

JEAN CARLOS DARÉ

**CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA DE ÁGUA EM
SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO NA BACIA DO CÓRREGO
SOSSEGO EM ITARANA-ES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

D217c
2013

Daré, Jean Carlos, 1977-

Caracterização da demanda de água em sistemas de irrigação
na bacia do córrego Sossego em Itarana-ES / Jean Carlos Daré.
– Viçosa, MG, 2013.

x, 73 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Evandro Chartuni Mantovani.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 56-62.

1. Irrigação. 2. Água - Consumo. 3. Agricultura.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Engenharia Agrícola. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 631.587

Jean Carlos Daré

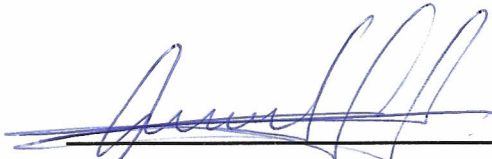
**CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA DE ÁGUA EM
SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO NA BACIA DO CÓRREGO
SOSSEGO EM ITARANA-ES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Aprovada: 29 de abril de 2013.



José Geraldo Ferreira da Silva
(Coorientador)



Prof. Luiz Fabiano Palaretti



Prof. Everardo Chartuni Mantovani
(Orientador)

Dedico...

À minha amada esposa Rita,

Ao meu filho e grande amigo do coração Gabriel,

Ao meu enteado e filho de coração Rodrigo,

A minha mãe Helena que sempre me incentivou,

Ao meu grande pai Carlos Daré o esteio da família,

As minhas queridas irmãs Cláudia e Vanessa,

Aos todos os meus professores pela fonte de saber,

Aos agricultores com quem convivi,

A todos os meus amigos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), por intermédio do Departamento de Engenharia Agrícola e do programa de pós-graduação em Recursos Hídricos e Ambientais.

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), em especial a todos os servidores que de alguma maneira contribuíram com minha pós-graduação.

Aos meus pais e irmãs, pelo incentivo em buscar novos conhecimentos, pela amizade e pelo apoio em todos os momentos.

À minha esposa Rita, pelo carinho e compreensão pelas intermináveis horas e noites que passei debruçado sobre meus estudos.

Ao filho Gabriel, você é meu Amigão do Coração. Você é a fonte da motivação e da minha dedicação.

Aos amigos do GESAI e da UFV: Gustavo, Fábio, Gabriel, Felipe, Leandro, Eduardo e Danilo.

Ao professor Everardo Chartuni Mantovani, pelas oportunidades, ensinamentos, compreensão, orientação e amizade.

Aos conselheiros, Edmilson Costa Teixeira e José Geraldo Ferreira da Silva, pela orientação e apoio.

A professora Gisele da UFES, pelo carinho e amizade.

Aos professores Antônio Alves Soares, Delly Oliveira Filho, Demetrius David da Silva, Fernando Falco Pruski, Gilberto Chohaku Sediama, Márcio Mota Ramos, Rubens Alves de Oliveira, Mauro Aparecido Martinez e Raphael Bragança Alves Fernandes, pelos conhecimentos adquiridos.

Aos agricultores que tenho a satisfação de ter convivido, em especial os agricultores de Itarana-ES.

Aos amigos do Incaper de Itarana-ES, Leandro e Sérgio pelo apoio durante os trabalhos de campo.

Aos amigos Sirlei, Marcos Eugênio, Gemaél e Beth, pela amizade.

Aos grandes amigos de longa data, Cássio Vieira de Mello, Rondinelli Bitencourt (Marapé) e Antônio César Péterle.

Ao Evair Vieira de Mello pela confiança.

BIOGRAFIA

Jean Carlos Daré, filho de Carlos Daré e Maria Helena Tureta Daré, nasceu em 18 de Setembro de 1977, em Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Em 1993, iniciou o curso de Técnico em Agropecuária na Escola Agrotécnica Federal de Alegre, em Alegre, ES, diplomado em 23 de Dezembro de 1995.

Em 1997, iniciou o curso de Engenharia Agrônômica no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, em Alegre, ES, graduado Engenheiro Agrônomo em 22 de Junho de 2002.

No dia 25 de Março de 2000, casou-se com Rita de Cássia Malta Diniz. Seu filho Gabriel Diniz Daré nasceu no dia 23 de Fevereiro de 2002.

No dia 05 de janeiro de 2005, foi diplomado pela Universidade Federal de Lavras no curso de pós-graduação “*Lato-Sensu*” em ‘Cafeicultura Empresarial: produtividade e qualidade’.

Passou a ser servidor do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) no dia 4 de abril de 2005, com a função de agente de desenvolvimento rural II.

Em fevereiro de 2011, iniciou o curso de mestrado em Engenharia Agrícola com concentração em Recursos Hídricos e Ambientais, no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, MG, defendendo a dissertação em abril de 2013.

RESUMO

DARÉ, Jean Carlos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2013. **Caracterização da demanda de água em sistemas de irrigação na bacia do Córrego Sossego em Itarana-ES.** Orientador: Everardo Chartuni Mantovani. Coorientador: José Geraldo Ferreira da Silva.

A água é um recurso natural com demandas desafiadoras em quantidade e qualidade, condicionadas as questões sociais, políticas, ambientais e econômicas, com crescente dificuldade em garantir a necessidade. No Espírito Santo, as áreas irrigadas estão aumentando, devido aos déficits hídricos que causam perdas econômicas e sociais e a maior disponibilidade de sistemas de irrigação em geral. Considerando que conhecer a demanda e o uso da água em sistemas de irrigação em uma bacia hidrográfica é fundamental na concepção de políticas que afetam o uso da água, este trabalho objetivou a caracterizar a demanda de água em sistemas de irrigação na bacia do Córrego Sossego no município de Itarana na microrregião Central Serrana no Estado do Espírito Santo. A bacia do Córrego Sossego possui área de drenagem de 6.384 ha, desaguardo no rio Santa Joana, afluente do rio Doce. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger (1936), o clima da região é classificado como clima tropical com estação seca (Aw), com temperatura média mensal superior a 18°C, com pelo menos um dos meses do ano com precipitação inferior a 60 mm, com duas estações: uma estação seca no inverno, durante a qual a evapotranspiração potencial é largamente excedente a precipitação; e uma estação chuvosa ou úmida, com precipitações sempre superiores à evapotranspiração potencial, permitindo a reposição das reservas hídricas na biomassa, nos solos e nos aquíferos. As coletas de dados na bacia foram realizadas no período de 15 de julho a 10 de setembro de 2012, identificando-se culturas irrigadas e suas respectivas áreas na bacia através do Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES), no qual a base de dados abrange todo o Estado e conta com banco de dados associado à cartografia digital, integrando dados espaciais e temporais, imagens, texto e mapas, permitindo aplicações diversas. Foram utilizados dados diários de temperaturas máxima, mínima e média, da estação meteorológica de Itarana-ES, ocorridos no período de 1976 a 2010, obtidos junto ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) para a determinação da

evapotranspiração de referência (ET_0) diária pela equação de Hargreaves e Samani (1985). Através da evapotranspiração de referência no período de 1976 a 2010, foram obtidas médias diárias e mensais da ET_0 . Para determinar a demanda de água para irrigação, foram considerados: a evapotranspiração de referência; a evapotranspiração da cultura (ET_C); os coeficientes K_C , K_L e K_S ; a eficiência de irrigação; a espécie e área de cada cultura irrigada, e; a precipitação efetiva, utilizando o método proposto pelo USDA Soil Conservation Service. De 1.119 ha cultivados, 1.010 ha (90%) são irrigados, a cafeicultura possui 500 ha (49%), seguido da fruticultura com 240 ha (21%), olericultura com 102 ha (9%), eucalipto com 109 ha (10%), áreas abertas com 95 ha (9%) e outros cultivos com 23 ha (2%). A eficiência de irrigação (E_i) foi de 84% em média. As maiores demandas de água pelas culturas ocorrem em fevereiro e janeiro, com 704.354 m³ e 690.822 m³, respectivamente. O mês de junho com 387.714 m³ teve a menor demanda. Em fevereiro a vazão de água demandada é de 117.392 m³ d⁻¹ para um tempo de captação (TC) de 3 h. Porém, aumentando o TC para 9h e 24 h, essa vazão necessária passa a ser de 78.262 m³ d⁻¹ e 29.348 m³ d⁻¹, respectivamente.

ABSTRACT

DARÉ, Jean Carlos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2013. **Characterization of demand of water in irrigation systems in the basin of Sossego Stream in Itarana-ES.** Advisor: Everardo Chartuni Mantovani. Co-Advisor: José Geraldo Ferreira da Silva.

Water is a natural resource with challenging demands in quantity and quality, conditioned the social, political, environmental and economic, with increasing difficulty in securing demands. In Espírito Santo, irrigated areas are increasing due to water deficits that cause social and economic losses and increased availability of irrigation systems in general. Whereas meet the demand and use of water in irrigation systems in a watershed is critical in the design of policies that affect the use of water in irrigation, this study aims to characterize the demand and use of water in irrigation systems in Sossego Stream basin, located in the municipality of micro Itarana Central Highlands in the state of Espírito Santo. The basin has Sossego Stream drainage area of 6384 ha, emptying into the river Saint Joan a tributary of the Doce River. According to the Köppen climate classification, Geiger (1936), the climate is classified as a tropical climate with a dry season (Aw), with average monthly temperatures below 60 mm, with two seasons: a dry season in winter, during which potential evapotranspiration is largely in excess of precipitation, and a rainy or humid, with rainfall always higher than the potential evapotranspiration, allowing the replenishment of water reserves in biomass, soils and aquifers. The data collections in the basin were carried out from July 15 to September 10, 2012, with the identification of irrigated crops and their respective areas in the basin through the Integrated Geospatial Bases of Espírito Santo (GEOBASES) in which the database covers the entire state of Espírito Santo and includes database associated with digital mapping, integrating spatial data, temporal data, images, text and maps, and allows the construction of various applications. We used data daily maximum temperature, minimum temperature and average temperature, the weather station Itarana, Holy Spirit, occurred during the period from 1976 to 2010, obtained from the Capixaba Institute of Research, Technical Assistance and Rural Extension (Incaper) for determining reference evapotranspiration (mm d^{-1}) by the equation of Hargreaves e Samani (1985) (1985). Through the reference evapotranspiration (ET_0) daily between

1976 and 2010, were obtained daily and monthly averages of ET_0 . To determine the water demand for irrigation, were considered: the reference evapotranspiration; crop evapotranspiration; coefficients K_C , K_L and K_S ; irrigation efficiency; the kind of culture; the culture of each area; and, the effective precipitation using the method proposed by the USDA Soil Conservation Service. In the basin 1119 ha are cultivated, of which 1010 ha (90%) are irrigated, the coffee has 500 ha (49%), followed by fruit with 240 ha (21%), with horticulture 102 ha (9%), eucalyptus with 109 ha (10%) with open areas 95 ha (9%) and other crops with 23 ha (2%). The irrigation efficiency (E_i) was 84% on average. The highest water demands by the cultures occur in February and January, with 704,354 m³ and 690,822 m³, respectively. The month of June with 387,714 m³ had the lowest demand. In February the flow of water demanded is 117,392 m³ d⁻¹ for a time capture (TC) for 3 h. However, increasing the TC for 9h and 24h, this required flow is increased to 78,262 m³ and 29,348 m³ d⁻¹, respectively.

SUMÁRIO

	Página
1. Introdução	1
2. Revisão bibliográfica	4
2.1. Água necessária	4
2.2. Processo de evapotranspiração	6
2.2.1. Método de Penman-Monteith	7
2.2.2. Método de Hargreaves e Samani (1985)	8
2.3. Evapotranspiração da cultura	9
2.4. Precipitação	14
2.5. Eficiência de irrigação	17
3. Material e métodos	21
3.1. Caracterização da área de estudo	21
3.2. Eficiência de irrigação (E_i) em sistemas de irrigação localizada	25
3.2.1. Eficiência de distribuição (E_d) da água nas lavouras	25
3.2.2. Eficiência durante a aplicação (E_a)	26
3.2.3. Cálculo da eficiência de irrigação (E_i)	26
3.3. Demanda de água pelas culturas irrigadas na bacia do Córrego Sossego	27
3.3.1. Identificação das culturas irrigadas e suas respectivas áreas	27
3.3.2. Evapotranspiração de referencia (ET_0)	28
3.3.3. Evapotranspiração da cultura (ET_c)	29
3.3.4. Irrigação total necessária (ITN)	31
3.3.5. Volume de água demandada por cultura irrigada	32
3.3.6. Volume total de água demandada por todas as culturas irrigadas na bacia do Córrego Sossego	33
3.3.7. Vazão de água demandada para irrigação	33
4. Resultado e discussão	34

4.1. Identificação das culturas irrigadas e suas respectivas áreas	34
4.2. Avaliação dos sistemas de irrigação	36
4.2.1. Uniformidade de aplicação da água nos sistemas de irrigação localizada avaliados	36
4.2.2. A eficiência de irrigação (E_i)	44
4.3. Caracterização da demanda de água para irrigação	46
5. Conclusões	54
6. Sugestões e recomendações	55
7. Referências bibliográficas	56
Apêndice I	63
Apêndice II	71
Apêndice III	72
Apêndice IV	73

1. Introdução

A superfície agrícola mundial no início do século XXI ocupa uma área de 1,5 bilhões de hectares, dos quais 278 milhões são atendidos por sistemas de irrigação. Neste contexto, a agricultura irrigada corresponde a 18% da área agrícola total, possibilitando a obtenção de 44% do total colhido na agricultura. No Brasil estima-se que 29,5 milhões de hectares são solos aptos para desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada, dos quais 4,5 milhões são irrigados (CHRISTOFIDIS, 2009).

Segundo Christofidis (2009) cada hectare de cultura irrigada produz o equivalente a 3,2 ha de sequeiro. Em 2004, o estudo “Impactos e Externalidades Sociais da Irrigação no Semiárido Brasileiro”, mostrou que nos últimos 30 anos os municípios do semiárido brasileiro com influência de projetos de irrigação obtiveram crescimento médio de 82%. No entanto, os municípios de características similares, porém sem irrigação, cresceram 15% durante o mesmo período (BANCO MUNDIAL, 2004).

A água é um recurso natural, atualmente sob constante discussão em função de uma demanda cada vez maior desafiadora em quantidade e qualidade, condicionada a questões social, política, ambiental e econômica. O desafio de garantir esta demanda por água resulta numa maior concorrência entre os setores consumidores – agricultura, indústria e cidades – dos recursos hídricos disponíveis. Esta competição já está restringindo o desenvolvimento em muitos países (PULIDO-CALVO et al., 2005).

No Espírito Santo, as áreas irrigadas estão ano a ano aumentando, devido aos déficits hídricos ocorridos nas diversas regiões produtoras. Estes causam perdas mesmo em áreas tradicionais e definidas como aptas aos cultivos. Neste contexto a irrigação é muito importante, principalmente em regiões onde as chuvas são irregulares, comprometendo a regularidade das safras (SILVA, 2008). A irrigação regulariza a disponibilidade d'água às necessidades das plantas evitando as frustrações nas safras, decorrentes de variações climáticas (CARVALHO, 2008).

Mantovani et. al. (2009) citam, que a agricultura tem sido responsável por grande parcela da água utilizada, tornando necessária a implantação de sistemas de irrigação eficientes, além da utilização de métodos que quantifiquem as necessidades hídricas das culturas, evitando desperdícios. Essa quantificação

permite projetar sistemas de irrigação mais adequados, com consequente, redução no consumo da água e energia.

Segundo o Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura 2007-2025, o agronegócio capixaba responde, por 30% do PIB estadual, gerando empregos para 40% da população economicamente ativa, 28% diretamente vinculada à agricultura. No Espírito Santo, 80% dos municípios são dependentes de atividades agrícolas (SEAG, 2008).

De acordo com o Mapa de Unidades Naturais do Espírito Santo (EMCAPA/NEPUT, 1999), o Estado possui 21.979 km² de terras em clima quente e seco, 6.239 km² de terras em clima quente e transição chuvoso/seco e 3.000 km² de terras em clima de temperaturas amenas e transição chuvoso/seco, correspondendo a 47,6%, 13,5% e 6,5%, respectivamente, em relação à área total.

Nos últimos anos, a agricultura capixaba enfrentou sérios problemas em decorrência de déficits hídricos. Em 2006, uma seca nos meses de janeiro e fevereiro, período de enchimento de grãos do cafeeiro, provocando o chochamento e acentuada redução do rendimento café cereja / café beneficiado, penalizando a renda familiar dos agricultores. Em 2007, na estação meteorológica localizada no município de Itarana na microrregião Central Serrana do Estado do Espírito Santo, foram registrados, onze meses com déficit hídrico (INCAPER, 2012). Em 2010 a ocorrência de outra estiagem, nos meses de janeiro e fevereiro, ocasionou perdas de produtividade e qualidade para a agricultura capixaba.

Considerando que a região de Itarana é caracterizada por altas temperaturas, chuvas escassas e irregulares, com média história de 1113 mm ano⁻¹, muitas vezes, ocorrendo falta de água para irrigação. Assim, é necessária a presença do Estado, com uma política de gestão dos recursos hídricos, integrada aos programas de extensão rural, permitindo que esses conflitos sejam superados e que o uso adequado da irrigação possa contribuir para uma agricultura moderna e produtiva. A outorga da água demandada na irrigação é uma das obrigações legais que todo irrigante precisa cumprir no Estado do Espírito Santo.

Porém, um dos principais problemas na gestão dos recursos hídricos em regiões com agricultura irrigada está na falta de informações confiáveis sobre o consumo e a quantidade de água disponível.

Qualquer planejamento e operação de um projeto de irrigação que objetive máxima produção e boa qualidade de produto, usando de maneira eficiente a água,

requerem conhecimentos das inter-relações entre solo-água-planta-atmosfera e manejo de irrigação. Em regiões onde a água é fator limitante, as pesquisas devem ser desenvolvidas visando planejar irrigações para se alcançar máxima produção, por unidade de água aplicada (BERNARDO et al., 2008).

Sem dúvida, um dos principais parâmetros de controle do impacto ambiental advindo da irrigação será uma política intensiva de melhoria no manejo da irrigação. Política esta que deve ser abrangente, compreendendo pesquisas e ações extensionistas sobre o manejo da irrigação (BERNARDO, 2010).

Considerando que conhecer a demanda e o uso da água em sistemas de irrigação em uma bacia hidrográfica é fundamental na concepção de políticas que afetam o uso da água na irrigação, este trabalho teve por objetivo caracterizar a demanda de água em sistemas de irrigação na bacia do Córrego Sossego, localizada no município de Itarana na microrregião Central Serrana no Estado do Espírito Santo.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Água Necessária

A água necessária para irrigação é igual à quantidade de água requerida pela cultura, em determinado período de tempo, de modo a não limitar seu crescimento e sua produção sob as condições climáticas locais, ou seja, é a quantidade de água necessária para atender à evapotranspiração e à lixiviação dos sais do solo (BERNARDO et al., 2008). Para a correta estimativa da quantidade de água necessária para as culturas irrigadas em uma bacia hidrográfica é necessário determinar a área irrigada, quantificar a água disponível naturalmente por meio da precipitação, quantificar a água consumida por meio da evapotranspiração, de perdas envolvidas nos sistemas de irrigação e das práticas agrícolas da região.

A determinação da demanda hídrica da cultura (evapotranspiração da cultura), assim como os coeficientes utilizados no manejo da irrigação, tem sido atualmente o grande desafio dos pesquisadores em todo o Brasil, os quais procuram caracterizar regionalmente esses fatores, buscando uma condição ideal de suprimento hídrico da cultura e uma preservação dos mananciais de captação (ANTUNES et al. 2003).

