2013).

A bacia hidrográfica Atlântico Sudeste, onde se localiza o Estado do Espírito Santo, terá uma redução da disponibilidade hídrica devido às mudanças climáticas globais (MARGULIS; DUBEUX, 2010). Essa redução é causada pela elevação da temperatura, que vai aumentar a demanda hídrica das culturas e reduzir a umidade do solo mais rapidamente (TURRAL *et al.*, 2010).

O estado do Espírito Santo é o segundo maior produtor de mamão no Brasil, destacando-se o município de Linhares (IBGE, 2013). Estudo no norte do Rio de Janeiro detectou redução na produtividade de mamão devido à deficiência hídrica; para a redução de 33% do fornecimento hídrico houve perda de cerca de 51% da produtividade comercial (POSSE *et al.*, 2009). Dependendo das condições edafoclimáticas da região, o mamoeiro consome no mínimo 1200 mm de água por ano (COELHO *et al.*, 1999), sendo superior à média da precipitação pluvial na região norte do Espírito Santo.

O município de Jaguaré-ES se destaca como o segundo maior município do Brasil em produção de grãos de café conilon (IBGE, 2013). Devido à má distribuição de chuvas e à ocorrência de elevados déficits hídricos no Norte do Espírito Santo (PEZZOPANE *et al.*, 2010), o cultivo do café tem sido realizado predominantemente sob irrigação, proporcionando lavouras altamente produtivas, com destaque na produção nacional (BONOMO *et al.*, 2014).

De acordo com Rolim *et al.* (2012), faz-se necessário considerar os cenários de alterações climáticas para projetar sistemas de irrigação e fazer o manejo correto da água. A irrigação tem papel importante na agricultura, pois, entre outros benefícios, contribui para o aumento da produtividade e viabiliza o plantio em áreas que não atendem às necessidades hídricas das plantas. Assim, objetivou-se com esse estudo avaliar os impactos das mudanças climáticas sobre o manejo de irrigação na cultura do café conilon e do mamoeiro no estado do Espírito Santo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo para a cultura do café e do mamoeiro abrange os municípios de Jaguaré e Linhares no estado do Espírito Santo. Segundo a classificação climática de Köppen, essa região é classificada como Aw, clima tropical

úmido com inverno seco, a temperatura média anual é de 23,5 °C e precipitação média anual de 1291 mm (ALVARES *et al.*, 2013). A classe de solo predominante da região é o Argissolo Amarelo (IBGE, 2001).

Para a realização desse estudo foi necessária a obtenção dos dados de temperatura média e precipitação pluvial. Os dados atuais representam uma normal climatológica de trinta anos, a partir de uma série histórica compreendida do ano de 1961 a 1990. Esses dados foram obtidos do *Climate Research Unit - CRU* (NEW *et al.*, 2002), e estão disponíveis no formato matricial (grid) com células de 10' x 10' de latitude e longitude.

Os dados para o cálculo dos cenários futuros foram obtidos no site do IPCC, gerados pelo modelo climático global ECHAM5 MPI-OM (ROECKNER *et al.*, 2003), centrados nas décadas 2020 (entre 2010 a 2039), 2050 (entre 2040 a 2069) e 2080 (entre 2070 a 2099). Com base nesse estudo, selecionou-se o cenário A2, por ser o mais pessimista e com maior emissão de gases causadores do efeito estufa. Esse cenário descreve um futuro em que a regionalização é dominante, com aumento contínuo da população e desenvolvimento tecnológico mais fragmentado e lento. Esse cenário prevê um aumento de 500 ppm na concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera até 2100 (IPCC, 2007).

De acordo com o roteiro estabelecido por Pereira *et al.* (2002), um balanço hídrico foi utilizado para controle de irrigação em planilha eletrônica. O monitoramento de irrigação com balanço hídrico climatológico exige a pré-determinação da dotação de rega. Para a quantidade de água aplicada, utilizou-se uma dotação de rega fixa, em que a lâmina de irrigação varia entre os valores mínimo e máximo da água facilmente disponível no solo (AFD).

