

## MANEJO DA ÁGUA DISPONÍVEL DO SOLO VISANDO O USO RACIONAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

*Rogério Rangel Rodrigues*<sup>1\*</sup>; *Samuel Cola Pizetta*<sup>2</sup>; *Wilian Rodrigues Ribeiro*<sup>3</sup>; *Edvaldo Fialho dos Reis*<sup>4</sup>

**Resumo** – Objetivando o uso racional da água na agricultura irrigada, foi elaborado um experimento em casa de vegetação no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, em Alegre, ES, montado num delineamento inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 4 repetições. Os 4 níveis de déficit hídrico (tratamentos) foram: AD100% – as plantas foram mantidas com a umidade do solo próxima à capacidade de campo, utilizando 100% da água disponível do solo (não sofreram déficit hídrico); AD50% – as plantas foram irrigadas quando atingiram a umidade correspondente a 50% da água disponível do solo; AD30% – as plantas foram irrigadas quando atingiram a umidade correspondente a 30% da água disponível do solo; e AD10% – as plantas foram irrigadas quando atingiram a umidade correspondente a 10% da água disponível do solo, tendo iniciado o déficit aos 30 dias após plantio. A época de avaliação foi aos 60 dias após início do déficit. Os parâmetros que foram avaliados foram: matéria total seca da planta e o consumo total de água por tratamento. Observou-se que o limite crítico de água disponível às plantas foi de aproximadamente 30% da água disponível, apresentando um consumo racional da água à esse nível.

**Palavras-Chave:** Racionalização, Manejo, Água.

### MANAGEMENT OF SOIL WATER AVAILABLE SEEKING THE RATIONAL USE OF WATER RESOURCES

**Abstract:** Aiming at the rational use of water in irrigated agriculture, an experiment was designed in a greenhouse at the Center for Agricultural Sciences, Federal University of Espírito Santo, Alegre, ES, mounted in a completely randomized design with 4 treatments and 4 replicates. The four levels of water deficit (treatments) were: AD100% - the plants were kept with the soil moisture close to field capacity, using 100% of available soil water (not suffered drought); AD50% - the plants were irrigated when the humidity reached corresponding to 50% of available water; AD30% - the plants were irrigated when the humidity reached corresponding to 30% of available soil water, and AD10% - the plants were irrigated when the humidity reached corresponding to 10% of available soil water, having started the deficit at 30 days after planting. The evaluation time was 60 days after the beginning of the deficit. The parameters that were evaluated were: Total plant dry matter and total water consumption per treatment. It was observed that the critical limit of water available to plants was approximately 30% of available water, with a rational consumption of water at this level.

**Keywords:** Rationalization, Management, Water.

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), Alegre, ES, e-mail: rogeriorr7@hotmail.com;

<sup>2</sup> Graduando em Agronomia, bolsista de iniciação científica do departamento de Engenharia Rural do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), Alegre, e-mail: scpizetta@hotmail.com;

<sup>3</sup> Graduando no curso de Agronomia pelo CCA-UFES, e-mail: wilianrodrigues@msn.com;

<sup>4</sup> Eng. Agrícola, Dr. Sc Engenharia Agrícola, Prof. da Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Rural no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), e-mail: edreis@cca.ufes.br.

\* Autor Correspondente: responsável pela submissão.

## INTRODUÇÃO

Segundo dados da Agência Nacional das águas (ANA, 2009), de 1960 até 1995/96, a área irrigada no Brasil aumentou de 0,45 milhões de hectares para 3,1 milhões de hectares, sendo que aproximadamente 90% dessas áreas são desenvolvidas pela iniciativa privada, e os 10% restantes por projetos públicos. A maior expansão ocorreu na Bahia, São Paulo e Minas Gerais com o cultivo da fruticultura, de grãos e de café.

O setor da irrigação é responsável por 69% do consumo de água por setor, seguido pelo setor urbano e pelo setor de criação de animais com 11%. Sendo os setores rurais e industriais os que apresentam os menores consumos, com 2% e 7% respectivamente (ANA, 2006).

As características de demanda de água para irrigação estão relacionadas a quantidade, lugar, tempo e qualidade. A irrigação requer grandes volumes de água que podem ser de baixa qualidade, ao contrário da demanda de água para abastecimento doméstico, que são quantidades menores, porém de alta qualidade (ABAD, 2007).