Segundo Mantovani et al. (2009) a determinação da quantidade de água necessária para a irrigação é um dos principais parâmetros para o correto planejamento, dimensionamento e manejo de qualquer sistema de irrigação, bem como para avaliação de recursos hídricos. Quando a quantidade de água requerida for superestimada, têm-se como consequência sistemas de irrigação superdimensionados. Isso encarece o custo da irrigação por unidade de área, acarreta aplicação de água em excesso, provocando muitas vezes a salinização do solo e lixiviação dos nutrientes. Por outro lado, quando a quantidade de água requerida for subestimada, têm-se o subdimensionamento do sistema de irrigação e como consequência obtêm-se baixas produtividades, ou, como é mais frequente, devido à incapacidade do sistema para irrigar toda a área do projeto, uma redução da área a ser irrigada (BERNARDO et al, 2008).

Pela própria definição de água necessária à cultura, a evapotranspiração constitui a maior e mais importante parte (BERNARDO et al., 2008). Segundo Mantovani e Lopes (2002), a irrigação total necessária refere-se à quantidade de água, em mm, que deverá ser aplicada no solo, todas as vezes que o sistema de irrigação for acionado.

De acordo com Bernardo et al. (2008), a irrigação total necessária (ITN) pode, então ser definida como a quantidade de água a ser suprida pela irrigação, de modo a complementar as precipitações efetivas, no atendimento à quantidade de água necessária à cultura.

Para o planejamento de sistemas de irrigação, a irrigação total necessária (ITN) pode ser determinada para períodos mensais, trimestrais ou para o ciclo da cultura. Mas, para o dimensionamento do sistema, a ITN deve ser determinada para o período de máxima demanda de irrigação da cultura. Neste caso, a duração do período a ser considerada nas análises é um parâmetro de capital importância. Quando se determina a máxima demanda de irrigação usando um período muito curto, por exemplo, analisando dados diários, obtém-se normalmente um valor muito alto para a máxima demanda de irrigação, o que leva ao superdimensionamento do projeto de irrigação. Por outro lado, quando se usa período muito longo, ou seja, analisando dados mensais ou trimestrais, normalmente o valor da máxima demanda de irrigação será baixo e, em consequência, ter-se-á um projeto de irrigação subdimensionado.

Bernardo et al. (2008), considera que para as condições brasileiras, o mais aconselhado é analisar os dados para períodos de 5, 10 ou 15 dias. O ideal é que o comprimento do período em que os dados forem reunidos para análise seja o mais próximo possível do turno de rega, isto é, do intervalo em dias entre duas irrigações sucessivas.

A irrigação total necessária (ITN) para determinado período pode ser estimada pela equação de balanço de água simplificada:

$$ITN = \frac{\sum ET_c - P_e - W_s - \Delta_s}{E_i} \quad (1)$$

em que

ITN = lâmina total de irrigação necessária (mm), no período;

$\sum ET_c$ = somatório da evapotranspiração da cultura (mm), no período;

P_e = precipitação efetiva (mm), no período;

W_s = água proveniente do lençol freático (mm), no período;

Δ_s = variação do teor de umidade do solo (mm), no período;

E_i = eficiência de irrigação, em decimal.

Como normalmente W_s e Δ_s são valores pequenos, quando comparados com a ET_c e P_e , esta equação pode ser escrita de forma mais simplificada:

- Para as condições de irrigação complementar

$$ITN = \frac{\sum ET_c - P_e}{E_i} \quad (2)$$

- Para as condições de irrigação total

$$ITN = \frac{\sum ET_c}{E_i} \quad (3)$$

A evapotranspiração e a precipitação efetiva são os dois principais parâmetros para estimar a irrigação total necessária. Na maioria das áreas irrigadas, nas regiões áridas, faz-se a irrigação total, ou seja, nestas regiões a magnitude da precipitação efetiva é pouco significativa. Também nas regiões úmidas ou semiúmidas, quando o cultivo é realizado fora da época das chuvas, ou quando se têm frequentes períodos de “veranico”, a quantidade de irrigação necessária é baseada exclusivamente na evapotranspiração (BERNARDO et al., 2008).

2.2. Processo de evapotranspiração

A evapotranspiração é a combinação dos processos de evaporação e de transpiração. Na qual, ocorrem perdas de água do solo por evaporação e das plantas por transpiração (ALLEN et al., 1998). Normalmente expressa em milímetros (mm) por unidade de tempo. Isto inclui a evaporação da água do solo, a evaporação da água depositada pela irrigação, chuva ou orvalho na superfície das folhas, e a transpiração vegetal. Podendo ser expressa em valores totais, médios ou diários, em volume por unidade de área ou em lâmina de água, por um período de tempo de hora, dia, mês ou de duração da cultura.

Mantovani et al. (2009) considera de fundamental importância à definição dos valores da evapotranspiração, pois estabelece o consumo de água pelas plantas e, por consequência, a lâmina de irrigação a ser aplicada. A evapotranspiração de referência (ET_0) representa a demanda hídrica regional, sendo um termo variante de região para região, ou seja, é dependente única e exclusivamente das condições climáticas locais.

A estimativa das perdas por evaporação e transpiração é de grande importância para projetos de irrigação, gerenciamento de reservatórios, planejamento de uso, outorga de recursos hídricos e obras hidráulicas (BORGES; MENDIONDO, 2007).

Para Kobayashi (2007), uma das estratégias de manejo de irrigação está alicerçada nas curvas de consumo de água das culturas. Doorenbos e Kassan (1979), e Kobayashi (2007) relatam que o consumo de água pelas plantas, para melhor definição da lâmina de irrigação a ser aplicada, tem sido quantificado, principalmente, pelo uso de variáveis climatológicas, através da evapotranspiração de referência (ET_0) e do coeficiente de cultura (K_c).

Atualmente, adota-se o padrão da FAO, no qual a evapotranspiração potencial de referência (ET_0) passou a ser a evapotranspiração de uma cultura hipotética que cobre todo o solo, em crescimento ativo, sem restrição hídrica ou nutricional (ótimas condições de desenvolvimento), com altura média de 0,12 m, albedo de 0,23 e resistência da superfície de 70 s m^{-1} . O modelo utilizado como padrão para estimar a ET_0 passou a ser a equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998).

2.2.1. Método de Penman-Monteith

De acordo com Mantovani et al. (2009), esta é a equação, mais completa na estimativa da ET_0 , porém necessita de muitos dados meteorológicos (temperatura, umidade relativa, velocidade do vento e radiação ou horas de sol), nem sempre disponíveis em quantidade e qualidade.

Encontra-se em Bernardo et al. (2008) e Allen et al. (1998) diagramas que facilitam o entendimento e o cálculo da ET_0 pela metodologia de Penman-Monteith, mas, devido à complexidade do processo, o ideal é a utilização de algum aplicativo computacional.

A equação Penman-Monteith foi uma evolução da estimativa da ET_0 pelo método de Penman (BERNARDO et al. 2008). Ainda segundo Bernardo et al. (2008), além de incorporar os aspectos aerodinâmico e termodinâmico, inclui na sua dedução a resistência ao fluxo de calor sensível, vapor da água, resistência da superfície do dossel é recomendada pela FAO como método-padrão (ALLEN et al. 1998) para estimativa da ET_0 . Esta equação é descrita como:

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (4)$$

em que

ET_0 = evapotranspiração de referência (mm d^{-1});

R_n = saldo de radiação na superfície da cultura ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$);

G = fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$);

T = temperatura do ar a 2 m de altura do solo ($^{\circ}\text{C}$);

U_2 = velocidade do vento a 2 m do solo (m s^{-1});

e_s = Pressão de saturação de vapor (kPa);

e_a = Pressão de vapor atual (kPa);

$(e_s - e_a)$ = déficit de pressão de vapor (kPa);

Δ = Declividade da curva de pressão de vapor de saturação ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$);

γ = Constante Psicrométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

2.2.2. Método de Hargreaves e Samani (1985)

Na falta dos parâmetros meteorológicos necessários para determinar a evapotranspiração de referência (ET_0) pelo método Penman-Monteith levou ao desenvolvimento de metodologias mais simples e com menor número de variáveis climáticas. Allen et al. (1998) propõem o uso da equação de Hargreaves e Samani (1985) como metodologia alternativa na determinação das necessidades em água das culturas quando só está disponível informação sobre temperatura do ar nas estações agrometeorológicas.

Trajkovic (2005) conduziu um estudo para avaliar a confiabilidade de alguns métodos baseados em valores de temperatura com o método de Penman-Monteith para condições úmidas na Servia (sudeste da Europa). Jensen et al. (1990), Amatya et al. (1995), Itenfisu et al. (2003), e Temesgen et al. (2005) relatam que os resultados encontrados com o método de Hargreaves e Samani (1985) tem sido de bom ajuste com dados climáticos de regiões úmidas.

Por outro lado, de acordo com Mantovani et al. (2009) o método proposto por Hargreaves e Samani (1985) tende a superestimar o valor de ET_0 , principalmente em climas úmidos, sendo necessária a calibração regional para o ajuste da sua precisão.

Mantovani et al. (2009) também relata que uma forma de utilização dessas equações com boa precisão é feita através de simulações, utilizando-se um banco de dados meteorológicos (série histórica) para a determinação da ET_0 por Penman-Monteith e por Hargreaves e Samani (1985). Fazendo uma regressão dos valores, e obtendo coeficientes de ajustes regionais que aumentam a precisão do método de Hargreaves e Samani (1985).

A equação 5 é utilizada para obter a ET_0 pelo método proposto por Hargreaves e Samani (1985), sendo necessários somente os dados de temperatura e radiação no topo da atmosfera, sendo esse tabelado em função da latitude do local.

$$ET_0 = 0,0023 Ra (T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}})^{0,5} (T_{\text{méd}} + 17,8) \quad (5)$$

em que

ET_0 = evapotranspiração de referência, (mm d^{-1});

Ra = radiação extraterrestre, ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$);

$T_{\text{máx}}$ = temperatura máxima diária, ($^{\circ}\text{C}$);

$T_{\text{mín}}$ = temperatura mínima, ($^{\circ}\text{C}$);

$T_{\text{méd}}$ = temperatura média, ($^{\circ}\text{C}$).

2.3. Evapotranspiração a cultura

Segundo Bernardo et al. (2008) a evapotranspiração da cultura (ET_C) é a quantidade de água evapotranspirada por uma determinada cultura, sob as condições normais de cultivo, isto é, sem a obrigatoriedade do teor de umidade permanecer sempre próximo à capacidade de campo, o que leva a concluir que a ET_C é menor ou, no máximo, igual à ET_{pc} ($ET_C \leq ET_{pc}$).

A evapotranspiração potencial da cultura (ET_{pc}) é a evapotranspiração de determinada cultura quando há ótimas condições de umidade e nutrientes no solo, de modo a permitir a produção potencial desta cultura no campo (BERNARDO et al, 2008). Ela pode variar com clima, tipo de cultura, espaçamento entre plantas, adubação, método e frequência de irrigação, método de cultivo, idade das plantas, condução das plantas e tratamentos fitossanitários, dentre outros múltiplos fatores que afetam o crescimento das culturas (TUBELIS, 2001). A relação entre a ET_{pc} e ET_0 pode ser expressa pela seguinte equação:

$$ET_{pc} = ET_0 K_C \quad (6)$$

em que

ET_{pc} = evapotranspiração potencial da cultura (mm d^{-1});

K_C = coeficiente da cultura (adimensional).

A estimativa da ET_C é importante para o planejamento da irrigação das culturas, para aplicação em modelos de predição de crescimento e produção de culturas e para propósitos ecofisiológicos (RANA et al., 2001; LIMA et al., 2005).

Evapotranspiração da cultura (ET_C) foi determinada através da seguinte equação:

$$ET_C = ET_0 \cdot K_C \cdot K_S \cdot K_L \quad (7)$$

em que

ET_C = evapotranspiração da cultura (mm d^{-1});

ET_0 = evapotranspiração de referência (mm d^{-1});

K_C = coeficiente da cultura (adimensional);

K_S = coeficiente de umidade do solo (adimensional);

K_L = fator de ajuste devido à aplicação localizada da água (adimensional).

Segundo Tubelis (2001) para obter de forma simples e rápida o valor da necessidade de água da cultura, definiu-se o termo Coeficiente da Cultura ou Coeficiente de Cultivo (K_C). Ele é a relação entre os valores de evapotranspiração, máxima da cultura ET_{pc} e de referência (ET_0).

O K_C é a expressão da demanda hídrica da planta, sendo que este não é valor fixo para todas as situações climáticas. A distribuição temporal dos valores do K_C , durante o ciclo de crescimento da cultura, constitui a curva de cultura (ALLEN et al., 1998). Segundo Medeiros et al. (2004) o K_C é um parâmetro relacionado aos fatores ambientais e fisiológicos das plantas, devendo, preferencialmente, ser determinado para as condições locais nas quais será utilizado.

O K_C é proporcional ao desenvolvimento das plantas. É menor no início do ciclo da cultura e aumenta gradativamente, alcançando um valor máximo quando a cultura cobre totalmente a superfície do solo, decrescendo no final do ciclo vegetativo (MANTOVANI et al., 2009).

Dependendo da frequência da irrigação (1, 2, 3, 7, 10... dias), a evapotranspiração pode aumentar ou diminuir. O K_S pode ser incluído para corrigir essas diferenças, sendo igual a um na alta frequência e menor do que um em intervalos maiores (MANTOVANI et al., 2009).

Quando a umidade do solo está próxima da capacidade de campo, a evapotranspiração de uma cultura é mantida na sua potencialidade e é determinada pelo tipo de cultura e principalmente pelas condições climáticas predominantes. À medida que o solo perde umidade, a ET_C apresenta valores abaixo da ET_{pc} , a partir de determinado teor de umidade do solo. Se os fatores relacionados com a planta são constantes, o decréscimo da relação ET_C/ET_{pc} com o da umidade do solo pode ser o resultado do acréscimo da tensão com que a água está nele retida ou do baixo valor de condutividade hidráulica do solo e dos tecidos das raízes, comparados com a maior demanda evaporativa da atmosfera (BERNARDO et al., 2008).

Bernardo et al. (2008) cita que há muitas controvérsias quanto ao efeito da umidade do solo no decréscimo da relação ET_C/ET_{pc} . Sob condições naturais, a evapotranspiração potencial da cultura ocorrem apenas quando há umidade do solo está na capacidade de campo, com a diminuição da umidade do solo, a água disponível no solo também diminui, diminuindo a velocidade de absorção de água pelas raízes da planta, provocando a diminuição da taxa de evapotranspiração, ficando abaixo da evapotranspiração potencial da cultura (VEIHMEYER e HENDRICKSON, 1955). Thornthwaite e Mather (1955) verificaram um decréscimo linear da relação ET_C/ET_{pc} com o decréscimo da umidade do solo. Pierce (1967) citado por Bernardo et al. (2008), concluiu que a ET_C manter-se-á acima de 90% da ET_{pc} enquanto a umidade do solo estiver acima de, aproximadamente, um terço da água disponível; depois, cairá mais rapidamente, na forma exponencial, até a umidade do solo, no ponto de murcha. Segundo Bernardo et al. (2008) a maioria dos pesquisadores acreditam que a ET_C é igual à ET_{pc} durante algum tempo, decrescendo rapidamente a partir de determinado valor de umidade do solo, segundo uma forma exponencial.

Para Bernardo et al. (2008), estabelecendo do “coeficiente de umidade do solo” (K_S), para fins de conversão da ET_{pc} em ET_C em função da disponibilidade de água no solo é dado pela equação 8:

$$K_S = \frac{\ln(LAA + 1)}{\ln(CTA + 1)} \quad (8)$$

em que

K_S = coeficiente de umidade do solo (adimensional);

$\ln$ = logaritmo neperiano;

CTA = capacidade total de armazenamento de água no solo (mm);

LAA = lâmina atual de água no solo (mm).

Para definição dos valores de K_L , existem diversas metodologias, destacando-se as propostas por Keller (1978), Keller-Bliesner (1990) e Fereres (1981) citadas por Mantovani et al. (2009). Nas três metodologias P é a porcentagem da área sombreada (PAS) ou a porcentagem da área molhada (PAM), prevalecendo o maior valor.

Keller (1978)

$$K_L = \frac{P}{100} + 0,15 \left(1 - \frac{P}{100} \right) \quad (9)$$

Fereres (1981)

$$\text{Se } P \geq 65\% \rightarrow K_L = 1,0 \quad (10)$$

$$\text{Se } 20\% < P < 65\% \rightarrow K_L = 1,09 \frac{P}{100} + 0,30 \quad (11)$$

$$\text{Se } P \leq 20\% \rightarrow K_L = 1,94 \frac{P}{100} + 0,1 \quad (12)$$

Keller e Bliesner (1990)

$$K_L = 0,1\sqrt{P} \quad (13)$$

Devido à forma de molhamento da irrigação localizada, onde somente parte da área recebe a água, se faz necessária uma correção, devido à redução da evapotranspiração, por influência da redução da evaporação direta do solo da área não molhada. Então o K_L é utilizado como fator de correção devido à localização, em função da PAS ou da PAM (MANTOVANI et al. 2009).

Na Figura 1, Mantovani et al. (2009) representa os valores propostos por Keller (1978), Fereres (1981) e Keller-Bliesner (1990). Para obtenção do K_L , coloca-se no eixo horizontal o valor da porcentagem de área molhada pelo sistema de irrigação ou sombreada pela cultura – a decisão deve ser sempre pelo maior valor.

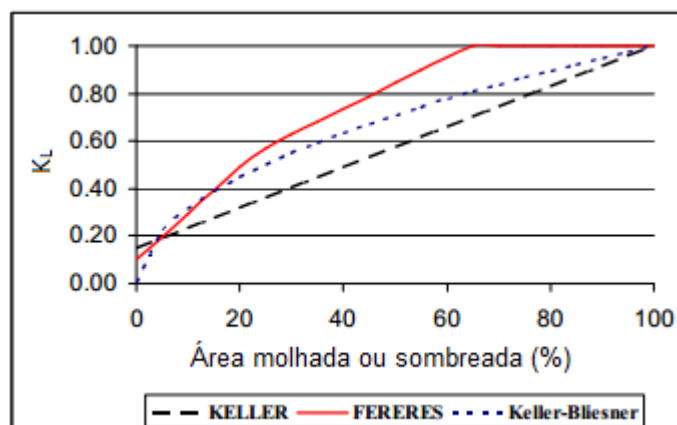


FIGURA 1. Valores de K_L para ajuste de evapotranspiração de culturas sob irrigação localizada, em função da porcentagem de área molhada ou porcentagem da área sombreada pela cultura.

Para López et al. (1992), a resposta da transpiração de macieiras a um volume restrito de solo molhado, supôs que as diminuições obtidas na transpiração refletissem em diminuição da atividade fotossintética das plantas. Para as condições do ensaio, o autor constatou que essas diminuições parecem ser tão pequenas que não há necessidade de se molhar todo o volume de solo ocupado pelas raízes, não produzindo um estresse hídrico significativo nas plantas.

Keller e Karmeli (1975) foram os primeiros a propor o conceito de porcentagem de área molhada (PAM), que consiste na relação existente entre a área molhada no solo pelo emissor e a área total explorada pela cultura. Como a área molhada máxima não ocorre na superfície do solo, mas sim a alguns centímetros de profundidade, e como a frente de molhamento no ponto de emissão do gotejador tende a formar um bulbo, alguns autores propõem que as dimensões deste bulbo devem ser medidas a uma profundidade que varia de 15 a 30 cm (MERRIAM e KELLER, 1978; KELLER e BLIESNER, 1990).