Primeiramente, assumiu-se o valor da capacidade de água disponível do solo (CAD) de 100 mm, levando em consideração o plantio de culturas perenes na região (PEREIRA *et al.*, 2002). O valor da AFD foi obtido por:

$$AFD = p.CAD \quad (1)$$

p - fração em função do tipo de cultura e seu consumo máximo de água nos diferentes estágios fenológicos, em que nesse estudo assumiu-se o valor de 0,4 para o café e 0,5 para o mamoeiro (ALLEN *et al.*, 1998).

Estimou-se a evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>), calculada pelo método desenvolvido por Thornthwaite (1948). Esse método é usado comumente em escala mensal e foi obtido pelas equações 2 e 3.

$$ET_0^{TH} = 16 \left( \frac{10.T}{T} \right)^a, \text{ para } 0 \text{ } ^\circ\text{C} \leq T < 26,5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2)$$

$$ET_0^{TH} = -415,85 + 32,24T - 0,43T^2, \text{ para } T \geq 26,5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3)$$

Em que:

T = Temperatura média mensal (°C);

$$I = \sum_1^{12} (0,2T)^{1,514} \quad (4)$$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 0,01791 I + 0,49239 \quad (5)$$

Com a evapotranspiração de referência, pode-se calcular a taxa de ETc (JENSEN, 1968), obtida por:

$$ETc = Kc \cdot ETo \quad (6)$$

Para estimar a evapotranspiração, adotou-se o valor médio do coeficiente de cultura (Kc) de 0,87 para o mamoeiro (POSSE *et al.*, 2008) e igual a 1,00 para o café (CAMARGO; PEREIRA, 1994).

A irrigação representa a lâmina de água a ser aplicada, sendo efetuada no início do período em questão, e sempre que a água facilmente disponível no final do período (AFDf) anterior tenha chegado próximo a zero. Assim, calculou-se, também, a água facilmente disponível inicial (AFDi) e a água facilmente disponível final (AFDf).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Café Conilon

De acordo com as projeções, a temperatura média anual irá aumentar 3,2 °C, passando de 24,1 °C para 27,3 °C de

1980 a 2080. As projeções climáticas indicam uma redução na precipitação anual em 38 mm ao final de 2080 (Tabela 1). Segundo as projeções, haverá aumento na lâmina de irrigação em cerca de 138% entre 1980 e 2080. De acordo com Cunha *et al.* (2014), há expectativa de aumento na probabilidade de irrigação para os próximos 30 anos (2010 a 2039) em todas as regiões do Brasil, considerando-se as mudanças climáticas. Esse aumento acarretará mudanças no manejo de irrigação, tendo-se em vista que quando há aumento na demanda hídrica, aumenta-se a vazão necessária para irrigação.

O aumento na demanda por irrigação no decorrer das décadas deve-se à redução da precipitação pluvial e ao aumento da temperatura média (Tabela 1). Verifica-se que de 2050 a 2080 há previsão de aumento na precipitação pluvial em Jaguaré. No entanto, a lâmina total de irrigação para o café em 2080 é superior a de 2050 (Tabela 1). Logo, o aumento da precipitação entre 2050 e 2080 não compensará a demanda por água, em razão do aumento da temperatura média nesse período.

Segundo Silva e Reis (2007), as lavouras irrigadas de café apresentam maior produtividade quando comparadas a lavouras não-irrigadas, principalmente quando a precipitação ocorre de forma mal distribuída. Sendo assim, devido à redução na precipitação e ao aumento da ETc ao longo das décadas, a utilização da irrigação deverá se tornar fundamental para que a cultura mantenha a produtividade na região de Jaguaré.