Para Christofidis (2002), a expansão da agricultura irrigada está diretamente relacionada com a elevação da produtividade e competitividade no campo, fazendo com que o setor agrícola se transforme num dos setores mais significativos quanto à demanda de água.

Com a crescente demanda por água pela agricultura, torna-se primordial conhecer e entender métodos voltados ao uso racional da água, no entanto, sem ocasionar danos à produtividade de uma determinada cultura. Logo, conhecer o conteúdo de água disponível no solo torna-se essencial para o uso racional da água. Nesse contexto, o conceito de água extraível é obtido pela diferença do conteúdo volumétrico de água entre os limites superior e inferior de disponibilidade de água às plantas, e considerando cada camada do perfil do solo explorado pelo sistema radicular da cultura (CARLESSO, 1995).

Impulsionado pela demanda atmosférica, a medida que o solo seca, a disponibilidade de água para as plantas torna-se mais difícil, devido ao aumento das forças de retenção de água no solo. Quanto maior for a demanda evaporativa da atmosfera mais elevada será a necessidade de fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera. No entanto, existe um nível crítico de água disponível para cada cultura, carecendo, portanto, de estudos para que no manejo da irrigação, possa se utilizar esses níveis críticos, visando o uso racional da água.

Assim, objetivou-se com esse trabalho o estudo do uso racional da água na agricultura irrigada visando a produção agrícola, corroborando com práticas racionais dos recursos hídricos no processo produtivo.

## MATERIAL E MÉTODO

O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação instalada na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), localizada no município de Alegre-ES, latitude 20°45'48" Sul, longitude 41°29' 27" Oeste e altitude de 123 m. O clima da região é do tipo "Aw" com estação seca no inverno, de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura anual média é de 23°C e a precipitação anual em torno de 1200 mm.

Foram utilizadas mudas de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, conhecida popularmente como café Conilon, variedade Robusta Tropical (EMCAPER 8151 – Robusta Tropical), proveniente de viveiro de mudas de café próxima à região de Alegre, ES.

O solo utilizado é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico. O solo foi destorroado, passado em peneira de 2 mm e homogeneizado. A aplicação de adubos químicos nos vasos foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Novais et al. (1991) para ambiente controlado.

No laboratório de Recursos Hídricos do CCA-UFES foram determinadas a umidade do solo na capacidade de campo (CC) na tensão de 0,01 MPa e a umidade do solo no ponto de murcha permanente (PMP) na tensão de 1,5 MPa, bem como a densidade do solo, de acordo com EMBRAPA (1997) (Tabla 1).

Tabela 1: Característica físico-hídrica do solo utilizado no experimento

CC	PMP	Ds
--- % ---		g cm <sup>-3</sup>
28,57	13,24	1,03

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, tendo como tratamento 4 níveis de déficit hídrico, com 4 repetições. Os 4 níveis de déficit hídrico foram: AD<sub>100%</sub> – as plantas foram mantidas com a umidade do solo próxima à capacidade de campo, utilizando aproximadamente 100% da água disponível do solo (não sofreu déficit hídrico); AD<sub>50%</sub> – as plantas foram irrigadas quando atingiram a umidade correspondente a 50% da água disponível do solo; AD<sub>30%</sub> – as plantas foram irrigadas quando atingiram a umidade correspondente a 30% da água disponível do solo; e AD<sub>10%</sub> – as plantas foram irrigadas quando atingiram a umidade correspondente a 10% da água disponível do solo. O déficit hídrico foi iniciado após um período de estabelecimento das plantas após plantio, esse período foi de 30 dias, durante este período as parcelas experimentais foram mantidas na capacidade de campo. O déficit foi aplicado por 60 dias após estabelecimento das plantas.

Para a realização das irrigações foi necessário determinar o peso de cada parcela experimental na capacidade de campo, sendo o peso na capacidade de campo inicial ( $P_{cci}$ ). Após o plantio, todos os vasos foram saturados com água e deixados em drenagem livre até atingirem a umidade na capacidade de campo. Para tanto, foi feito o monitoramento da umidade do solo e pesagem dos vasos a cada 12 horas, até que fosse obtido o teor de umidade na capacidade de campo, onde foi obtido o peso inicial de cada parcela experimental, sendo este o valor do  $P_{cci}$ .