A porcentagem de área molhada está relacionada com a área total de cultivo e é afetada pela densidade de plantio e pela fase de desenvolvimento das plantas. López et al. (1992) propõem um valor P , que é a relação entre porcentagem da área molhada por planta ou a porcentagem da área sombreada pela referida planta. Segundo estes autores, este conceito parece ser mais adequado e preciso, pois leva em conta a densidade de plantio e a fase de desenvolvimento das plantas, mediante o uso do conceito de área sombreada por planta.

Segundo Bernardo et al. (2008), a porcentagem de área molhada depende do espaçamento entre gotejadores, da vazão dos gotejadores, do tempo de aplicação

de água e do tipo de solo. Ainda, ele afirma que, na determinação da PAM, devem-se considerar dois casos: onde existe a formação de uma faixa contínua, o que acontece mais frequentemente em culturas com espaçamento entre plantas pequeno; e quando não se forma uma faixa contínua e sim bulbos molhados, isoladas formando bulbos, comum em irrigações de cultivos mais espaçados.

De acordo com Keller e Karmeli (1975), não existe um valor mínimo estabelecido para a PAM. López et al. (1992) recomendam que, para culturas com espaçamento grande, a porcentagem de área molhada deve ter um valor mínimo de 20% em regiões úmidas, onde a irrigação é realizada em períodos secos, e entre 33 e 50%, em regiões de baixa precipitação. Já Keller e Bliesner (1990) sugerem que, para culturas com espaçamento largo, a PAM deve estar entre 33% e 67%.

2.4. Precipitação

Segundo Silveira (2004) a precipitação é definida como a água proveniente da condensação do vapor d'água da atmosfera, depositada na superfície terrestre sob a forma de chuva, granizo, neve, geada ou orvalho. Sua importância representa o elo entre os fenômenos hidrológicos e os do escoamento superficial, que mais interessam a engenharia hidráulica. Do ponto de vista da hidrologia, apenas a chuva e a neve são importantes. No Brasil, a forma mais significativa da precipitação pluviométrica é a chuva.

A chuva forma mais comum de precipitação, ocorre quando fenômenos complexos de aglutinação e crescimento das micros gotículas, em nuvens com umidade (vapor d'água) e núcleos de condensação (poeira ou gelo), formam uma grande quantidade de gotas com tamanho e peso suficientes para que a força da gravidade supere a turbulência normal ou movimentos ascendentes do meio atmosférico (SILVEIRA, 2004).

A precipitação é um dos componentes contabilizados como entrada no balanço hídrico, devendo ser considerada ao se planejar o manejo da irrigação, para que se reduza o custo e se evite o excesso de aplicação de água (MANTOVANI et al., 2009). Em irrigação, trabalha-se com três conceitos importantes:

a) Precipitação total

A precipitação total é medida no pluviômetro. Devendo tomar-se o cuidado com o modelo de pluviômetro a ser utilizado e com sua instalação, pois suas leituras devem ser representativas da área irrigada. Sendo comum que em grandes áreas existam grandes diferenças de chuva, necessitando a utilização de vários pluviômetros (MANTOVANI et al., 2009).

Do total de precipitação que incide em uma área, parte é interceptada ficando retida na cobertura vegetal, parte infiltra no solo e parte poderá escorrer sobre a superfície do solo. O escoamento superficial da água ocorre quanto à intensidade da precipitação for maior que a taxa de infiltração do solo. Da quantidade que infiltra no solo, uma parte é retida na zona radicular e a outra percola para as camadas mais profundas. A distribuição da precipitação entre estas quatro partes depende, da cobertura vegetal, da topografia local, do tipo de solo e do teor de umidade no solo antes da chuva (BERNARDO et al., 2008)

Ainda de acordo com Bernardo et al. (2008) quanto à irrigação, interessa, principalmente, a parte da precipitação que será utilizada diretamente pela cultura (precipitação efetiva), a frequência e a magnitude de precipitação que se podem esperar na área do projeto (precipitação provável), e a quantidade de água que abastecerá os rios e represas a fim de ser usada na irrigação.

b) Precipitação efetiva

Segundo Bernardo et al. (2008) para a irrigação, pode-se definir precipitação efetiva como sendo a parte da precipitação total que é utilizada pela cultura para atender sua demanda evapotranspirométrica, ou seja, é a precipitação total subtraindo: a interceptação pela cobertura vegetal, o escoamento superficial e a percolação abaixo do sistema radicular da cultura.

Para determinar a precipitação efetiva, existem vários métodos: Método do Balanço de Umidade no Solo, Método do Lisímetro, Método do U. S. Bureau of Reclamation, Método do Serviço de Conservação de Solos dos EUA (USDA Soil Conservation Service – USDA-SCS), além de vários tipos de equações.

O método USDA-SCS foi desenvolvido por meio de balanços hídricos relacionando-se a entrada da precipitação com as saídas, por escoamento

superficial e percolação, bem como a água retida na zona radicular, para várias culturas (SAMPAIO et al., 2000).

Para determinar a precipitação efetiva (P_e) pelo método proposto pelo USDA Soil Conservation Service (USDA-SCS), utilizam-se as equações 14 e 15 (CLARKE, 1998).

$$P_e = \frac{P_{\text{total}} (125 - 0,2 P_{\text{total}})}{125} \quad \text{se } P_{\text{total}} < 250 \text{ mm} \quad (14)$$

$$P_e = 125 + 0,1 P_{\text{total}} \quad \text{se } P_{\text{total}} > 250 \text{ mm} \quad (15)$$

em que

P_e = precipitação efetiva (mm mês^{-1});

P_{total} = precipitação total (mm mês^{-1}).

Ocorrendo em função do tipo de solo, da umidade do solo, da cobertura vegetal (incluindo a fase da cultura), da intensidade de precipitação e da declividade do terreno (MANTOVANI et al. 2009).

A quantidade de precipitação de fato efetiva dependerá do teor de umidade do solo imediatamente anterior à precipitação. Quando uma chuva ocorrer logo após uma irrigação, praticamente não haverá efetividade; quando ocorrer poucos dias após a irrigação, a quantidade realmente efetiva será a lâmina que o solo poderá reter até que o seu teor de umidade chegue à capacidade de campo (BERNARDO et al., 2008). Assim, de acordo com Mantovani et al. (2009) o conceito de precipitação efetiva é muito importante para o manejo de sistemas de irrigação.

c) Precipitação provável

A precipitação provável é quantidade mínima de precipitação com determinada probabilidade de ocorrência (MANTOVANI et al., 2009). Normalmente, em irrigação trabalha-se com a probabilidade de 75 a 80%, ou seja, com a lâmina mínima de chuva que se pode esperar em três a cada quatro anos (75%) ou em quatro a cada cinco anos (80%) em determinado período do ano (BERNARDO et al., 2008).

A precipitação provável é de capital importância para o planejamento e dimensionamento de sistemas de irrigação suplementar. Neste caso, como a precipitação provável refere-se à lâmina mínima com determinada probabilidade de ocorrência, esta lâmina pode ser considerada como precipitação efetiva quando se

analisam os dados para pequenos períodos, como 5, 10 ou 15 dias. Deve-se, também, trabalhar com a probabilidade de ocorrência de chuva de 75 a 80%. Para o manejo da irrigação, dependendo do comprimento do período em que os dados de precipitação foram agrupados, com base na probabilidade de ocorrência de chuva nos próximos dias, pode-se decidir se deve ou não aplicar toda a lâmina necessária na próxima irrigação (BERNARDO et al., 2008).

2.5. Eficiência de irrigação

A irrigação no Brasil, ainda não está sendo praticada com eficiência. Todavia, com a competição cada vez maior por água, por parte de vários setores da sociedade, aliada aos movimentos ecológicos, conscientizando a população da importância de um meio ambiente mais saudável e menos poluído, haverá, sem dúvida, pressão para que a irrigação seja conduzida com maior eficiência, de modo que cause o mínimo de impacto possível no meio ambiente, notadamente no que se diz respeito à disponibilidade e qualidade da água para as múltiplas atividades (BERNARDO, 2010).

A eficiência de irrigação, tomada como a razão entre a quantidade de água efetivamente usada pela cultura e a quantidade retirada da fonte, no âmbito mundial, é muito baixa, situando-se, em termos médios, em torno de 37%. A simples melhora de 1 % na eficiência do uso da água de irrigação, nos países em desenvolvimento de clima semiárido ou árido, significaria uma economia de 200 mil litros de água, por agricultor, por hectare/ano. A irrigação utilizada de forma racional pode promover uma economia de aproximadamente 20% da água e 30% da energia consumida (COELHO et al. (2005).

A água é um bem cada vez mais escasso, tanto em quantidade quanto em qualidade. Aqueles que a utilizam na agricultura irrigada são obrigados a fazê-lo com máxima eficiência, dentro das considerações econômicas que toda atividade produtiva requer (LOPEZ et al., 1992).

Nas condições atuais, o futuro da irrigação envolve produtividade e rentabilidade, com eficiência no uso da água, energia, insumos e respeito ao meio ambiente (MANTOVANI et al., 2009).

Ao se manejar, de forma racional, qualquer sistema de irrigação, deve-se procurar maximizar a produtividade e a eficiência de uso da água e minimizar os

custos, quer de mão-de-obra, quer de capital, de forma a tornar mais lucrativa à utilização da irrigação. Ou seja, não se deve fazer irrigação somente para dizer que se está fazendo agricultura irrigada, mas sim com o objetivo de aumentar o lucro, com o aumento da produtividade, quer em quantidade, quer em qualidade, ou com o objetivo de incorporar à agricultura terras que, sem o uso da irrigação, sob o ponto de vista econômico, não poderiam ser cultivadas (BERNARDO et al., 2008).

Aproximadamente 70% da água captada são utilizadas agricultura, o que torna imprescindível a implantação de sistemas de irrigação eficientes e a utilização de métodos que quantifiquem as reais necessidades hídricas das culturas, para que não haja desperdício. Essa quantificação permite projetar sistemas de irrigação mais adequados, o que, conseqüentemente, reduz o consumo de água e energia (CORDEIRO, 2006).

A eficiência de irrigação é um conceito largamente utilizado, tanto em projetos quanto no manejo de sistemas de irrigação. Segundo Keller e Bliesner (1990), o conceito de eficiência abrange dois aspectos básicos: a uniformidade de aplicação e as perdas, que podem ocorrer durante a operação do sistema. Para que a eficiência possa atingir valores altos, são necessários que as perdas durante a operação sejam os menores possíveis e maiores a uniformidade de aplicação e distribuição.

De acordo com Mantovani et al. (2009), a eficiência de aplicação de água de um sistema de irrigação (em nível de parcela) se resume na diferença entre a quantidade de água captada e a que é efetivamente aproveitada pela planta.

Bernardo et al. (2008), cita que um dos principais parâmetros para avaliação de um sistema de irrigação é a determinação da uniformidade de aplicação de água. Segundo Soares et al. (1993), a uniformidade de aplicação da água de irrigação influencia, diretamente, a produtividade da cultura e a energia consumida no bombeamento de água, sendo que a produtividade tende a aumentar com a uniformidade de aplicação da irrigação.

Souza (2000) sugere que a manutenção errônea do sistema de irrigação pode causar decréscimo de 60% ou mais na uniformidade de aplicação, resultando no aumento da quantidade de água aplicada, para compensar a baixa uniformidade e por conseqüência reduzindo a produtividade.

Para as plantas que recebem menor lâmina sejam supridas hidricamente, deve-se aumentar a lâmina aplicada. Isto faz com que as demais plantas recebam água em excesso, que se perderá por percolação profunda (LOPEZ et al., 1992).

A uniformidade é um parâmetro que afeta diretamente a lâmina bruta de irrigação, pois esta é parte componente da eficiência de irrigação. Assim, quanto maior a uniformidade, menor será a lâmina necessária para se atingir a mesma produtividade (MANTOVANI et al., 2009).

De acordo com Mantovani et al. (2009) o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) é considerado por muitos o principal parâmetro que descreve a uniformidade de irrigação, sendo usado para medir a variabilidade espacial da lâmina de água aplicada pelo sistema de irrigação.

O primeiro coeficiente foi proposto por Christiansen (1942) apud Rezende et al. (2002) citados por Paulino et al. (2009), o qual adota o desvio médio absoluto como medida de dispersão (CUC). Rezende et al., (2002) citado por Paulino et al. (2009) cita que o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) proposto por Criddle et al. (1956) introduziu outra medida da uniformidade, considerando a razão entre a média do menor quartil e a lâmina média coletada, o baixo valor de CUD expressa uma perda de água por percolação profunda quando a lâmina mínima aplicada corresponde à lâmina necessária. O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) é considerado por muitos o principal parâmetro que descreve a uniformidade de irrigação, sendo usado para medir a variabilidade espacial da lâmina de água aplicada pelo sistema de irrigação (MANTOVANI et al. 2009).

A água que ultrapassa a zona das raízes é perdida por percolação ou drenagem profunda e deve ser evitada, pois, nesse caso, haverá a possibilidade de lixiviar nutrientes e poluir o lençol freático, além de ser água perdida que não será utilizada pela cultura em seu processo de transpiração (ALBUQUERQUE, 2010).

Mantovani e Ramos (1994) apresentaram os resultados de uma simulação para a cultura do milho, sendo analisada a produtividade em relação à lâmina de irrigação em três níveis de uniformidade. Observaram que a produtividade máxima de 12 t ha^{-1} foi obtida com uma lâmina de 500 mm, para uma alta uniformidade (CUC = 95%); no caso de média uniformidade (CUC = 75%), foram necessários cerca de 750 mm; e para baixa uniformidade (CUC = 55%) a produtividade máxima foi obtida com uma lâmina superior a 1.000 mm.

De acordo com Albuquerque (2010) uma distribuição uniforme da água é indispensável para uma eficiente aplicação da água.

A uniformidade de distribuição, expressa o grau de uniformização das lâminas de irrigação, indicando a distribuição da água na lavoura e se as plantas estão

recebendo quantidades equivalentes de água. Tal indicador caracteriza qualquer sistema de irrigação e intervém em seu dimensionamento, tanto o agrônomo, pois afeta o cálculo das necessidades totais de água, como o hidráulico, pois em função dela são definidos os limites permitidos de variação de vazão dos emissores (PIZARRO-CABELLO, 1990).

Para que a eficiência de irrigação alcance valores altos, as perdas durante a operação do sistema de irrigação devem ser as menores possíveis e que a uniformidade de aplicação seja a maior possível. Se a uniformidade é ruim ou as perdas na aplicação são grandes, a eficiência pode ser baixa (KELLER e BLIESNER, 1990).

Segundo Mantovani et al. (2009), um sistema com um coeficiente de uniformidade de 80% significa que aproximadamente 80% da área receberá uma lâmina superior ou igual à lâmina média de aplicação (lâmina bruta). Essa informação deverá ser interpolada à porcentagem de área adequadamente irrigada, definida em função da variabilidade econômica do projeto (varia normalmente de 70 a 90%), uma vez que não é econômico suprir o déficit de água em toda a área irrigada. A partir dessa interpolação, considerando a uniformidade de distribuição e a área adequadamente irrigada, é determinada a eficiência de aplicação, pela qual será corrigida a lâmina líquida, obtendo-se a lâmina bruta de irrigação.

3. Material e Métodos

3.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo foi a bacia hidrográfica do Córrego Sossego, localizada na região Central Serrana do Estado do Espírito Santo, na longitude 40°53'W e latitude 19°50'S, com altitude variando de 145 m a 1010 m. Esta possui área de drenagem de 6.385 ha, desaguardo no rio Santa Joana, afluente do rio Doce (Figura 2).

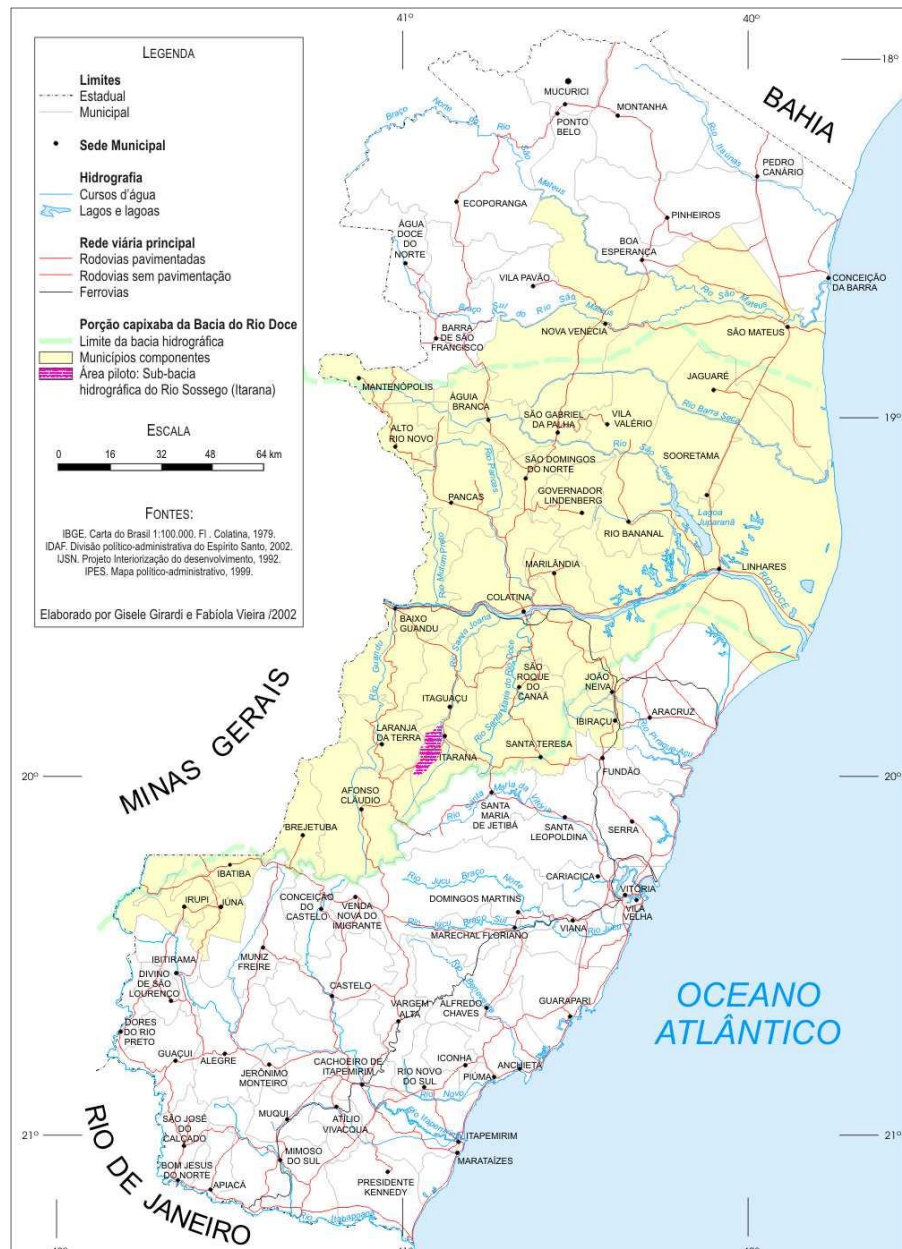


Figura 2. Mapa de localização da bacia do Córrego Sossego, em Itarana-ES (LABGEST, 2008).

As temperaturas na região de abrangência deste trabalho são elevadas (Figura 3), com média das máximas entre 28,3 e 33,1°C e média das mínimas entre 16,2 a 21,8°C.