**Tabela 1** - Variação da temperatura (°C), precipitação (mm), evapotranspiração de cultura (mm) e lâmina de irrigação (mm) da década de 1980 até 2080 para a cultura do café em Jaguaré-ES

*Table 1* - Variations in temperature (°C), rainfall (mm), crop evapotranspiration (mm) and irrigation depth (mm) from the 1980s until 2080 for a coffee crop in Jaguaré, ES

	Temperatura média (°C)	Precipitação (mm)	Evapotranspiração da cultura (mm)	Lâmina de irrigação (mm)
Década 1980	24,1	1200,90	1285,03	225,64
Década 2020	24,9	1155,13	1386,81	283,35
Década 2050	25,8	1102,08	1511,35	428,20
Década 2080	27,3	1161,93	1697,25	538,01
Variação (1980-2080)	3,2	-38,97	412,22	312,37

### Mamoeiro

Segundo as projeções climáticas, o aumento da temperatura entre 1980 e 2080 resultará em aumento da evapotranspiração da cultura em 331 mm (Tabela 2). As projeções também sugerem uma redução da precipitação em aproximadamente 4% até 2080.

Entre as décadas de 1980 e 2080, ocorrerá aumento de 260,6 mm na lâmina de irrigação para o mamão,

significando acréscimo de cerca de 160%. A maior demanda hídrica exigirá mais estudo para que se obtenha melhor manejo de irrigação para a cultura do mamoeiro. Godim *et al.* (2008) também encontraram aumento na demanda de água para irrigação na Bacia do Jaguaribe. Esse aumento é causado pelas temperaturas mais elevadas que elevam a evapotranspiração das plantas, sendo agravada pela redução na precipitação.

**Tabela 2** - Variação da temperatura média (°C), precipitação pluvial (mm), evapotranspiração de cultura (mm) e lâmina de irrigação (mm) da década de 1980 até 2080 para a cultura do mamoeiro em Linhares-ES

**Table 2** - Variations in average temperature (°C), rainfall (mm), crop evapotranspiration (mm) and irrigation depth (mm) from the 1980s until 2080, for a papaya crop in Linhares, ES

	Temperatura média (oC)	Precipitação (mm)	Evapotranspiração de cultura (mm)	Lâmina de irrigação (mm)
Década 1980	24,5	1200,1	1162,2	161,6
Década 2020	25,2	1154,8	1241,7	211,8
Década 2050	26,1	1086,8	1340,8	339,5
Década 2080	27,5	1149,7	1493,7	422,2
Variação (1980-2080)	3,0	-50,4	331,5	260,6

Díaz *et al.* (2007), em trabalho na bacia do rio Guadalquivir na Espanha, estimaram uma elevação média das necessidades hídricas de, aproximadamente, 19,3% para a década de 2050. Em Linhares-ES, o mamoeiro terá aumento em cerca de 110% devido à alta exigência hídrica do mamão e do aumento na evapotranspiração da cultura nas próximas décadas.

Dentre as mudanças do clima, o IPCC relata o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera ao longo das décadas (IPCC, 2007). A elevada taxa de CO<sub>2</sub> causa efeitos diretos na planta, pois induz o fechamento dos estômatos das plantas, reduzindo as perdas de água por transpiração e no consumo de água na planta em até 20% (TAUB, 2010). É

necessário mais estudos relatando o efeito em conjunto do aumento de temperatura e do CO<sub>2</sub> no desenvolvimento das plantas nas próximas décadas.

## CONCLUSÕES

Segundo as projeções do modelo climático e cenário utilizado, as mudanças no clima impactam no aumento da temperatura, redução da precipitação e, conseqüentemente, no aumento da demanda hídrica das culturas do café conilon e do mamão, o que pode reduzir a área plantada.

## LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BONOMO, D. Z.; BONOMO, R.; PEZZOPANE, J. R. M.; SOUZA, J. M. Alternativas de manejo de água de irrigação em cultivos de conilon. **Coffee Science**, v. 9, p. 537-545, 2014.

CAMARGO, A. P.; PEREIRA, A. R. Agrometeorology of the coffee crop. Geneve, **World Meteorological Organization**, 43p. 1994.

COELHO, E. F., SILVA, J. G. F., SOUZA, L. F. S. Irrigação e fertirrigação. In: SANCHES, N. F., DANTAS, J. L. L. (coords.) **O cultivo do mamão**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p.32-41. 1999 (Circular Técnica, 34).