Após a determinação o  $P_{cci}$  de cada parcela experimental foi calculado a lâmina de irrigação ( $L_I$ ) correspondente aos déficits hídricos (DH<sub>50%</sub>, DH<sub>30%</sub> e DH<sub>10%</sub>). Para isso, foi determinada a água disponível do solo (AD), considerando os valores de umidade volumétrica na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP), utilizando-se a equação 1 (CENTURION; ANDREOLI, 2000).

$$AD = CC - PMP \quad (1)$$

Em que:

AD – água disponível, % em peso;  
CC – Capacidade de campo, % em peso; e  
PMP – Ponto de murcha permanente, % em peso.

A partir da água disponível, foram estabelecidas as umidades do solo correspondentes aos déficits hídricos de 50%, 30% e 10% ( $AD_{50\%}$ ,  $AD_{30\%}$  e  $AD_{10\%}$ ), sendo utilizadas no cálculo da lâmina de irrigação ( $L_I$ ). No tratamento com ausência de déficit hídrico ( $AD_{100\%}$ ), ou seja, umidade do solo mantida próxima à capacidade de campo, a irrigação foi realizada diariamente.

As lâminas de irrigação ( $L_I$ ) que foram aplicadas para elevar o teor de umidade do solo ( $U_a$ ) à capacidade de campo nos déficits de 50%, 30% e 10% da AD, foram calculadas pela equação 2 (SOUSA et al., 2003):

$$L_I = \left( \frac{CC - U_a}{10} \right) * D_s * h \quad (2)$$

Em que:

$L_I$  - Lâmina de irrigação em mm;  
CC – umidade na capacidade de campo, % em peso;  
 $U_a$  – umidade atual do solo relativo aos déficits hídricos ( $AD_{50\%}$ ,  $AD_{30\%}$  e  $AD_{10\%}$ );  
 $D_s$  – Densidade do solo, em  $g/cm^3$ ; e  
 $h$  – altura de solo utilizado no vaso, em cm.

Para transformar a lâmina de irrigação ( $L_I$ ) em volume (mL/vaso), foi multiplicado a  $L_I$  pela área útil do vaso.

Ao final da tarde de cada dia todas as parcelas foram pesadas em balança eletrônica, repondo a água de forma que cada parcela retornasse ao seu devido valor de  $P_{cci}$ . No entanto, as parcelas do nível  $AD_{100\%}$  foram irrigadas todos os dias, voltando-se o peso das parcelas com  $AD_{100\%}$  para o  $P_{cci}$ .

Cada vaso foi revestido com papel branco para reduzir a absorção de radiação solar para minimizar o aquecimento do solo, a fim de reduzir o erro experimental.

Foi avaliada a matéria total da planta seca (parte aérea mais raiz) e o consumo total de água. A biomassa foi determinada em estufa a  $65 \sim 70^\circ C$  por 72 horas ou até atingirem peso constante.

Os tratamentos foram estudados mediante análises de variância, aplicando-se regressão para os tratamentos ao nível de 1% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software estatístico SAEG (Sistema para Análises Estatísticas da Universidade de Federal de Viçosa – UFV), versão 9.0 (EUCLYDES, 2004).

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão apresentados os valores do resumo da análise de variância (ANOVA) dos tratamentos executados.

Tabela 2. Resumo da ANOVA e valores médios de matéria total seca da planta (MTS) e do consumo total de água (CTA)

QM			
FV	GL	MTS	CTA
AD	3	18,06**	20,22**
Resíduo	12	1,22	0,06
Total	15		
Média Geral		16,06	11,31
CV (%)		6,9	2,21

\*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F.

Observa-se na Tabela 2 que as diferentes águas disponíveis (AD) avaliadas no experimento foi significativo ao nível de 1% de probabilidade. Da mesma forma, a diferença entre o consumo total de água (CTA) entre os tratamentos apresentou-se significativo. Com isso, há diferença estatística entre os tratamentos, sendo avaliados posteriormente.

Na Figura 1 é apresentada a análise de regressão para a matéria total seca da planta de cada tratamento em função dos níveis de água disponível no solo.