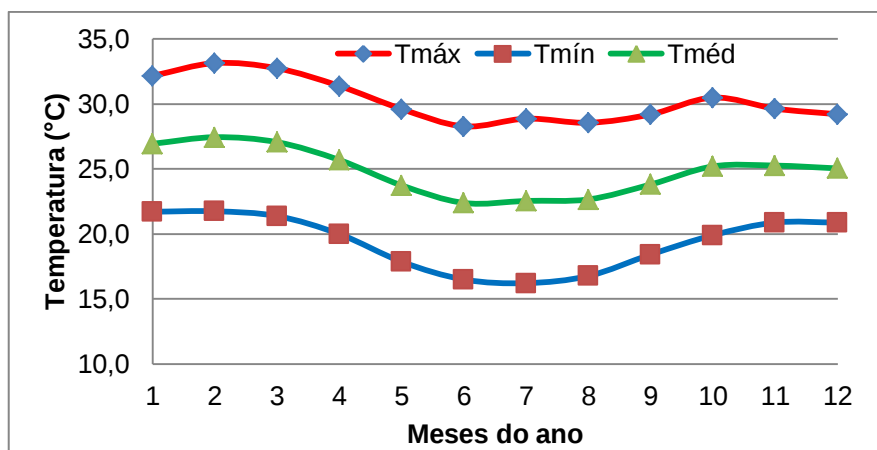


Figura 3. Média mensal das temperaturas máxima, mínima e média no período de 1976 a 2010 para o município de Itarana-ES.

As condições climáticas quanto a média mensal das temperaturas máxima, mínima e média, da evapotranspiração de referência, da precipitação total e efetiva no período de 1976 a 2010 para o município de Itarana-ES, podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1. Médias históricas da temperatura máxima ($T_{máx}$), temperatura mínima ($T_{mín}$), temperatura média ($T_{méd}$), evapotranspiração de referência (ET_0), precipitação total (P_{total}) e da precipitação efetiva (P_e) no período de 1976 a 2010 para o município de Itarana-ES.

Mês	$T_{mín}$ (°C)	$T_{máx}$ (°C)	$T_{méd}$ (°C)	ET_0^* (mm d ⁻¹)	ET_0^* (mm mês ⁻¹)	P_{Total} (mm)	P_e^{**} (mm)
JAN	21,7	32,2	26,9	5,5	171	178	127
FEV	21,8	33,1	27,4	5,6	157	104	87
MAR	21,4	32,7	27,1	5,0	156	124	99
ABR	20,0	31,4	25,7	4,2	125	69	61
MAI	17,9	29,6	23,7	3,5	109	38	36
JUN	16,5	28,3	22,4	3,1	93	18	18
JUL	16,2	28,9	22,5	3,3	103	19	18
AGO	16,8	28,6	22,7	3,7	116	20	19
SET	18,4	29,2	23,8	4,2	127	35	33
OUT	19,9	30,5	25,2	4,8	150	97	82
NOV	20,9	29,6	25,3	5,0	149	185	130
DEZ	20,9	29,2	25,0	5,0	154	225	144
Total	-	-	-	-	-	1113	856
Média Anual	19,4	30,3	24,8	4,4	134	-	-

* Método proposto por Hargreaves e Samani (1985);

** Método proposto pelo USDA Soil Conservation Service (USDA-SCS).

A bacia do Córrego Sossego, localizada no município de Itarana-ES, apresenta chuvas escassas ao longo dos anos, totalizando uma precipitação média anual de 1113 mm, concentrada principalmente nos meses de novembro, dezembro e janeiro. Na Figura 4 pode-se observar a ocorrência histórica de déficits hídricos entre os meses de janeiro a outubro. Por esses motivos, que com a exceção do cultivo do eucalipto, as demais culturas agrícolas são irrigadas, devido ao alto valor econômico e, principalmente, pelo aspecto social.

Nas propriedades com maior disponibilidade de água para irrigação, a qualidade de vida do agricultor e de seus familiares é superior à de outros agricultores de propriedades com disponibilidade de água insuficiente para atender as demandas hídricas das lavouras. A falta d'água tem provocado perdas na produtividade, além de diminuir a qualidade dos produtos agrícolas, gerando depreciação no mercado consumidor, acarretando elevados prejuízos econômicos aos agricultores e social para as comunidades e o município.

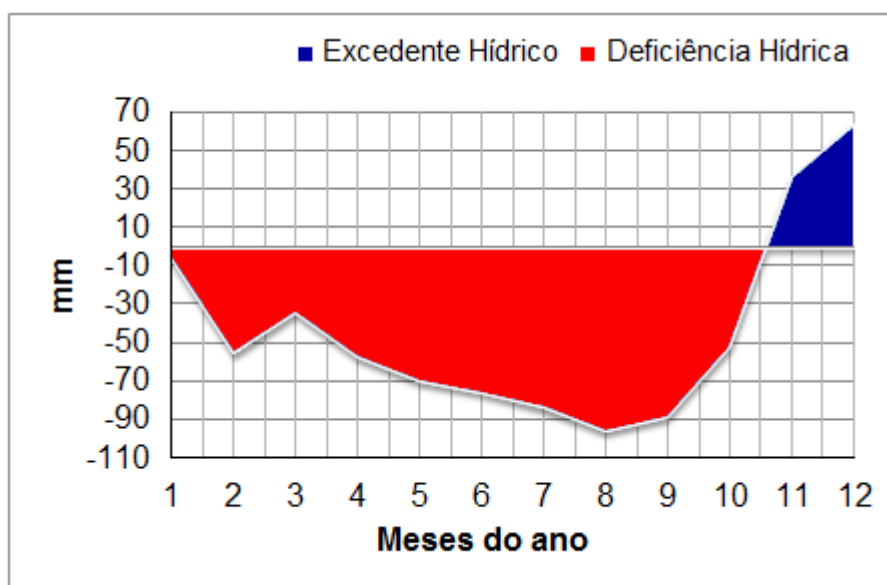


Figura 4. Extrato do balanço hídrico médio mensal no período de 1976 a 2010 para Itarana-ES.

A bacia do Córrego Sossego se caracteriza por apresentar intermitentes trechos do seu curso principal e a totalidade de alguns de seus afluentes nas épocas mais secas do ano. Lopes (2011) cita que o GEARH (2003) realizou a medição das vazões no exultório da bacia do Córrego Sossego em 2002, nos períodos secos e chuvosos, foram respectivamente, $0,05 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (agosto) e $0,44 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (dezembro).

A estatística da precipitação total mensal (mm) e total anual (mm) registradas na estação meteorológica de Itarana-ES são apresentadas na Tabela 2. Nesta observa-se a variabilidade da precipitação mensal e anual no período de 1976 a 2010.

A região de Itarana é caracterizada por chuvas escassas e irregulares (Tabela 2), com média histórica de precipitação total anual de 1113 mm.

Tabela 2. Estatísticas da precipitação total mensal (mm) e total anual (mm) na estação meteorológica de Itarana - ES, no período de 1976 a 2010.

Mês	N ⁽¹⁾	$\bar{X}$ ⁽²⁾	σ ⁽³⁾	CV ⁽⁴⁾	IC ⁽⁵⁾	LI ⁽⁶⁾	LS ⁽⁷⁾	Med ⁽⁸⁾	MIN ⁽⁹⁾	MAX ⁽¹⁰⁾
JAN	32	178	123	69	42	135	220	164	15	538
FEV	33	104	84	81	29	76	133	79	11	372
MAR	33	124	87	70	30	94	154	113	13	301
ABR	33	69	38	55	13	56	82	62	6	142
MAI	34	38	42	110	14	24	52	21	0	173
JUN	33	18	21	117	7	11	26	11	0	92
JUL	34	19	37	192	12	7	31	11	0	212
AGO	34	20	21	106	7	13	27	10	0	83
SET	34	35	31	87	10	25	45	27	3	150
OUT	34	97	74	76	25	72	122	84	12	334
NOV	33	185	119	64	41	144	225	164	26	487
DEZ	34	225	97	43	33	193	258	191	83	502
Anual	31	1113	270	24	95	1018	1208	1084	683	1661

⁽¹⁾ Número de observações; ⁽²⁾ Média (mm); ⁽³⁾ Desvio padrão; ⁽⁴⁾ Coeficiente de variação; ⁽⁵⁾ Intervalo de confiança a 95%; ⁽⁶⁾ Limite inferior do intervalo de confiança a 95%; ⁽⁷⁾ Limite superior do intervalo de confiança a 95%; ⁽⁸⁾ Mediana; ⁽⁹⁾ Valor mínimo; ⁽¹⁰⁾ Valor máximo.

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger (1936) esta região é classificada como Aw (clima tropical com estação seca no período do inverno), designação dada aos climas megatérmicos, em que todos os meses do ano têm temperatura média mensal superior a 18°C, com pelo menos um mês do ano com precipitação média total inferior a 60 mm. Com duas estações: uma estação seca durante o inverno, durante a qual a evapotranspiração excede largamente a precipitação; e uma estação chuvosa ou úmida, com precipitação sempre superior à evapotranspiração potencial, permitindo a reposição das reservas hídricas na biomassa, nos solos e nos aquíferos.

3.2. Eficiência de irrigação (E_i) em sistemas de irrigação localizada

Na estimativa da eficiência de aplicação de água dos sistemas de irrigação localizada foi considerada a diferença entre a quantidade captada e a que é efetivamente aproveitada pela planta. Para o cálculo da eficiência do sistema foram estimadas todas as perdas possíveis, que ocorrem no sistema de irrigação, sendo: perda por percolação, por evaporação e arraste pelo vento e perda por vazamento no sistema de condução de água.

3.2.1. Eficiência de distribuição (E_d) da água nas lavouras

Considerando que a eficiência de distribuição para 80% da área adequadamente irrigada (ED_{80}) é aproximadamente igual ao coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), ou seja, $E_d \approx CUC$. Foram avaliados 22 sistemas de irrigação localizada em lavouras irrigadas na bacia do Córrego Sossego. Dos 22 sistemas avaliados foram: sete microaspersão em lavouras de banana; cinco microaspersão em lavouras de mamão; cinco microaspersão e cinco microspray em lavouras de café conilon. Consistindo na coleta de dados de vazões aplicadas e as efetivamente utilizadas pelas plantas.

Para a coleta de dados no campo e seu processamento, foi utilizada a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975). Para tanto, foram coletadas as vazões em quatro emissores ao longo da linha lateral, utilizando a seguinte proporção: o primeiro gotejador; o segundo situado a 1/3; o terceiro a 2/3 do comprimento da linha lateral; e o último gotejador.

Foram escolhidas quatro linhas dentro do setor, resultando assim em 16 valores de vazões. As linhas laterais foram dispostas na linha de derivação da seguinte forma: a primeira linha lateral; a linha lateral situada a 1/3; a linha lateral situada a 2/3; e a última linha lateral.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) foi obtido através da equação 16:

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n \bar{q}} \right) \quad (16)$$

em que

q_i = vazão de cada gotejador ($L h^{-1}$);

$\bar{q}$ = vazão média dos gotejadores ($L h^{-1}$);

n = número de gotejadores.

Para a coleta das vazões dos emissores foi utilizado provetas graduadas com precisão de dois milímetros, e, para aferição das pressões no início e final das linhas laterais, foi utilizado manômetro Lube Fer de rosca $\frac{1}{4}$, leitor de 100 PSI / 7 bar, classe B.

O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foi obtido através da equação 17:

$$CUD = \frac{L_q}{L_m} 100 \quad (17)$$

em que

L_q = média de 25% dos menores valores de vazões observadas ($L h^{-1}$);

L_m = média de todas as vazões observadas ($L h^{-1}$).

3.2.2. Eficiência durante a aplicação (E_a)

A eficiência durante a aplicação da água nos sistemas de irrigação foi calculada pela equação 18.

$$E_a = 1 - P_{Ev + Arraste} \quad (18)$$

em que

E_a = eficiência durante a aplicação (decimal);

$P_{Ev + Arraste}$ = perda por evaporação e arrastamento pelo vento.

Considerando que em irrigações localizadas, não há perdas por evaporação e arrastamento pelo vento, a eficiência durante a aplicação (E_a) foi considerada igual a um, ou seja, $E_a = 100\%$.

3.2.3. Cálculo da eficiência de irrigação (E_i)

A eficiência de irrigação (E_i) foi determinada utilizando a equação 19:

$$E_i = E_a \times E_d \times E_c \quad (19)$$

em que

E_c = eficiência de condução (decimal).

A eficiência de condução resulta das perdas por vazamentos. Essas perdas dependem das condições de manutenção dos sistemas de irrigação (tubulações e conexões). Durante as pesquisas de campo, foram observados que os equipamentos, tubulações e conexões possuem boa manutenção. Não foram observados vazamentos nas tubulações, que na sua totalidade são de PVC soldável. Assim, sendo no cálculo da eficiência de irrigação (E_i) a eficiência de condução (E_c) foi considerada igual a 99%, ou seja, as perdas por vazamentos foram de 1%.

3.3. Demanda de água pelas culturas irrigada na Bacia do Córrego Sossego

3.3.1. Identificação das culturas irrigadas e suas respectivas áreas

Para a identificação das culturas irrigadas e suas respectivas áreas na bacia do córrego Sossego foi utilizado o Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES).

O GEOBASES é um sistema integrado multi-institucional, formado por instituições públicas e empresas privadas com interesse comum na área geoespacial. Tendo por objetivo a cooperação mútua entre as organizações que o integram. Sua base de dados abrange todo o Estado do Espírito Santo e conta com banco de dados associado à cartografia digital, integrando dados espaciais, dados temporais, imagens, texto e mapas, permitindo o cálculo de áreas. O acervo GEOBASES é voltado para processamento de informações com uso de SIG (Sistema de Informações Geográficas), integrando as bases para o processamento e a gestão espacial de informações, tanto pelo setor público como pelo privado. Sendo coordenado pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

Na Figura 5 observa-se uma das imagens geradas no aplicativo GEOBASES utilizado para identificar e calcular as áreas irrigadas e suas respectivas culturas.



Figura 5 – Imagem gerada no aplicativo GEOBASES utilizado para identificar as áreas irrigadas e suas respectivas culturas.

Para identificar as culturas plantadas na bacia do Córrego Sossego foram geradas no GEOBASES imagens coloridas impressas em papel A3. Depois, estas imagens foram verificadas “*in loco*” para as atualizações e correções necessárias. Posteriormente, através do aplicativo GEOBASES foi realizado a medição da área das culturas agrícolas localizadas ao longo de toda a bacia do Córrego Sossego.

Como observado na Figura 5, no aplicativo GEOBASES é demarcado um polígono entorno de cada gleba. Então, o aplicativo calcula a área da gleba.

Conhecendo o tamanho da área e a cultura de cada gleba, foi obtida a área total das espécies agrícolas cultivadas na bacia do Córrego Sossego.

3.3.2. Evapotranspiração de referência (ET_0)

Foram utilizados dados diários de temperatura máxima, temperatura mínima e temperatura média, da estação meteorológica de Itarana, Espírito Santo, ocorridos no período de 1978 a 2010, obtidos junto ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) para a determinação da evapotranspiração de referência (ET_0 , em mm d^{-1}) pela equação 5 de Hargreaves e Samani (1985), descrita por Allen et al., 1998.

$$ET_0 = 0,0023 Ra (T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}})^{0,5} (T_{\text{méd}} + 17,8) \quad (5)$$

Através da evapotranspiração de referência (ET_0) diária do período de 1976 a 2010, foram obtidas médias diárias e mensais da ET_0 .

3.3.3. Evapotranspiração da cultura

Evapotranspiração da cultura (ET_C) foi determinada através da equação 7.

$$ET_C = ET_0 \cdot K_C \cdot K_S \cdot K_L \quad (7)$$

Estudos conduzidos por Lopes (2011) na bacia do Córrego Sossego, com o acompanhamento das irrigações realizadas pelos agricultores locais demonstraram que de modo geral as irrigações não acompanharam a irrigação real necessária (IRN); no caso da banana, a quase totalidade das aplicações foram superiores ao necessário.

Então, a partir da análise dos dados obtidos por Lopes (2011), associado as observações de campo para caracterizar a demanda de água na bacia do Córrego Sossego, o coeficiente de umidade do solo (K_S) foi estimado em: $K_S = 1$ para as culturas de banana, café conilon, mamão, lima ácida 'Tahiti', maracujá e olerícolas; $K_S = 0,8$ para demais culturas (manga, milho, feijão, coco, abacate, pinha e graviola).

O coeficiente da cultura (K_C) utilizado foi de acordo com a cultura, levando em consideração a espécie e a idade da cultura com maior necessidade hídrica. Na Tabela 3 estão relacionados os K_C adotados para as culturas agrícolas irrigadas na bacia do Córrego Sossego.

O K_C das culturas do inhame (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) e da Graviola (*Annona muricata* L.) não foram encontrados na literatura.

Para a adoção do K_C de 1,10 para a cultura do inhame, foram levados em consideração: a) local com elevada demanda evapotranspirométrica; b) espécie altamente sensível ao déficit de água no solo, não tolerando erros de manejos durante todo o seu ciclo.

Para a cultura da graviola, foi adotado o K_C da pinha (*Annona squamosa* L.). Uma vez que, essas espécies pertencerem ao mesmo gênero *Annona*, com condições de cultivos semelhantes.

Tabela 3. Coeficiente da cultura (K_C) das culturas agrícolas irrigadas na bacia do Córrego Sossego.

Cultura	* K_C	Fonte:
Banana (<i>Musa</i> spp)	1,10	Perez Regalado (1974) citado por Oliveira (1999).
Café (<i>Coffea arábica</i> L. e <i>C. canephora</i> Pierre)	1,10	Santinato et al (sd) citados por Faria & Rezende (1997).
Inhame (<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott)	1,10	Não encontrado na literatura
Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> L.)	1,05	Doorenbos; Pruitt, 1997 citados por Mantovani et al. (2009)
Maracujá (<i>Passiflora edulis</i> Sims)	1,10	Alencar (2000)
Manga (<i>Mangifera indica</i> L.)	0,90	Simão et al. 2004
Milho (<i>Zea mays</i> L.)	1,20	Doorenbos; Pruitt, 1997 citados por Mantovani et al. (2009)
Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	1,20	Doorenbos; Pruitt, 1997 citados por Mantovani et al. (2009)
Jiló (<i>Solanum gilo</i> Raddi)	1,10	Marouelli (2001)
Berinjela (<i>Solanum melongena</i> L.)	1,10	Marouelli (2001)
Pimentão (<i>Capsicum annum</i> L.)	1,05	Allen et al. (1998)
Mamão (<i>Carica papaya</i> L.)	0,90	Montenegro et al. (2003)
Quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i> L.)	1,00	Paes (2003).
Coco (<i>Cocos nucifera</i> L.)	1,00	Miranda et al. (2006)
Abacate (<i>Persea americana</i> Miller)	0,95	Conceição (2004)
Pinha (<i>Annona squamosa</i> L.)	0,70	MOURA (1981)
Graviola (<i>Annona muricata</i> L.)	0,70	Não encontrado na literatura, sendo utilizado o K_C da pinha
Lima ácida 'Tahiti' (<i>Citrus latifolia</i> Tanaka)	1,18	Barboza Junior (2007)

* Foram adotados o K_C para a fase mais críticas de cada cultura.

O K_L utilizado na equação 7, como fator de correção devido à localização da água de irrigação, em função da fase de desenvolvimento, do espaçamento, da área molhada e da área sombreada (Tabela 4). É importante ressaltar que os K_L adotados são característicos apenas da bacia do Córrego Sossego, podendo ser diferentes em outras localidades não avaliadas por esta pesquisa.

Tabela 4. Coeficiente de localização (K_L) para as culturas irrigadas na bacia do Córrego Sossego, obtido pela metodologia de Keller-Bliesner (1990).