CUNHA, D. A. da; COELHO, A. B.; FERES, J. G.; BRAGA, M. J. Efeitos das mudanças climáticas sobre a adoção de irrigação no Brasil. **Acta Scientiarum, Agronomy**. v. 36, n. 1, p. 01-09, 2014.

DÍAZ, J. A. R.; WEATHERHEAD, E. K.; KNOX, J. W.; CAMACHO, E. Climate change impacts on irrigation water requirements in the Guadalquivir river basin in Spain. **Regional Environmental Change**, v. 7, p. 149-159, 2007.

- GONDIM, R.S.; CASTRO, M. A. H. de; MEDEIROS, S. R.; TEIXEIRA, A. dos S.; FUCK, Jr., S. C. de F. Mudanças climáticas e impactos na necessidade hídrica das culturas perenes na Bacia do Jaguaribe, no Estado do Ceará. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1657-1664, 2008.
- IBGE - EMBRAPA - Mapa de Solos do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2001 - Escala 1:5.000.000.
- IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – 2013. Produção Agrícola Municipal: Culturas Temporárias e Permanentes. <[http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_estatisticas.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm)> Acesso em: 12 mar. 2015.
- IPCC. Climate change 2007: The Physical Science Basis: Summary for policymakers. Geneva: IPCC, 2007. 18p.
- IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis: Summary for policymakers. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. IPCC, 2013. 30 p.
- JENSEN, M. E. Water consumption by agricultural plants. In: KOZLOWSKI, T. T., Water deficits and plant growth, v. 02, **Academic Press**, New York, 1968.
- MARGULIS, S.; DUBEUX, C. B. S. (Eds.). **Economia da Mudança do Clima no Brasil: custos e oportunidades**. São Paulo: IBEP Gráfica, 2010. 81p.
- NEW, M.; Lister, D.; HULME, M.; MAKIN, I. A high-resolution data set of surface climate over global land areas. **Climate Research**, v. 21, n. 01, p. 1–25, 2002.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.
- PEZZOPANE, J. R. M.; CASTRO, F. da S.; PEZZOPANE, J. E. M.; BONOMO, R.; SARAIVA, G. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo, **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 03, p. 341-348, 2010.
- POSSE, R. P.; BERNARDO, S.; SOUSA, E. F. DE; GOTTARDO, R. D. Evapotranspiração e coeficiente da cultura do mamoeiro. **Engenharia Agrícola**, v. 28, p. 681-690, 2008.
- POSSE, R. P.; BERNARDO, S.; SOUSA, E. F.; MESSIAS, G. P.; MONERAT, P. H.; GOTTARDO, R. D. Relação entre a produtividade do mamoeiro e o déficit hídrico (ky) na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 158-164, 2009.
- ROECKNER, E.; BAUML, G.; BONAVENTURA, L.; BROKOPF, R.; ESCH, M.; GIORGETTA, M.; HAGEMANN, S.; KIRCHNER, I.; KORNBLUEH, L.; MANZINI, E.; RHODIN, A.; SCHLESE, U.; SCHULZWEIDA, U.; TOMPKINS, A. **The atmospheric general circulation model ECHAM5. PART I: Model description**, Tech. rep., Max Planck Institute for Meteorology, MPI-Report 349, 2003.
- ROLIM, J.; TEIXEIRA, J.; CATALÃO, J. Irrigation management of crops rotations in a changing climate. **Geophysical Research Abstracts**, v. 14, n. 1, p. 14427, 2012.
- SILVA, J. G. F.; REIS, E. F. Irrigação do cafeeiro Conilon In: FERRAO, R. G. et al. **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. Cap. 13, p. 347-376.
- TAUB, D. Effects of Rising Atmospheric Concentrations of Carbon Dioxide on Plants. **Nature Education Knowledge**, v. 3, n. 10, 2010.
- THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, p. 55-94, 1948.
- TURRAL, H.; SVENDSEN, M.; FAURES, J. M. Investing in Irrigation: Reviewing the past and looking to the future. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 4, p. 551-560, 2010.