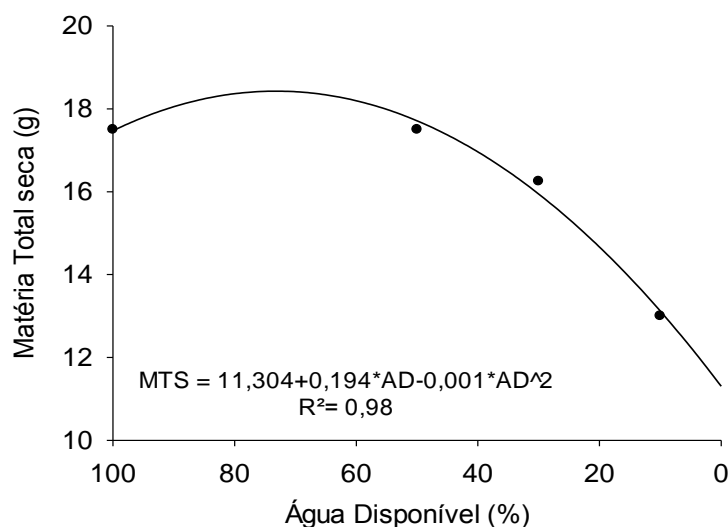


Figura 1: Análise de regressão para a matéria total seca (MTS) em resposta aos diferentes níveis de água disponível (AD) no solo.

Na Figura 1 pode-se observar que a medida que a água disponível no solo diminui, a matéria total seca da planta diminui. Porém, não houve diferença estatística entre os níveis de água disponível de 100%, 50% e 30%, apresentando diferença estatística, ao nível de 1% de probabilidade, apenas para a água disponível 10%.

Uma vez que não houve diferença estatística entre a AD 100%, 50% e 30%, pode-se, nesse caso, estudar uma forma de manejo da irrigação, afim de utilizar um nível crítico de água disponível próximo de 30%, visando o uso racional da água na agricultura irrigada, para a espécie estudada.

Essa eficiência no uso da água por parte do cafeeiro conilon, também foi observado por outros autores: Oliveira et al. (2012) observaram que com a utilização de aproximadamente 40% da água disponível no solo as plantas obtiveram bom ganho de matéria seca; Dardengo et al. (2009) encontraram valores críticos de aproximadamente 67% da água disponível; Araújo et al. (2011), trabalhando com o cafeeiro conilon, observaram um decréscimo na matéria seca da parte aérea e do sistema radicular das plantas na medida em que o déficit hídrico foi aplicado, porém, não apresentando um nível crítico da água disponível ao desenvolvimento satisfatório da cultura, visando o uso racional da água.

Porém, para Bonono (1999), para se avaliar a necessidade ou não da irrigação em determinado momento, pode-se fazer uso do fator de disponibilidade de água no solo, que para o cafeeiro, não deve ultrapassar o limite máximo de 60%. Assim, há uma carência de estudos voltados aos limites críticos de água disponível que pode ser utilizada pela cultura, tanto a curto prazo quanto à longo prazo, e seus possíveis efeitos sobre a morfofisiologia da planta.

Na Figura 2 é apresentada a análise de regressão para o consumo total de água de cada tratamento em função dos níveis de água disponível no solo.

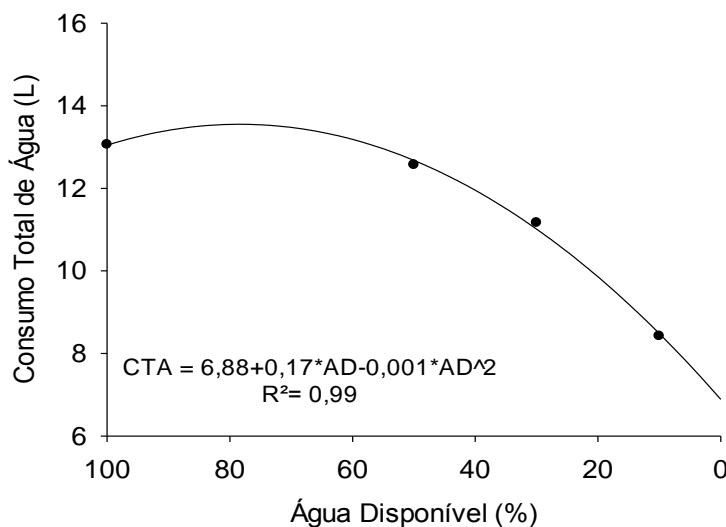


Figura 2: Análise de regressão para o consumo total de água (CTA) em resposta aos diferentes níveis de água disponível (AD) no solo.

Na Figura 2 a resposta da planta ao consumo total de água durante o experimento foi similar a resposta da matéria total seca, tendo um menor consumo a medida que a água disponível do solo foi reduzida.