Cultura	K_L
Banana	1,00
Café	0,96
Inhame	1,00
Tomate	0,85
Maracujá	0,77
Manga	0,95
Milho	1,00
Feijão	1,00
Jiló	0,89
Berinjela	0,89
Pimentão	0,84
Mamão	0,92
Quiabo	0,97
Coco	0,77
Abacate	0,95
Pinha	0,95
Graviola	0,95
Lima ácida 'Tahiti'	0,91

3.3.4. Irrigação total necessária

A irrigação total necessária diária (ITN_d) foi determinada utilizando a equação 20 simplificada para condições de irrigação total:

$$ITN_d = \frac{\sum ET_c}{E_i} \quad (20)$$

em que

ITN_d = lâmina total de irrigação necessária diária (mm);

$\sum ET_c$ = somatório da evapotranspiração da cultura ($mm\ d^{-1}$);

E_i = eficiência de irrigação, em decimal.

A eficiência de irrigação foi ponderada de acordo com o tamanho da área de cada cultura instalada na bacia.

Para irrigação total necessária mensal (ITN_m) a equação 20 foi alterada, passando a considerar a precipitação efetiva (P_e):

$$ITN_m = \frac{\sum ET_c - P_e}{E_i} \quad (21)$$

A precipitação efetiva (P_e) foi determinada através do método proposto pelo USDA Soil Conservation Service (USDA-SCS) desenvolvido por meio de balanços hídricos relacionando-se a entrada da precipitação total com as saídas por escoamento superficial e percolação, bem como a água retida na zona radicular, para várias culturas.

Então a partir dos dados de precipitação média mensal foram estimadas as Precipitações efetivas (P_e) utilizando o método proposto pelo USDA Soil Conservation Service (USDA-SCS), apresentado nas equações 14 e 15.

$$P_e = \frac{P_{total} (125 - 0,2 P_{total})}{125} \quad \text{se } P_{total} < 250 \text{ mm} \quad (14)$$

$$P_e = 125 + 0,1 P_{total} \quad \text{se } P_{total} > 250 \text{ mm} \quad (15)$$

3.3.5. Volume de água demandada por cultura irrigada

O volume diário e mensal de água requerida pela cultura foi calculado através da equação 22:

$$V_{adc} = ITN \cdot A \quad (22)$$

em que

V_{adc} = volume de água requerida pela cultura (m^3);

ITN = lâmina total de irrigação necessária (mm);

A = área total da cultura na bacia (ha).

O volume de água demandada por cultura, também foi calculado por unidade de área (ha), equação 23:

$$V_{adc/área} = ITN \quad (23)$$

em que

$V_{\text{adc}/\text{área}}$ = volume de água demandada por cultura ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$);

ITN = lâmina total de irrigação necessária (mm).

3.3.6. Volume total de água demandada por todas as culturas irrigadas na bacia do Córrego Sossego

O volume total de água demandada por todas as culturas irrigadas na bacia do Córrego Sossego foi obtido através do somatório dos volumes de água demandada por cultura irrigada na bacia, conforme a equação 24.

$$V_{\text{adb}} = V_{\text{adc}} \text{ Cultura } 1 + \dots + V_{\text{adc}} \text{ Cultura } n \quad (24)$$

em que

V_{adb} = volume total diário de água demandada por todas as culturas irrigadas na bacia do Córrego Sossego (m^3).

3.3.7. Vazão de água demandada para irrigação

Para o cálculo da vazão de água demandada para irrigação foi utilizada a equação 25:

$$Q_{\text{adb}} = \frac{V_{\text{adb}}}{\text{TC}} \quad (25)$$

em que

Q_{adb} = vazão de água demandada na bacia ($\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$);

V_{adb} = volume diário de água demandada pelas culturas irrigadas na bacia (m^3).

TC = tempo de captação do V_{adb} (h).

A vazão de água demandada na bacia (Q_{adb}) foi calculada para os tempos de captação do V_{adb} (TC) igual à: 3 h, 6 h, 9 h, 12 h, 15 h, 18 h, 21 h e 24 h.

4. Resultado e Discussão

4.1. Identificação das culturas irrigadas e suas respectivas áreas

Através da utilização do Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES), associado à visita in loco para aferições das imagens obtidas no GEOBASES foram identificadas: 23 espécies sendo cultivado na bacia, um viveiro de mudas, além de 94,92 ha em áreas abertas destinadas a diversos cultivos, principalmente, anuais.

Na Tabela 5 são apresentadas as espécies agrícolas cultivadas na bacia do Córrego Sossego com suas respectivas áreas irrigadas. Totalizando 1.119,39 ha cultivados.

Tabela 5. Quantitativos das áreas (ha) cultivadas por culturas agrícolas na bacia do Córrego Sossego, identificadas e calculadas no período de 15/07 a 10/09/2012.

Cultura	Área (ha)	%
Café conilon	450,32	40,23
Café arábica	89,70	8,01
Café conilon + banana	10,09	0,90
Lima ácida 'Tahiti'	20,37	1,82
Manga	13,48	1,20
Banana	175,77	15,70
Mamão	16,89	1,51
Cacau	4,76	0,43
Graviola	1,51	0,13
Pinha	1,55	0,14
Abacate	2,85	0,25
Coco	2,13	0,19
Maracujá	0,52	0,05
Inhame	48,44	4,33
Quiabo	13,02	1,16
Berinjela	0,51	0,05
Tomate	32,34	2,89
Pimentão	0,16	0,01
Jiló	7,08	0,63
Milho	14,26	1,27
Feijão	1,76	0,16
Capim Napier	0,68	0,06
Cana forrageira	6,01	0,54
Viveiro	0,80	0,07
Área aberta para cultivos diversos	94,92	8,48
Eucalipto	109,47	9,78
Total	1119,39	100

Na Tabela 6 as espécies agrícolas cultivadas na bacia do Córrego Sossego descritas na Tabela 5, foram segmentas. Havendo o predomínio da cafeicultura com 500,11 ha (49,14%), seguido da fruticultura com 239,83 ha (21,43%, dos quais 15,70% são atribuídos à bananicultura), olericultura com 101,55 ha (9,07%), eucalipto com 109,47 ha (9,78%), áreas abertas com 94,92 ha (8,48%) e outros cultivos com 23,51 ha (2,10%). Poloni (2010), em pesquisa realizada nesta mesma bacia hidrográfica observou a existência de 2.329,76 ha de pastagens e 1.874,53 ha de florestas nativas.

Tabela 6. Quantitativos das áreas cultivadas (ha) por seguimento na bacia do Córrego Sossego.

Seguimento	Área (ha)	%
Cafeicultura	550,11	49,14
Fruticultura	239,83	21,43
Olericultura	101,55	9,07
Área aberta	94,92	8,48
Eucalipto	109,47	9,78
Outros cultivos	23,51	2,10
Total	1119,39	100

As áreas irrigadas por localidade na bacia do Córrego Sossego estão descritas na Tabela 7. Existindo 1.009,94 ha de cultivo irrigado, correspondendo a 90,22% de 1.119,39 ha cultivados nesta bacia hidrográfica.

Com a exceção da cultura eucalipto todos os demais cultivos relacionados na Tabela 5 são irrigados na totalidade de suas respectivas áreas.

Na Tabela 7, é apresentada a distribuição percentual das áreas com cultivos irrigados por localidades ao longo da bacia do Córrego Sossego. Da cabeceira da bacia até a foz, as localidades com seus respectivos percentuais irrigados são: Alto Sossego (7,13%), Lariato (9,37%), Alto Bananal (4,77%), Bananal (14,74%), Meneghel (1,93%), Penedo (5,97%), Boa Vista (0,96%), Sossego (8,71%), Santa Helena (8,53%), Rizzi (4,50%), Baixo Sossego (11,63%), Marquez (5%), Matutina (10,16%), Santa Rita (1,92%) e Foz (0,38%).

Ao longo de toda a bacia todas as propriedades rurais captam água para irrigação, com isso as comunidades de Baixo Sossego, Marquez, Santa Rita e Foz são as que mais sofrem com a falta d'água para irrigação. É comum a ocorrência de trechos totalmente secos ao longo do Córrego Sossego, resultantes da captação excessiva, ou seja, maior que a vazão mínima.

Tabela 7. Quantitativos das áreas (ha) irrigadas por localidade na bacia do Córrego Sossego.

Total por localidade	Área (ha)	%
Alto Bananal	48,13	4,77
Alto Sossego	72,01	7,13
Baixo Sossego	117,42	11,63
Bananal	148,84	14,74
Boa Vista	9,73	0,96
Córrego Boa Vista	43,61	4,32
Foz	3,84	0,38
Loriato	94,59	9,37
Marquez	50,50	5,00
Matutina	102,58	10,16
Meneghel	19,50	1,93
Penedo	60,27	5,97
Rizzi	45,46	4,50
Santa Helena	86,10	8,53
Santa Rita	19,43	1,92
Sossego	87,93	8,71
Total	1009,94	100

4.2. Avaliação dos sistemas de irrigação

4.2.1. Uniformidade de aplicação de água dos sistemas avaliados na bacia do Córrego Sossego

Os dados de teste para a CUC > 70% geralmente forma uma distribuição em forma de sino normal e é razoavelmente simétrica em torno da média (KELLER; BLIESNER, 1990).

Ainda de acordo com Keller e Bliesner (1990), um valor de coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) baixo indica que as perdas devido à percolação profunda podem ser grandes se a irrigação adequada é aplicada a todas as áreas. Mesmo para culturas de baixo valor econômico, valores de CUC < 75% são considerados baixos. Para as culturas de valor econômico mais elevado o CUC > 84% é recomendado. No entanto, a uniformidade ótima é determinada pelo valor econômico da cultura, pelo valor da água aplicada e pela resposta das culturas à irrigação e aos déficits hídricos. Neste, caso como as culturas irrigadas na bacia do Córrego Sossego possuem elevado valor econômico, região em que a água é escassa, o CUC ótimo recomendado é superior a 84%.

Na Tabela 8 são apresentados os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) para os sistemas de irrigação localizada por microaspersão e microspray na bacia do Córrego Sossego.

Tabela 8. Resultados dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) em de sistemas de irrigação de lavouras de café conilon (C), de mamão (M) e de banana (B), irrigadas por microaspersão (Masp) e microspray (Mspray), distribuídas nas propriedades avaliadas na bacia do Córrego Sossego.

Amostra	CUC (%)
Masp1C	88
Masp2C	61
Masp3C	50
Masp4C	94
Masp5C	92
Mspray1C	86
Mspray2C	95
Mspray3C	42
Mspray4C	87
Mspray5C	88
Masp1M	83
Masp2M	88
Masp3M	81
Masp4M	94
Masp5M	91
Masp1B	90
Masp2B	92
Masp3B	96
Masp4B	85
Masp5B	93
Masp6B	95
Masp7B	95
Média Geral	85

Os coeficientes de uniformidade de Christiansen variaram de 42% a 96%. As amostras Mspray3C, Masp3C e Masp2C apresentaram os piores CUC, sendo 42%, 50% e 61%, respectivamente. Nos três casos, foram observados entupimentos de emissores, sendo que na amostra Masp3C não havia filtros no sistema de irrigação.

Todas as propriedades localizadas nesta bacia possuem sistemas de irrigação instalados. Mas de modo geral, todos esses sistemas foram instalados sem projetos de dimensionamento e de manejo. Assim, mesmo que a instalação seja feita de maneira criteriosa e baseado em experiência de campo, a falta de um

dimensionamento adequado das perdas de carga, pressão disponível, potencia da motobomba, entre outros aspectos técnicos relevantes para um adequado funcionamento do sistema de irrigação, implica em problemas sérios e que valores de uniformidade e eficiência de irrigação sejam obtidos por mero acaso. Vale ressaltar, que normalmente os setores são pequenos, com poucas linhas laterais e poucos emissores por linhas laterais, o que nos casos em que os sistemas foram instalados com suas linhas laterais em nível, contribuem para valores de CUC acima de 84%, mesmo não havendo dimensionamento.

Os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) para os sistemas de irrigação localizada por microaspersão e microspray na bacia do Córrego Sossego, também podem ser observados na Figura 6.

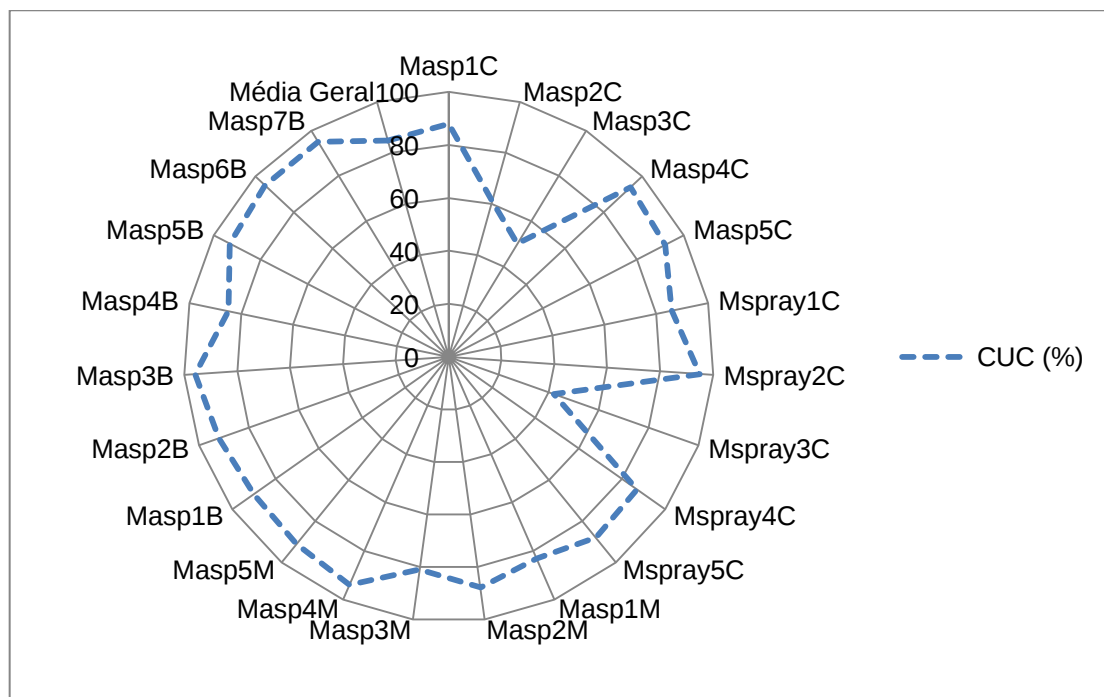


Figura 6. Representação gráfica dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) dos sistemas de irrigação avaliados.

Durante as pesquisas de campo foram avaliados sistemas de irrigação para as seguintes culturas: café conilon, banana e mamão. Essas culturas possuem áreas correspondendo a 49,14%, 15,7% e 1,51% do total irrigado na bacia.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen para os sistemas de irrigação utilizadas na cultura do café conilon variou de 42% a 95%, com média de 82%. Na cultura do café conilon, há um predomínio da irrigação por microaspersão e por microspray. Não havendo lavouras irrigadas por gotejamento.

As lavouras de café conilon irrigadas por microaspersão apresentaram um CUC variando de 50% a 94%, com média de 77%. Como pode ser observado na Tabela 9 e Figura 7, nas amostras Masp4C, Masp5C e Masp1C, o CUC foi de 94%, 92% e 88%, respectivamente, ambos considerados altos pelos critérios de Keller e Bliesner (1990). Os baixos valores do CUC para as amostras Masp3C (50%) e Masp2C (61%) estão relacionados com a ocorrência de entupimentos dos emissores, resultando em desuniformidade da vazão entre os microaspersores.

Tabela 9. Resultados do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) em sistemas de irrigação de lavouras de café conilon irrigadas por microaspersão distribuídas ao longo da bacia do Córrego Sossego.

Microaspersão na cultura do café conilon	
Amostra	CUC (%)
Masp1C	88
Masp2C	61
Masp3C	50
Masp4C	94
Masp5C	92
Média	77,0

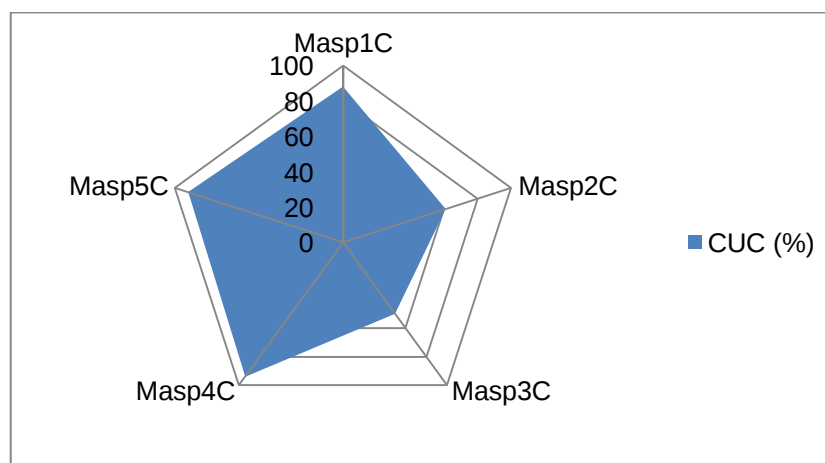


Figura 7. Representação gráfica dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) sistemas de irrigação de lavouras de café conilon irrigadas por microaspersão avaliadas na bacia do Córrego Sossego.

Durante a avaliação da amostra Masp3C, dos 16 emissores avaliados quatro estavam totalmente entupidos, ou seja, com vazão igual a zero. Enquanto, os demais emissores apresentaram vazões variando de 40 a 47 L h⁻¹. Quando os quatro emissores entupidos foram desconsiderados no cálculo do CUC, a amostra

Masp3C teve um CUC igual a 94%. Vale ressaltar, que o sistema de irrigação localizada por microaspersão referentes à amostra Masp3C não possui filtro.

Na Tabela 10 e Figura 8 estão apresentados os valores dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) para sistemas de irrigação por microspray avaliados. Nas lavouras de café conilon irrigadas por microspray o CUC variou de 42% a 95%, com média de 79,6%. Das cinco amostras avaliadas, o CUC da amostra Mspray3C foi o único com valor considerado baixo pelos critérios de Keller e Bliesner (1990). As demais amostras apresentaram valores de CUC acima de 84%, ou seja, considerados altos valores pelos mesmos critérios.

Tabela 10. Resultados do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) em sistemas de irrigação de lavouras de café conilon irrigadas por microspray distribuídas ao longo da bacia do Córrego Sossego.

Microspray cultura do café conilon	
Amostra	CUC (%)
Mspray1C	86
Mspray2C	95
Mspray3C	42
Mspray4C	87
Mspray5C	88
Média	79,6

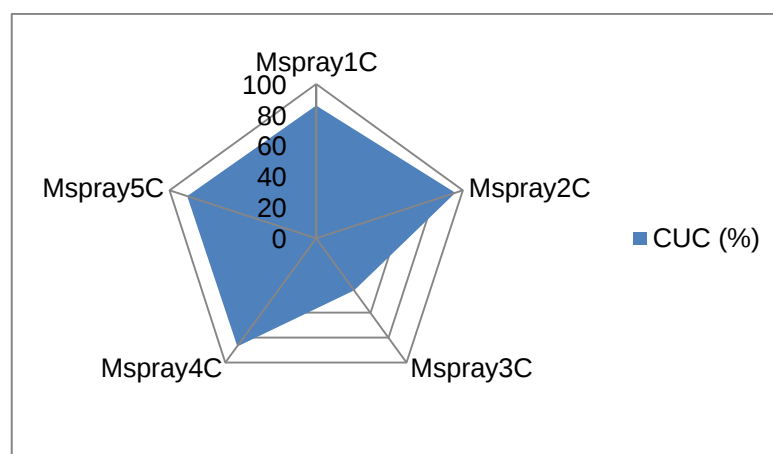


Figura 8. Representação gráfica dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) em sistemas de irrigação nas lavouras de café conilon irrigadas por microspray avaliadas na bacia do Córrego Sossego.

Nas avaliações do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) nas lavouras de banana irrigadas por microaspersão o CUC variou de 85% a 95%, com média de 92%. Na Tabela 11 e Figura 9 estão relacionados os valores do CUC

obtido nas sete amostras analisadas. Segundo os critérios de classificação quanto ao CUC adotados por Keller; Bliesner (1990), os valores dos CUC foram considerados altos.

Tabela 11. Resultados do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) em sistemas de irrigação nas lavouras de banana irrigadas por microaspersão distribuídas ao longo da bacia do Córrego Sossego.

Microaspersão na cultura da banana	
Amostra	CUC (%)
Masp1B	90
Masp2B	92
Masp3B	96
Masp4B	85
Masp5B	93
Masp6B	95
Masp7B	95
Média	92,3

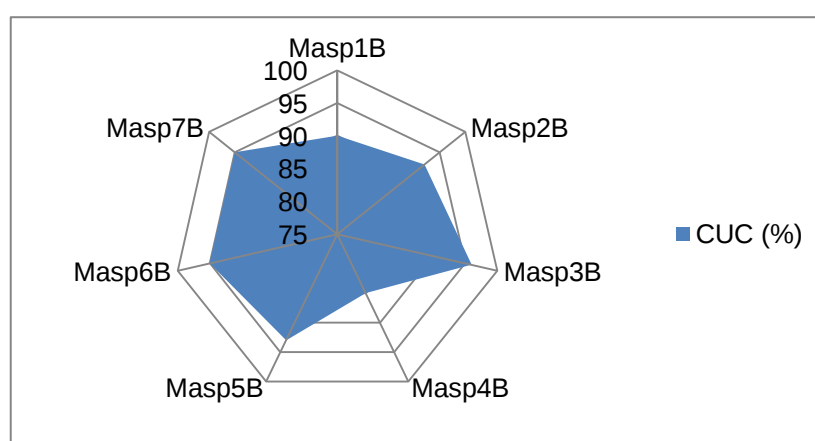


Figura 9. Representação gráfica dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) em sistemas de irrigação nas lavouras de banana irrigadas por microaspersão avaliadas na bacia do Córrego Sossego.

Durante os trabalhos de avaliação do sistema de irrigação na lavoura referente à amostra Masp4B, com CUC igual a 85%, que apesar de ser considerado alto segundo os critérios de classificação adotados por Keller e Bliesner (1990), está destoando das demais amostras com CUC de 90 a 96%, as vazões foram coletadas na 1.^a linha lateral, na linha lateral de 1/3, na linha lateral de 2/3 e na última linha lateral. As cotas do terreno aumentam da 1.^a linha lateral no sentido da última linha lateral. A vazão média encontrada na linha lateral de 1/3, na linha lateral de 2/3 e na última linha lateral são respectivamente, 22%, 32% e 35% maiores que a vazão

média da 1.^a linha lateral. Esses valores estão associados à falta de dimensionamento técnico do sistema de irrigação, agravado pela declividade acentuada do terreno. Sendo, que a pressão no final de cada linha lateral foi: 1.^a linha lateral (10 mca), linha lateral de 1/3 (5 mca), linha lateral de 2/3 (2 mca) e na última linha lateral (1,4 mca). Os emissores não são autocompensantes, todos estavam com a vazão medida menor que nominal de 80 L h⁻¹.

Nas lavouras de mamão irrigadas por microaspersão o CUC variou de 81% a 94%, com média de 87%. Na Tabela 12 e Figura 10 são apresentados os valores do CUC obtido nas cinco amostras avaliadas. As melhores amostras foram: Masp4M, Masp5M e Masp2M, com CUC de 94%, 91% e 88%, respectivamente. Os resultados das amostras Masp1M e Masp3M foram de 83% e 81%, respectivamente, considerados conforme a Keller e Bliesner (1990) como valores medianos.

Tabela 12. Resultados do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) em sistemas de irrigação nas lavouras de mamão irrigadas por microaspersão distribuídas ao longo da bacia do Córrego Sossego.

Microaspersão na cultura do mamão	
Amostra	CUC (%)
Masp1M	83
Masp2M	88
Masp3M	81
Masp4M	94
Masp5M	91
Média	87,4

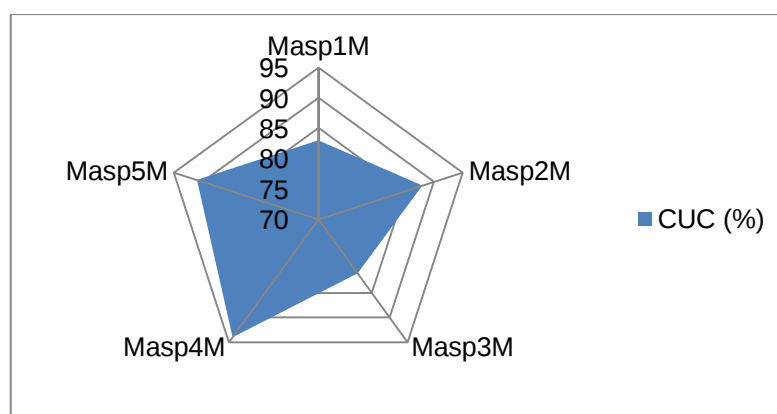


Figura 10. Representação gráfica dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) em sistemas de irrigação nas lavouras de mamão irrigadas por microaspersão avaliadas na bacia do Córrego Sossego.

Na Tabela 13 são apresentados os valores do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) para os sistemas de irrigação localizada por microaspersão e microspray na bacia do Córrego Sossego.

Tabela 13. Resultados dos coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD) em sistemas de irrigação nas lavouras de café conilon (C), de mamão (M) e de banana (B), irrigadas por microaspersão (Masp) e microspray (Mspray), distribuídas nas propriedades avaliadas na bacia do Córrego Sossego.

Amostra	CUD (%)
Masp1C	83
Masp2C	49
Masp4C	91
Masp5C	90
Mspray1C	73
Mspray2C	92
Mspray4C	77
Mspray5C	84
Masp1M	67
Masp2M	81
Masp3M	74
Masp4M	88
Masp5M	83
Masp1B	84
Masp2B	89
Masp3B	95
Masp4B	82
Masp5B	86
Masp6B	90
Masp7B	94
Média Geral	78

Os coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD) variaram de 49% a 95%.

Nas lavouras de café conilon irrigadas por microaspersão observou-se um CUD variando de 49% a 91%, com média de 78%. Nas lavouras de café conilon irrigadas por microspray o CUD médio foi de 82%, com variação de 73% a 92%.

Nas avaliações do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) em sistemas de irrigação nas lavouras de banana irrigadas por microaspersão o CUD variou de 82% a 95%, com média de 89%.

Lopes (2011) em trabalho de pesquisa nesta mesma bacia hidrográfica avaliou os sistemas de irrigação localizada por microaspersão e microspray. Na cafeicultura

obteve CUD médios de 92,3% e 78,3%, para lavouras irrigadas por microaspersão e microspray, respectivamente. Já nas lavouras de banana irrigadas por microaspersão encontrou o CUD médio de 87%.

4.2.2. A eficiência de irrigação (E_i)

Os resultados das avaliações da eficiência de irrigação (E_i) na bacia do Córrego Sossego estão apresentados na Tabela 13, com média de 84%.

Para os sistemas de irrigação por microaspersão as eficiências de irrigação foram: 91%, 87% e 76%, respectivamente, para as culturas da banana, do mamão e do café conilon.

A eficiência de irrigação por microspray para a cultura do café conilon foi de 79%.

Mantovani e Lopes (2002) consideram que de maneira geral, quando um sistema de irrigação localizada (microaspersão, microspray e gotejamento) é bem dimensionado e manejado adequadamente, pode-se considerar uma eficiência de 90 a 95% como adequada.

Tabela 13. Resultados da eficiência de irrigação – E_i (%) na bacia do Córrego Sossego.

Amostra	E_i (%)
Microaspersão café conilon	76
Microspray café conilon	79
Microaspersão mamão	87
Microaspersão banana	91
Média Geral	84

Assim, sendo é nítido que com a exceção da irrigação por microaspersão da bananeira com 91% de eficiência de irrigação, os demais sistemas avaliados apresentaram valores de eficiência abaixo da faixa adequada.

Para Bernardo et al. (2008) a eficiência de irrigação é definida como a relação entre a quantidade de água armazenada no sistema radicular e a quantidade de total aplicada. A eficiência expressada em porcentagem e, na prática, sempre menor que 100%. Sendo assim, pode-se dizer que, quanto menor for a eficiência de irrigação, maior será a quantidade de água que deverá ser utilizada para que a lâmina necessária seja fornecida as plantas, resultando em maior consumo de água, de energia, maior tempo do sistema de irrigação ligado, maiores perdas por percolação

profunda abaixo do sistema radicular da planta. Quanto maior for a perda por percolação profunda, maior poderá ser a perda de nutrientes por lixiviação.

Quanto menor a eficiência de irrigação maior são as perdas de água. Consequentemente, para compensar as perdas de água, maior deverá ser a captação de água para suprir as necessidades hídricas das culturas irrigadas.

Deste modo, em uma bacia hidrográfica como a bacia do Córrego Sossego caracterizada por: chuvas escassas ao longo do ano cuja precipitação média anual é de 1113 mm, concentrada nos meses de novembro, dezembro e janeiro e alta demanda de água captada para irrigação por todos os agricultores, uma vez, que todas as áreas cultivadas com diversas culturas são irrigadas, quanto mais próximo de 100% for a eficiência de irrigação, menor serão as perdas por percolação e por vazamentos. Assim, para um mesmo volume de água disponível, quanto maior for a eficiência de irrigação, maior será a área adequadamente irrigada.

Se o sistema de filtragem e o dimensionamento dos sistemas de irrigação forem adequados tecnicamente, melhorando a eficiência de irrigação, acarretando na diminuição do volume total diário de água demandada. Na Tabela 14 estão apresentados os impactos da melhora da eficiência de irrigação no volume total diário de água demandada pelas culturas na bacia do Córrego Sossego.

Tabela 14. Impactos da melhora da eficiência de irrigação (E_i) no volume total diário de água demandada pelas culturas na bacia do Córrego Sossego.

Mês	Volume total diário de água demandada ($m^3 \text{ dia}^{-1}$)				
	⁽¹⁾ E_i atual (84%)	⁽²⁾ E_i 90%	⁽³⁾ E_i 95%	Δ_1 (1) - (2)	Δ_2 (1) - (3)
JAN	690.822	642.794	612.987	48.028	77.835
FEV	704.354	655.385	624.995	48.969	79.359
MAR	630.734	586.884	559.670	43.850	71.064
ABR	523.793	487.377	464.777	36.416	59.016
MAI	438.367	407.890	388.976	30.477	49.391
JUN	387.714	360.759	344.030	26.955	43.684
JUL	416.366	387.419	369.454	28.947	46.912
AGO	468.386	435.822	415.613	32.564	52.773
SET	528.915	492.143	469.322	36.772	59.593
OUT	604.562	562.531	536.447	42.031	68.115
NOV	620.040	576.933	550.180	43.107	69.860
DEZ	623.754	580.389	553.476	43.365	70.278

⁽¹⁾ Eficiência de irrigação atual na bacia do Córrego Sossego; ⁽²⁾ Eficiência de irrigação de 90%; ⁽³⁾ Eficiência de irrigação de 95%.

A economia de água com as melhorias da eficiência de irrigação nas condições atuais para a E_i de 90% correspondeu a 7% da demanda diária. Para E_i de 95% a economia de água foi de 11% no consumo diários de água.

Quanto maior a eficiência de irrigação, menor será a quantidade de água que deverá ser utilizada para que a lâmina necessária seja fornecida as plantas, resultando em menor consumo de água, de energia, menor tempo do sistema de irrigação ligado, menores perdas por percolação profunda abaixo do sistema radicular da planta. Quanto menor for a perda por percolação profunda, menor poderá ser a perda de nutrientes por lixiviação.

4.3. Caracterização da demanda de água para irrigação

Os valores referentes à evapotranspiração das culturas (ET_C) cultivadas na bacia do Córrego Sossego estão apresentados na Tabela 15. A estimativa da ET_C é de fundamental importância para o planejamento da irrigação nesta região produtora, podendo ser aplicada em modelos de predição de crescimento e produção dessas culturas.

A partir da determinação da ET_C das culturas relacionadas na Tabela 15 foram obtidas as seguintes informações: irrigação total necessária (Tabela 16); volume de água demandada diariamente (Tabela 17) e mensalmente (Tabela 18) por unidade de área; volume mensal de água demandada para irrigação por segmento (Figura 14) e a vazão de água demandada (Figura 15).

Estas informações são importantes para a geração de políticas de gestão das águas para fins de irrigação. Uma boa gestão da água, aliada a bons projetos de dimensionamento dos sistemas de irrigação e ao uso racional da água, permitindo o uso desta água por mais agricultores.

A menor ET_C ocorreu em junho, com aumento progressivo até o mês de fevereiro. A partir de fevereiro a ET_C decresce até junho. Esse cenário se repete para todas as culturas avaliadas, condizendo com as características climáticas do local, conforme mostrado nas Figuras 3 e 7 e na Tabela 1.

Tabela 15. Evapotranspiração da cultura (ET_c) em mm d^{-1} para as culturas irrigadas na bacia do Córrego Sossego durante os meses do ano.

Cultura	Evapotranspiração da Cultura (mm d^{-1})											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Banana	6,1	6,2	5,5	4,6	3,9	3,4	3,7	4,1	4,6	5,3	5,4	5,5
Café	5,8	5,9	5,3	4,4	3,7	3,3	3,5	3,9	4,5	5,1	5,2	5,3
Inhame	6,1	6,2	5,5	4,6	3,9	3,4	3,7	4,1	4,6	5,3	5,4	5,5
Tomate	5,6	5,7	5,1	4,3	3,6	3,2	3,4	3,8	4,3	4,9	5,0	5,1
Maracujá	4,7	4,8	4,3	3,5	3,0	2,6	2,8	3,2	3,6	4,1	4,2	4,2
Manga	3,8	3,8	3,4	2,9	2,4	2,1	2,3	2,6	2,9	3,3	3,4	3,4
Milho	5,3	5,4	4,8	4,0	3,4	3,0	3,2	3,6	4,1	4,6	4,8	4,8
Feijão	5,3	5,4	4,8	4,0	3,4	3,0	3,2	3,6	4,1	4,6	4,8	4,8
Jiló	5,4	5,5	4,9	4,1	3,4	3,0	3,3	3,7	4,1	4,7	4,8	4,9
Berinjela	5,4	5,5	4,9	4,1	3,4	3,0	3,3	3,7	4,1	4,7	4,8	4,9
Pimentão	4,9	5,0	4,4	3,7	3,1	2,7	2,9	3,3	3,7	4,3	4,4	4,4
Mamão	4,6	4,7	4,2	3,5	2,9	2,6	2,8	3,1	3,5	4,0	4,1	4,1
Quiabo	5,4	5,5	4,9	4,1	3,4	3,0	3,2	3,6	4,1	4,7	4,8	4,8
Coco	3,4	3,5	3,1	2,6	2,2	1,9	2,0	2,3	2,6	3,0	3,0	3,1
Abacate	4,0	4,1	3,6	3,0	2,5	2,2	2,4	2,7	3,0	3,5	3,6	3,6
Pinha	2,9	3,0	2,7	2,2	1,9	1,6	1,8	2,0	2,2	2,6	2,6	2,6
Graviola	2,9	3,0	2,7	2,2	1,9	1,6	1,8	2,0	2,2	2,6	2,6	2,6
Lima ácida 'Tahiti'	5,9	6,0	5,4	4,5	3,8	3,3	3,6	4,0	4,5	5,2	5,3	5,3

A partir da evapotranspiração da cultura e da eficiência de irrigação encontrados na bacia do Córrego Sossego foi calculada a irrigação total necessária diária (ITN_d) e mensal (ITN_m). Na Tabela 16 são apresentados os valores diários da ITN_d ao longo do ano para as culturas irrigadas na bacia do Córrego Sossego.

A IRN representa a quantidade de água necessária para a planta, mas durante a aplicação existem perdas, como evaporação e arraste, desuniformidade de distribuição e por vazamentos no sistema de irrigação. Assim deve-se acrescentar certa quantidade para compensar estas perdas. Para isto dividiu-se a IRN pela eficiência de irrigação.

O conhecimento da evapotranspiração é essencial para estimar a quantidade de água requerida para irrigação. O conhecimento do consumo de água nas diversas etapas de desenvolvimento das plantas cultivadas permite que a administração da irrigação seja feita de forma mais racional, de acordo com a real exigência da cultura.

Esse conhecimento também tem a sua importância na agricultura não irrigada, pois permite o planejamento de épocas de semeadura em função da disponibilidade hídrica média da região considerada, permitindo maior eficiência no aproveitamento das precipitações.

Tabela 16. Irrigação total necessária diária (ITN_d) para culturas irrigadas na bacia do Córrego Sossego durante os meses do ano.

Cultura	Irrigação Total Necessária Diária (mm d ⁻¹)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Banana	6,6	6,7	6,0	5,0	4,2	4,5	3,7	4,0	4,5	5,0	5,8	5,9
Café	7,1	7,2	6,5	5,4	4,5	4,0	4,3	4,8	5,4	6,2	6,4	6,4
Inhame	7,2	7,4	6,6	5,5	4,6	4,1	4,4	4,9	5,5	6,3	6,5	6,5
Tomate	6,7	6,8	6,1	5,1	4,3	3,8	4,0	4,5	5,1	5,9	6,0	6,0
Maracujá	5,6	5,7	5,1	4,2	3,5	3,1	3,4	3,8	4,3	4,9	5,0	5,0
Manga	5,6	5,7	5,1	4,3	3,6	3,2	3,4	3,8	4,3	4,9	5,0	5,1
Milho	5,9	6,0	5,4	4,5	3,7	3,3	3,5	4,0	4,5	5,1	5,3	5,3
Feijão	5,9	6,0	5,4	4,5	3,7	3,3	3,5	4,0	4,5	5,1	5,3	5,3
Jiló	6,4	6,6	5,9	4,9	4,1	3,6	3,9	4,4	4,9	5,6	5,8	5,8
Berinjela	6,4	6,6	5,9	4,9	4,1	3,6	3,9	4,4	4,9	5,6	5,8	5,8
Pimentão	5,8	5,9	5,3	4,4	3,7	3,3	3,5	3,9	4,4	5,1	5,2	5,2
Mamão	5,2	5,4	4,8	4,0	3,3	2,9	3,2	3,6	4,0	4,6	4,7	4,7
Quiabo	6,4	6,5	5,8	4,8	4,0	3,6	3,8	4,3	4,9	5,6	5,7	5,8
Coco	3,8	3,8	3,4	2,9	2,4	2,1	2,3	2,6	2,9	3,3	3,4	3,4
Abacate	4,4	4,5	4,0	3,4	2,8	2,5	2,7	3,0	3,4	3,9	4,0	4,0
Pinha	3,3	3,3	3,0	2,5	2,1	1,8	2,0	2,2	2,5	2,9	2,9	2,9
Graviola	3,3	3,3	3,0	2,5	2,1	1,8	2,0	2,2	2,5	2,9	2,9	2,9
Lima ácida 'Tahiti'	7,1	7,2	6,4	5,3	4,5	4,0	4,2	4,8	5,4	6,2	6,3	6,4

Como comentado anteriormente, conhecer a demanda de água para irrigação na bacia do Córrego Sossego é necessário para o desenvolvimento de políticas de gestão da irrigação realizada pelos agricultores.

As diferenças de valores encontrados para cada uma das culturas estão associadas às características destas espécies, tais como o K_C (coeficiente da cultura) e K_L (coeficiente de localização). A eficiência de irrigação também afetou os resultados destas demandas, quanto maior a eficiência menor é a demanda.