Para o consumo total de água, houve diferença estatística, ao nível de 1% de probabilidade, apenas entre os tratamentos que utilizaram água disponível de 30% e de 10%. Assim, uma vez que o manejo da irrigação utilizando 30% da água disponível não apresentou diferença estatística para a produção de matéria seca total (Figura 1), pode-se inferir que esse é o limite crítico para essa cultura, e que o consumo de água nesse nível foi de 14,47% menor que o consumo das plantas mantidas com umidade no solo próximo a 100% da água disponível.

Portanto, havendo uma definição de quando e quanto de água aplicar, o irrigante estará fazendo o uso eficiente da água, seja pela aplicação sem excesso ou aquém das necessidades da planta. Logo, a quantidade de água a ser aplicada deve ser aquela que atenda as necessidades da planta, sem provocar excesso de água no solo (COSTA, 2006).

Nesse contexto, é evidente que o manejo da irrigação é fundamental para o uso racional dos recursos hídricos, pois determina quando e quanto de água aplicar para o desenvolvimento satisfatório de uma determinada cultura.

## AGRADECIMENTO

Agradecemos ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), pela viabilização da pesquisa.

## CONCLUSÕES

O manejo da irrigação, utilizando aproximadamente 30% da água disponível, apresentou-se satisfatório, com bom resultado de matéria seca total da planta e no consumo total de água, favorecendo a otimização da água na agricultura irrigada.

## REFERÊNCIAS

ABAD, E. P. G. Proposta de fixação de preço da água para irrigação na agricultura, utilizando a metodologia da programação matemática positiva. (2007). Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ANA – Agência Nacional de Águas. (2006). A ANA e a agricultura sustentável. In Seminário Desafios à expansão da agropecuária brasileira. 2006, Brasília. Anais...Brasília. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/institucional/aspar/docs/P2\\_ANA\\_JoseMachado.pdf](http://www.ana.gov.br/institucional/aspar/docs/P2_ANA_JoseMachado.pdf)>. Acesso em 10 abr. 2013.

ANA – Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos recursos hídricos do Brasil. (2009). Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/download.aspx>>. Acesso em 10 abr. 2013.

ARAÚJO, G. L.; REIS, E. F. dos.; MORAES, W. B.; GARCIA, G. de O.; NAZÁRIO, A. A. (2011). Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. **Irriga**, Botucatu, v.16, n.2, p.115-124.

BONOMO, R. (1999). **Análise da irrigação na cafeicultura em áreas de cerrado de Minas Gerais**. 1999. 224 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa UFV.

CARLESSO, R. (1995). Absorção de água pelas plantas: Água disponível versus extraível e a produtividade das culturas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 183-188.

CENTURION, J. F.; ANDREOLI, I. (2000). Regime hídrico de alguns solos de Jaboticabal. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, p. 701-709.

CHRISTOFIDIS, Demetrios. (2002). Considerações sobre conflitos e uso sustentável em recursos hídricos in THEODORO, SUZI HUFF (Org.) Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais. Rio de Janeiro: Garamond.

COSTA, M. B. da. (2006). Avaliação da irrigação por pivô central na cultura do café (*Coffea canephora* L.) e na cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no município de Pinheiros-ES. 2006. 88 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP.

DARDENGO, M. C. J. D.; REIS, E. F.; PASSOS, R. R. (2009). Influência da Disponibilidade Hídrica no Crescimento Inicial do Cafeeiro Conilon. Biosci. J., Uberlândia, v. 25, n. 6, p. 1-14.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. (1997). Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento.

EUCLIDES, R.F. (2004). Sistema para análises estatísticas (SAEG 9.0). Viçosa: FUNARBE/ UFV.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. (1991). Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J.; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D.; LOURENÇO, S. (Coord.). Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília : Embrapa-SEA, p.189-253.

OLIVEIRA, A. C. R.; PIZETTA, S. C.; REIS, E. F. dos. (2012). Análise do desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon Cultivar robusta tropical submetido a déficit hídrico. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 90.

SOUSA, M. B. A.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, L. O.; BUFFON, V. B.; BONOMO, R. (2003). Avaliação de irrigação em propriedades de café conilon no norte do Espírito Santo. In: IRRIGAÇÃO do cafeeiro: informações técnicas e coletâneas de trabalhos. Viçosa: Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais, 260 p.