Na Tabela 17 apresenta-se a relação das culturas irrigadas na bacia do Córrego Sossego com seus respectivos volumes diários de água demandada em metros cúbicos por hectare, ou seja, volume de água por unidade de área.

Tabela 17. Volume diário de água demandada por unidade de área para as culturas exploradas na bacia do Córrego Sossego, em $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$.

Cultura	Volume diário de água demandada ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Banana	66	67	60	50	42	45	37	40	45	50	58	59
Café	71	72	65	54	45	40	43	48	54	62	64	64
Inhame	72	74	66	55	46	41	44	49	55	63	65	65
Tomate	67	68	61	51	43	38	40	45	51	59	60	60
Maracujá	56	57	51	42	35	31	34	38	43	49	50	50
Manga	42	43	38	32	27	24	25	28	32	37	38	38
Milho	59	60	54	45	37	33	35	40	45	51	53	53
Feijão	59	60	54	45	37	33	35	40	45	51	53	53
Jiló	64	66	59	49	41	36	39	44	49	56	58	58
Berinjela	64	66	59	49	41	36	39	44	49	56	58	58
Pimentão	58	59	53	44	37	33	35	39	44	51	52	52
Mamão	52	54	48	40	33	29	32	36	40	46	47	47
Quiabo	64	65	58	48	40	36	38	43	49	56	57	58
Coco	38	38	34	29	24	21	23	26	29	33	34	34
Abacate	44	45	40	34	28	25	27	30	34	39	40	40
Pinha	33	33	30	25	21	18	20	22	25	29	29	29
Graviola	33	33	30	25	21	18	20	22	25	29	29	29
Lima ácida 'Tahiti'	71	72	64	53	45	40	42	48	54	62	63	64
Áreas Abertas para cultivos	62	63	57	47	39	35	37	42	47	54	56	56

Conhecer a demanda por água para irrigação de cada uma destas culturas (Tabela 18) permitirá determinar qual o limite de área adequadamente irrigada por propriedade. Essa informação da demanda, aliada ao conhecimento da vazão hídrica disponível no local de captação da água para irrigação determinará quantos hectares de lavouras poderão ser plantados e adequadamente irrigados.

Na Tabela 18 observa-se a relação das culturas irrigadas na bacia do Córrego Sossego com seus respectivos volumes mensal de água demandada em metros cúbicos por hectare, ou seja, volume de água por unidade de área.

Tabela 18. Volume mensal de água demandada por unidade de área para as culturas exploradas na bacia do Córrego Sossego, em $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$.

Cultura	Volume mensal de água demandada ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Banana	2045	1883	1867	1500	1297	1110	1232	1386	1515	1789	1776	1846
Café	2202	2028	2011	1616	1397	1196	1327	1493	1632	1927	1913	1988
Inhame	2239	2062	2045	1643	1421	1216	1350	1518	1659	1960	1945	2022
Tomate	2076	1912	1896	1524	1318	1128	1251	1408	1538	1817	1804	1875
Maracujá	1724	1588	1574	1265	1094	936	1039	1169	1278	1509	1498	1557
Manga	1300	1197	1187	954	825	706	783	881	963	1137	1129	1173
Milho	1824	1680	1665	1338	1157	991	1099	1237	1351	1596	1584	1647
Feijão	1824	1680	1665	1338	1157	991	1099	1237	1351	1596	1584	1647
Jiló	1993	1835	1820	1462	1265	1082	1201	1351	1477	1744	1731	1799
Berinjela	1993	1835	1820	1462	1265	1082	1201	1351	1477	1744	1731	1799
Pimentão	1795	1654	1639	1317	1139	975	1082	1217	1330	1571	1560	1621
Mamão	1627	1499	1486	1194	1033	884	981	1103	1206	1424	1414	1469
Quiabo	1975	1818	1803	1449	1253	1072	1190	1339	1463	1728	1715	1783
Coco	1474	1358	1346	1082	936	801	889	1000	1092	1290	1281	1331
Abacate	1372	1263	1252	1007	870	745	827	930	1016	1201	1192	1239
Pinha	1011	931	923	742	641	549	609	685	749	885	878	913
Graviola	1011	931	923	742	641	549	609	685	749	885	878	913
Lima ácida 'Tahiti'	2186	2013	1996	1604	1387	1187	1317	1482	1620	1913	1899	1974
Áreas Abertas para cultivos	1945	1791	1775	1427	1234	1056	1172	1318	1441	1702	1689	1756

Os maiores volumes mensais de água demandada pelas culturas relacionadas na Tabela 18 são úteis ao dimensionamento de reservatórios de água para fins de irrigação. As maiores demandas ocorrem nos meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, em decorrência das maiores taxas de evapotranspiração ocorridas no período. A partir de março esses volumes de água decrescem até o mês de junho, quando começa haver um acréscimo progressivo.

O volume diário de água demandada para irrigação por segmento está apresentado na Tabela 19.

Tabela 19. Volume diário de água demandada para irrigação por segmento, em m³.

Mês	Volume diário de água demandada por segmento (m ³)						
	Banana	Cafeicultura	Fruticultura	Olericultura	Área aberta	Outros Cultivos	Total
JAN	115927	390781	35191	69918	66381	12624	690822
FEV	118198	398436	35880	71288	67681	12871	704354
MAR	105843	356791	32130	63837	60607	11526	630734
ABR	87898	296297	26682	53013	50331	9572	523793
MAI	73562	247974	22331	44367	42122	8011	438367
JUN	65062	219320	19750	39241	37255	7085	387714
JUL	69870	235528	21210	42140	40008	7609	416366
AGO	78600	264954	23860	47405	45007	8559	468386
SET	88757	299195	26943	53532	50823	9665	528915
OUT	101452	341986	30797	61188	58092	11048	604562
NOV	104049	350742	31585	62754	59579	11331	620040
DEZ	104672	352843	31774	63130	59936	11398	623754

As maiores demandas diárias de água pelas culturas irrigadas na bacia do Córrego Sossego ocorrem em fevereiro e janeiro, com 704.354 m³ e 690.822 m³, respectivamente. O mês de junho com 387.714 m³ teve a menor demanda diária.

A cafeicultura com 550,11 ha, representando 49,14% das áreas cultivadas na bacia do Córrego Sossego foi o segmento da agricultura irrigada com as maiores demandas por água para a irrigação. Com volume mensal demandado entre 219.320 m³ em junho e 398.436 m³ em fevereiro.

O volume mensal de água demandada pelas culturas está demonstrado na Figura 14. Este volume foi segmentado em cafeicultura, fruticultura, bananicultura, olericultura, áreas abertas para cultivos diversos, e em outros cultivos.

Observa-se na Figura 14 que o volume mensal de água demandada para irrigação por segmento está entre 11,6 milhões de m³ em junho a 21,4 milhões de m³ em janeiro. Esse comportamento está associado às características climáticas da região de estudo, o aumento das temperaturas favorece o aumento da demanda evapotranspirométrica das plantas.

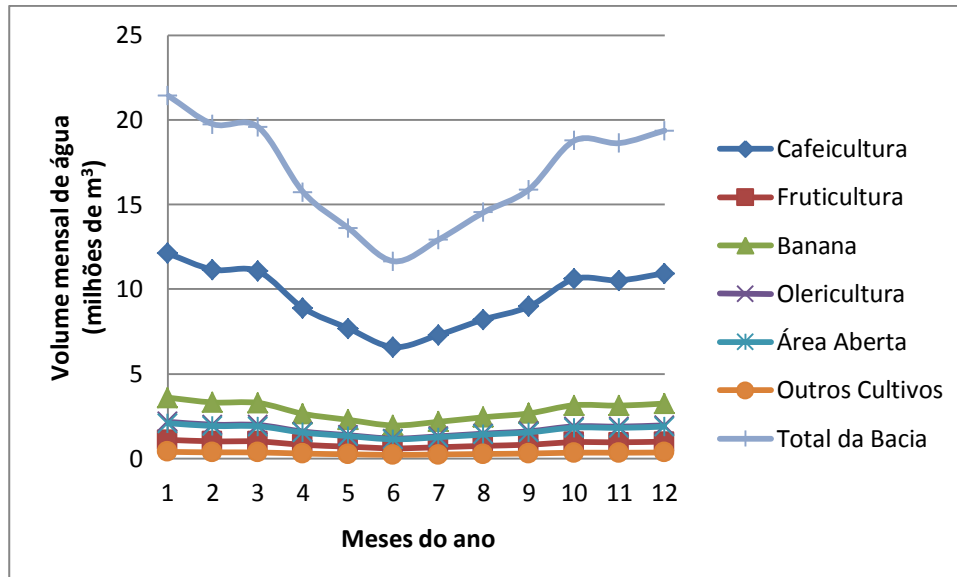


Figura 14. Volume mensal de água demandada para irrigação por segmento, em milhões de m³.

O consumo mensal de água pela cafeicultura de 6,6 a 12,1 milhões de m³, representando de 57% do volume total demandado pelas culturas em toda a bacia. Isto se deve principalmente pela cafeicultura ocupar 49,14% da área cultivada nesta bacia.

As vazões de água diária e mensal demandada pelas culturas irrigadas na bacia do Córrego Sossego estão apresentadas nas Figuras 15.

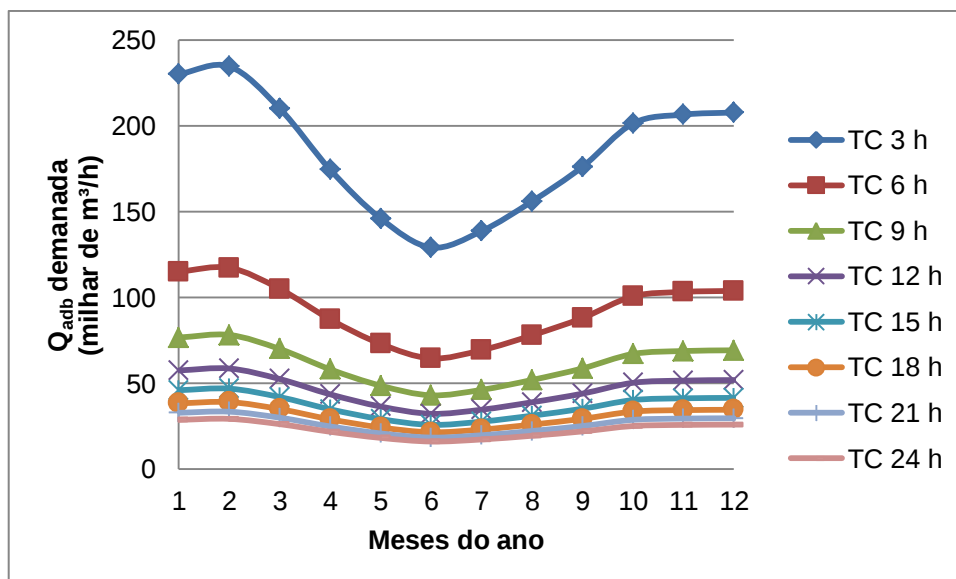


Figura 15. Variação da vazão (Q_{adb}) de água demandada para diferentes tempos de captação (TC) de água para irrigação na bacia do Córrego Sossego.

Como se observa nestas Figuras, para um mesmo volume de água, a vazão demandada para suprir as necessidades hídricas de todas as culturas localizadas na bacia do Córrego Sossego, é alterada em decorrência do tempo de captação diária (TC) de água para irrigação. Com o aumento do TC, ocorre a diminuição da vazão demandada.

Para exemplificar, na Figura 15 no mês de fevereiro a vazão de água demandada (Q_{adb}) é de $234.784392 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ para um tempo de captação do V_{adb} (TC) de 3 horas. Porém, com o aumento do TC para 9h e 24 h, a Q_{adb} é de $78.262 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e $29.348 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, respectivamente.

5. Conclusões

Foram identificadas 23 espécies cultivadas na bacia do Córrego Sossego, totalizando 1.119,39 ha cultivados, dos quais 1.009,94 ha (90,22%) são irrigados. A cafeicultura possui 500,11 ha (49,14%), seguido da fruticultura com 239,83 ha (21,43%), da olericultura com 101,55 ha (9,07%), do eucalipto com 109,47 ha (9,78%), de áreas abertas com 94,92 ha (8,48%) e de outros cultivos com 23,51 ha (2,10%).

A eficiência de irrigação (E_i) na bacia foi em média de 84%. Para microaspersão nas lavouras de banana, mamão e café conilon, as eficiências foram 91%, 87% e 76%, respectivamente. Na irrigação por microspray em café conilon a eficiência foi de 79%.

De modo geral não há sistemas de irrigação tecnicamente dimensionados, com falhas nos sistemas de filtragem e ausência de manejo baseado em critérios técnicos. Isso se torna entraves para a o uso racional da água utilizada pelos irrigantes.

As maiores demandas de água pelas culturas ocorrem em fevereiro e janeiro, com 704.354 m³ e 690.822 m³, respectivamente. O mês de junho com 387.714 m³ teve a menor demanda.

A cafeicultura foi o segmento com as maiores demandas. Com volume mensal variando de 219.320 m³, em junho, e 398.436 m³ em fevereiro.

6. Sugestões e recomendações

Desenvolver e implantar um programa de capacitação em a todos os níveis - do irrigante ao técnico especializado - bem com a disponibilidade de um programa de assistência técnica e extensão rural que possibilite um melhor manejo da irrigação e do uso dos recursos hídricos.

Cabe ressaltar que a oferta e, principalmente, a demanda hídrica nessa região são distribuídas de forma bastante heterogênea no tempo e no espaço, o que amplia os riscos de ocorrência de problemas dessa natureza e a necessidade de gestão dos recursos hídricos.

É necessário obter a série histórica das vazões na bacia do Córrego Sossego, através da instalação de estações fluviométricas em três pontos: cabeceira, médio Sossego e na foz. A série histórica é importante para o cálculo da vazão outorgável, contribuindo para o sistema de outorga na bacia, bem como em projetos de reservatórios para regularização da vazão.

Realizar estudos de uso racional da água em lavouras de alto valor econômico, associado ao armazenamento de água em barragens, melhoria da conservação do solo e da vegetação, propiciando uma maior infiltração da água minimizar os prejuízos causados pela falta d'água.

Pesquisa para determinar o coeficiente da cultura (K_c) para as culturas do inhame (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) e da pinha (*Annona squamosa* L.).

Para viabilizar o manejo da irrigação tecnicamente correto, associado a um bom gerenciamento dos recursos hídricos na bacia hidrográfica, se faz necessário a instalação de uma estação meteorológica automática e de pluviômetros.

7. Referências bibliográficas

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 328 p. (FAO. Irrigation and Drainage Papers, 56).

ALBUQUERQUE, P. E. P. Aspectos conceituais do uso eficiente da água na agricultura. In: GOMES, M. A. F.; PESSOA, M. C. P. Y. **Planejamento ambiental do espaço rural com ênfase para microbacias hidrográficas: manejo de recursos hídricos, ferramentas computacionais e educação ambiental**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2010. p.53-78.

ALENCAR, C. A. **Consumo de água do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims var *flavicarpa* Deg)**. 2000. 49 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

AMATYA, D. M.; SKAGGS, R. W.; GREGORY, J. D. Comparison of methods for estimating REF-ET. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Newark, v. 121, n. 6, p. 427-435, 1995.

ANTUNES, R. C. B.; MANTOVANI, E. C.; RENA, A. B.; COSTA, L. C.; ALVARENGA, A. P. Avaliação da demanda evapotranspirométrica e dos diferentes níveis de fertirrigação com N e K durante as fases fenológicas de dois cultivares de café arábica. In: MANTOVANI, E.C.; SOARES, A. R. **Irrigação do cafeeiro: informações técnicas e coletânea de trabalhos**. Viçosa: UFV. p.111-116. 2003.

BANCO MUNDIAL. **“Impactos e Externalidades Sociais da Irrigação do Semiárido Brasileiro”**, (Coord. Luiz Gabriel T. Azevedo e Abel Mejia), Série Água-Brasil 5, 1ª Ed., Brasília, 2004.

BARBOZA JÚNIOR, C.R.A. **Evapotranspiração da lima-ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.) determinada por lisimetria de pesagem**. 2007. 65 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

BERNARDO, S. Produção agrícola e uso da água. In: GOMES, M. A. F.; PESSOA, M. C. P. Y. **Planejamento ambiental do espaço rural com ênfase para microbacias hidrográficas: manejo de recursos hídricos, ferramentas computacionais e educação ambiental**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2010. p.13-33.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2008. 625 p.

BORGES; C. B.; MENDIONDO, M. E. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, vol. 11, n. 3, 2007.

CARVALHO, J. M. de. Potencial da cafeicultura irrigada. **Revista ITEM**, Brasília, ABID, n. 78, 2008, p. 22.

CHRISTOFIDIS, D. Os efeitos multiplicadores da agricultura irrigada. **Revista ITEM**, Brasília, ABID, n. 82, 2009, p. 14-16.

CLARKE, D. **CropWat for Windows**: user guide. Versão 4.2. Southampton: University of Southampton, 1998. 43 p.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, Salvador, SEAGRI, v.7, n.1, 2005, p. 57-60.

CONCEIÇÃO, M. A. F. **Irrigação de fruteiras por microaspersão**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. 16p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 49).

CORDEIRO, E. A. **Diagnóstico e manejo da irrigação na cultura do mamoeiro na região Norte do Estado do Espírito Santo**. 2006. 109 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193 p. (FAO, Irrigation and Drainage Paper, 33).

EMCAPA/NETUP. Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária. **Zonas naturais do Espírito Santo**, 1999. Disponível em: <<http://www.es.gov.br/site.htm>> , acesso em 16/01/2007.

FARIA, M. A.; REZENDE, F. C. **Irrigação na cafeicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 75p.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - INCAPER. **Extrato do balanço hídrico climatológico decedial no município de Itarana-ES**. Disponível em: <http://www.hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/opção_estacao/itarana_hdesc.php>. Acesso em 22/06/2012.

ITENFISU, D., ELLIOTT, R. L., ALLEN, R. G., WALTER, I. A. Comparison of reference evapotranspiration calculations as part of the ASCE standardization effort. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Newark, v. 129, n. 6, p. 440-448. 2003.

JENSEN, M. E., BURMAN, R. D., and ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: ASCE, 1990. 360 p. (ASCE. Manual of Practice, 70).

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. Caldwell: Blackburn Press, 1990. 652 p.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler, 1975. 133 p.

KOBAYASHI, E. S. **Consumo de água e produtividade de cafeeiros arábicas na região de Mococa, SP**. 2007. 64 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) - Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2007.

KÖPPEN, W. P. Das geographischa system der klimate. In: KÖPPEN, W. P. (Org.); GEIGER, R. O. R. W. G. (Colaborador). **Handbuch der Klimatologie**. Gebr, Borntraeger, p. 1-44, 1936.

LABORATÓRIO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS & DESENVOLVIMENTO REGIONAL–LABGEST. **Racionalização do uso da água na agricultura irrigada de café, inhame e banana na bacia hidrográfica piloto do córrego do Sossego – bacia do rio Doce / Itarana – ES.** Projeto de Pesquisa (Fundação Espiritosantense de Ciência e Tecnologia - FAPES). 2008a.

LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; LIRA, C. A. B. O.; SILVA, I. F. Estimativa da evapotranspiração em uma cultura de feijão caupi, nas condições do Brejo Paraibano. **Agropecuária Técnica**, Areia: CCA/UFPB, n. 2, p. 86-92. 2005.

LOPES, M. E. P. A. **Avaliação de racionalidades do uso da água na agricultura: desenvolvimento de modelos conceituais e de procedimento metodológico em apoio à co/auto-gestão de microbacias.** 2011. 406 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

LÓPEZ, R. J., ABREU J. M. H., REGALADO, A. P., HERNÁNDEZ, J. F. G. **Riego localizado.** Madrid: Mundi-Prensa, 1992. 405p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação:** princípios e métodos. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 355 p.

MANTOVANI, E. C.; LORES, J. D. S. **Irrigação do cafeeiro.** Viçosa: CPT, 2002. 98p.

MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M. M. Manejo da irrigação. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Org.). **Quimigação:** aplicação produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: Embrapa, 1994. p. 129-158.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo.** Brasília: Embrapa, 2001. 111 p.

MEDEIROS, G. A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E. Relações entre o coeficiente de cultura e cobertura vegetal do feijoeiro: erros envolvidos e análises para diferentes intervalos de tempo. **Acta Scientiarum**, v. 26, n. 04, p. 513-519, 2004.

MERRIAM, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271p.

MIRANDA, F. R.; GOMES, A. R. M.; OLIVEIRA, C. H. C.; MONTENEGRO, A. A. T.; BEZERRA, F. M. L. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do coqueiro anão verde. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO, 16, 2006, Goiânia. **Anais...** Brasília: ABID, 2006. 1 CD-ROM.

MONTENEGRO, A. A. T.; BEZERRA, F. M. L.; LIMA, R. N. Coeficientes de cultivo nas diferentes fases fenológicas do mamoeiro (*Carica papaya* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32, 2003, Goiânia. **Anais...** SBEA, 2003. 1 CD-ROM.

MOURA, B. R. **Avaliação do uso da água em fruteiras irrigadas no Projeto Jaíba**. 2007. 96 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

OLIVEIRA, S. L. Irrigação. In: ALVES, É. J (Org.). **Cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2ª ed. rev. Brasília: Embrapa, 1999. 585p.

PAULINO, M. A. O.; FIGUEIREDO, F. P.; FERNANDES, R. C.; MAIA, J. T. L. S.; GUILHERME, D. O.; BARBOSA, F. S. Avaliação da uniformidade e eficiência de aplicação de água em sistemas de irrigação por aspersão convencional. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 3, n. 2, p. 48-54. 2009.

PAES, H. M. F. **Demanda hídrica e função de produção da cultura do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*(L.) Moench) em Campos do Goytacazes, RJ**. 2003. 57 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2003.

PIZARRO CABELLO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF): goteo, microaspersión, exudación**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1990. 471p.

POLONI, D. M. **Desenvolvimento e aplicação de procedimento metodológico em suporte ao planejamento participativo para redução de perda de solos em**

pequenas bacias hidrográficas com emprego da EUPS. 2010. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010.

PULIDO-CALVO, I; MONTESINOS, P.; ROLDÁN, J.; RUIZ-NAVARRO, F. J.. Estimación de la demanda de agua para riego: regresiones lineales versus aproximaciones neuronales. **Avances en Recursos Hidráulicos**, Medellín, v. 12, p. 7-19. 2005.

RANA, G.; KATERJI, N.; PERNIOLA, M. Evapotranspiration of sweet sorghum: a general model and multilocal validity in semiarid environmental conditions. **Water Resources Research**, Washington, v.37, p.3237-3246. 2001.

SAMPAIO, S. C.; CORRÊA, M. M.; BÔAS, M. A. V.; OLIVEIRA, L. F. C. Estudo da precipitação efetiva para o município de Lavras. MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas Grande, v. 4, n. 2, p. 210-213. 2000.

SECRETARIA DA AGRICULTURA, ABASTECIMENTO, AQUICULTURA E PESCA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO - SEAG. **Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura 2007-2025.** Vitória, 2008. 284 p.

SILVA, J. G. da. Avanços e desafios na irrigação e fertirrigação. **Revista ITEM**, Brasília, n. 78, 2008, p. 28.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: ABRH/EDUSP, 2004. 943 p.: EDUSP, 2004.

SIMÃO, A. H.; MANTOVANI, E. C.; SIMÃO, F. R. Irrigação e fertirrigação na cultura da mangueira. In: ROZANE, D. E.; DAREZZO, R. J.; AGUIAR, R. L.; AGUILERA, G. H. A.; ZAMBOLIM, L. **Manga: produção integrada, industrialização e comercialização.** Viçosa: UFV, 2004. 604p.

SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; LUCATO JÚNIOR, J. Uso racional de energia elétrica em sistemas de irrigação tipo pivô-central no Estado de Minas Gerais. In:

Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 22, 1993, Ilhéus. **Anais...** SBEA, 1993.

SOUZA, L. O. C. **Análise técnica de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura irrigada.** 2000. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

TEMESGEN, B.; ECHING, S.; DAVIDOFF, B.; FRAME, K. Comparison of some reference evapotranspiration equations for California. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Newark, v. 131, n. 1, p. 73-84. 1995.

TRAJKOVIC, S. 2005. Temperature-based approaches for estimating reference evapotranspiration. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Newark, v. 131, n. 4, p. 316-323. 1995.

TUBELIS, A. **Conhecimento prático sobre clima e irrigação.** Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 215p.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Climatology 8**: Johns Hopkins University, Lab. of Climatology, 1955. 104p.

VEIHMEYER, F. J.; HENDRICKSON, A. H. Does transpiration decrease as the soil moisture decreases. **Trans. Amer. Geophys**, Union 36, p. 424-488, 1955.

APÊNDICE I

Tabelas apresentando as glebas cultivadas com as culturas agrícolas existentes na
bacia do Córrego Sossego.

Tabela I.1 – Glebas cultivadas com a cultura do café conilon identificadas e
calculadas nas localidades da bacia do Córrego Sossego.

Café Conilon							
Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)
Baixo Sossego	3,07	Marquez	0,44	Baixo Sossego	0,33	Rizzi	0,36
Baixo Sossego	1,99	Marquez	0,46	Baixo Sossego	4,28	Rizzi	1,19
Baixo Sossego	5,16	Marquez	0,21	Baixo Sossego	0,39	Santa Helena	1,35
Baixo Sossego	0,34	Marquez	0,18	Marquez	1,03	Santa Helena	1,84
Baixo Sossego	1,50	Marquez	0,53	Marquez	2,51	Santa Helena	1,55
Baixo Sossego	0,94	Marquez	0,23	Marquez	0,81	Santa Helena	0,40
Baixo Sossego	0,32	Marquez	0,27	Cór. Boa Vista	1,76	Santa Helena	0,98
Baixo Sossego	0,98	Marquez	0,75	Matutina	0,73	Santa Helena	0,28
Baixo Sossego	0,30	Santa Rita	1,24	Matutina	0,49	Santa Helena	1,35
Baixo Sossego	4,30	Cór. Boa Vista	3,64	Matutina	0,93	Santa Helena	3,03
Rizzi	1,10	Santa Rita	1,33	Matutina	0,69	Santa Helena	0,85
Baixo Sossego	6,45	Santa Rita	0,17	Matutina	1,37	Santa Helena	0,23
Rizzi	1,92	Santa Rita	0,70	Matutina	0,61	Santa Helena	5,33
Baixo Sossego	0,86	Santa Rita	3,02	Matutina	0,43	Santa Helena	1,64
Baixo Sossego	0,14	Santa Rita	1,13	Matutina	2,80	Santa Helena	0,81
Baixo Sossego	1,34	Santa Rita	0,46	Matutina	0,65	Santa Helena	0,12
Baixo Sossego	1,77	Santa Rita	0,58	Matutina	1,37	Santa Helena	0,14
Baixo Sossego	0,89	Santa Rita	0,21	Matutina	7,40	Santa Helena	1,60
Baixo Sossego	2,53	Santa Rita	0,91	Matutina	0,31	Santa Helena	5,54
Baixo Sossego	1,73	Foz	0,47	Matutina	0,55	Santa Helena	2,17
Baixo Sossego	0,33	Foz	2,12	Matutina	1,72	Santa Helena	0,39
Baixo Sossego	1,16	Cór. Boa Vista	0,97	Rizzi	2,98	Santa Helena	0,18
Baixo Sossego	0,17	Cór. Boa Vista	0,56	Rizzi	3,29	Santa Helena	0,49
Baixo Sossego	4,21	Cór. Boa Vista	0,12	Rizzi	1,43	Santa Helena	0,79
Baixo Sossego	0,93	Cór. Boa Vista	0,31	Cór. Boa Vista	2,21	Santa Helena	0,97
Baixo Sossego	2,80	Cór. Boa Vista	0,51	Cór. Boa Vista	0,04	Santa Helena	0,64
Baixo Sossego	0,42	Cór. Boa Vista	0,46	Cór. Boa Vista	1,42	Santa Helena	1,01
Baixo Sossego	0,97	Cór. Boa Vista	1,15	Cór. Boa Vista	1,14	Santa Helena	1,09
Baixo Sossego	0,41	Cór. Boa Vista	1,47	Cór. Boa Vista	0,45	Santa Helena	0,23
Baixo Sossego	1,10	Baixo Sossego	0,28	Cór. Boa Vista	1,17	Santa Helena	1,89
Baixo Sossego	2,74	Baixo Sossego	0,48	Cór. Boa Vista	0,20	Santa Helena	1,33
Baixo Sossego	2,94	Baixo Sossego	4,73	Santa Helena	4,48	Santa Helena	0,16
Santa Helena	4,06	Boa Vista	0,49	Baixo Sossego	5,63	Penedo	1,38
Santa Helena	0,671	Boa Vista	1,75	Baixo Sossego	0,54	Penedo	1,55

Tabela I.2 – Glebas cultivadas com a cultura do café arábica identificadas e calculadas nas localidades da bacia do Córrego Sossego.

Café Arábica					
Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)
Matutina	4,16	Matutina	0,13	Alto Sossego	0,84
Matutina	2,88	Matutina	1,00	Alto Sossego	2,44
Matutina	3,34	Matutina	1,36	Alto Sossego	2,69
Matutina	1,77	Matutina	5,15	Alto Sossego	18,03
Matutina	19,74	Matutina	3,92	Alto Sossego	1,52
Matutina	1,03	Matutina	0,80	Alto Sossego	1,65
Matutina	1,94	Alto Sossego	10,64	Alto Sossego	4,67
Total	89,70				

Tabela I.3 – Glebas cultivadas com a cultura do limão ‘tahiti’ identificadas e calculadas nas localidades da bacia do Córrego Sossego.

Limão ‘Tahiti’			
Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)
Baixo Sossego	0,20	Santa Helena	0,14
Baixo Sossego	0,77	Sossego	6,57
Baixo Sossego	0,20	Sossego	3,71
Baixo Sossego	0,13	Sossego	4,12
Matutina	3,66	Bananal	0,87
Total	20,37		

Tabela I.4 – Glebas cultivadas com a cultura da manga identificadas e calculadas nas localidades da bacia do Córrego Sossego.

Manga	
Localidade	Área (ha)
Baixo Sossego	0,82
Marquez	0,37
Sossego	8,89
Penedo	1,75
Bananal	0,65
Total	13,48

Tabela I.5 – Glebas cultivadas com a cultura da banana identificadas e calculadas nas localidades da bacia do Córrego Sossego.

Banana							
Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)
Baixo Sossego	0,32	Cór. Boa Vista	0,20	Santa Helena	0,61	Penedo	0,82
Baixo Sossego	2,92	Cór. Boa Vista	1,15	Santa Helena	0,68	Penedo	0,51
Baixo Sossego	2,40	Rizzi	5,98	Sossego	9,20	Penedo	0,19
Baixo Sossego	3,41	Rizzi	2,42	Sossego	1,94	Penedo	0,45
Baixo Sossego	0,62	Rizzi	0,59	Sossego	0,66	Meneghel	1,70
Baixo Sossego	1,93	Rizzi	7,74	Sossego	0,71	Loriato	0,75
Baixo Sossego	0,20	Santa Helena	1,41	Sossego	7,56	Loriato	2,15
Baixo Sossego	0,26	Santa Helena	1,80	Boa Vista	1,01	Loriato	1,13
Baixo Sossego	0,71	Santa Helena	1,63	Baixo Sossego	2,44	Loriato	1,14
Baixo Sossego	0,30	Santa Helena	1,13	Baixo Sossego	0,36	Loriato	2,48
Baixo Sossego	0,20	Santa Helena	0,72	Baixo Sossego	3,61	Loriato	0,46
Baixo Sossego	0,78	Santa Helena	0,85	Baixo Sossego	0,28	Loriato	0,91
Baixo Sossego	1,49	Santa Helena	1,85	Baixo Sossego	0,71	Alto Sossego	0,25
Baixo Sossego	6,95	Santa Helena	1,54	Baixo Sossego	0,47	Alto Sossego	0,87
Marquez	1,21	Santa Helena	0,43	Rizzi	1,71	Alto Sossego	0,24
Marquez	1,01	Santa Helena	5,40	Rizzi	0,41	Alto Bananal	0,84
Marquez	2,17	Santa Helena	0,09	Rizzi	1,80	Bananal	1,02
Marquez	2,19	Santa Helena	0,12	Rizzi	4,93	Bananal	2,29
Marquez	1,07	Santa Helena	0,20	Sossego	1,95	Bananal	2,13
Marquez	0,45	Santa Helena	0,35	Sossego	2,76	Bananal	2,24
Marquez	8,00	Santa Helena	0,79	Sossego	1,32	Bananal	5,60
Marquez	15,78	Santa Helena	0,47	Sossego	2,84	Bananal	1,50
Marquez	0,18	Santa Helena	1,55	Sossego	2,46	Bananal	0,50
Santa Rita	1,43	Santa Helena	0,28	Penedo	0,51	-	-
Total	175,77						

Tabela I.6 – Glebas cultivadas com a cultura do mamão identificadas e calculadas nas localidades da bacia do Córrego Sossego.

Mamão			
Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)
Baixo Sossego	0,93	Baixo Sossego	4,57
Baixo Sossego	0,77	Penedo	0,53
Marquez	1,01	Loriato	3,00
Santa Rita	0,47	Loriato	0,85
Santa Helena	1,79	Bananal	2,97
Total	16,89		

Tabela I.7 – Glebas cultivadas com a cultura do café conilon consorciado com a cultura da banana identificadas e calculadas nas localidades da bacia do Córrego Sossego.

Café Conilon Consorciado com Banana	
Localidade	Área (ha)
Baixo Sossego	1,16
Rizzi	1,94
Rizzi	3,00
Loriato	2,49
Alto Bananal	1,50
Total	10,09

Tabela I.8 – Glebas cultivadas com a cultura do eucalipto identificadas e calculadas nas localidades da bacia do Córrego Sossego.

Eucalipto					
Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)
Baixo Sossego	2,48	Alto Sossego	9,04	Alto Bananal	0,44
Matutina	6,65	Alto Sossego	19,57	Alto Bananal	1,84
Sossego	10,94	Alto Sossego	0,93	Bananal	1,02
Penedo	2,73	Alto Sossego	1,65	Bananal	1,09
Penedo	16,64	Alto Sossego	1,88	Bananal	5,60
Penedo	2,75	Alto Sossego	0,29	Bananal	1,41
Meneghel	1,24	Alto Sossego	5,91	Bananal	0,70
Loriato	0,97	Alto Sossego	2,92	Bananal	0,99
Loriato	2,52	Alto Sossego	0,11	Bananal	0,56
Loriato	1,24	Alto Sossego	5,36	-	-
Total	109,47				

Tabela I.9 – Glebas cultivadas com a cultura do cacau identificadas e calculadas nas localidades da bacia do Córrego Sossego.

Cacau			
Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)
Baixo Sossego	0,09	Santa Helena	0,15
Baixo Sossego	0,14	Penedo	0,66
Baixo Sossego	0,11	Alto Sossego	2,53
Foz	0,50	Alto Sossego	0,46
Cór. Boa Vista	0,12	-	-
Total	4,76		

Tabela I.10 – Glebas cultivadas com a cultura do quiabo identificadas e calculadas nas localidades da bacia do Córrego Sossego.

Quiabo					
Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)
Baixo Sossego	0,60	Santa Helena	0,25	Meneghel	1,56
Marquez	0,46	Santa Helena	0,38	Meneghel	1,37
Santa Rita	0,16	Santa Helena	0,20	Alto Bananal	0,24
Foz	0,45	Sossego	0,79	Bananal	1,33
Cór. Boa Vista	0,21	Baixo Sossego	1,49	Bananal	0,22
Santa Helena	0,15	Rizzi	0,30	Bananal	1,25
Santa Helena	0,75	Penedo	0,21	-	-
Santa Helena	0,24	Meneghel	0,41	-	-
Total	13,02				

Tabela I.11 – Glebas cultivadas com a cultura do inhame identificadas e calculadas nas localidades da bacia do Córrego Sossego.

Inhame					
Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)
Marquez	1,06	Santa Helena	0,22	Loriato	3,64
Marquez	0,24	Santa Helena	0,50	Alto Sossego	1,44
Marquez	0,25	Santa Helena	0,26	Alto Sossego	1,10
Marquez	0,22	Santa Helena	0,19	Alto Sossego	7,18
Marquez	0,38	Santa Helena	0,90	Alto Sossego	0,30
Santa Rita	0,20	Rizzi	0,21	Alto Sossego	0,62
Santa Rita	0,41	Rizzi	0,84	Alto Sossego	1,53
Santa Rita	1,26	Penedo	0,25	Bananal	0,33
Santa Rita	0,53	Penedo	0,17	Bananal	1,26
Santa Rita	0,76	Meneghel	0,65	Bananal	8,07
Cór. Boa Vista	0,96	Meneghel	0,86	Bananal	0,41
Matutina	0,20	Meneghel	3,23	Bananal	0,32
Santa Helena	0,80	Meneghel	1,42	Bananal	0,42
Santa Helena	0,58	Loriato	1,09	Bananal	2,29
Santa Helena	0,89	-	-	-	-
Total	48,44				

Tabela I.12 – Glebas de áreas abertas destinada a rotação de cultura identificadas e calculadas nas localidades da bacia do Córrego Sossego.

Área Aberta para Cultivos					
Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)
Baixo Sossego	1,40	Boa Vista	0,78	Loriato	0,14
Baixo Sossego	1,59	Sossego	0,21	Alto Sossego	1,81
Marquez	0,76	Penedo	0,20	Alto Sossego	0,43
Marquez	0,46	Penedo	2,96	Alto Bananal	0,53
Cór. Boa Vista	0,91	Penedo	2,12	Alto Bananal	2,86
Cór. Boa Vista	0,78	Penedo	0,33	Alto Bananal	1,75
Cór. Boa Vista	0,11	Penedo	1,03	Alto Bananal	1,80
Cór. Boa Vista	0,25	Penedo	0,87	Alto Bananal	1,37
Cór. Boa Vista	0,48	Penedo	0,70	Alto Bananal	0,76
Cór. Boa Vista	0,17	Penedo	0,58	Bananal	0,42
Cór. Boa Vista	0,30	Penedo	0,28	Bananal	0,32
Cór. Boa Vista	1,08	Penedo	0,88	Bananal	0,29
Cór. Boa Vista	0,14	Penedo	0,29	Bananal	0,41
Matutina	0,39	Penedo	0,64	Bananal	1,13
Matutina	0,15	Penedo	2,65	Bananal	2,82
Matutina	0,54	Penedo	0,48	Bananal	0,21
Matutina	2,88	Penedo	0,73	Bananal	0,95
Matutina	2,72	Penedo	1,41	Bananal	0,41
Rizzi	0,79	Penedo	0,24	Bananal	7,09
Santa Helena	0,62	Meneghel	0,86	Bananal	0,40
Santa Helena	0,70	Meneghel	0,17	Bananal	2,38
Santa Helena	0,85	Meneghel	2,21	Bananal	1,87
Santa Helena	0,34	Loriato	0,59	Bananal	2,36
Santa Helena	0,23	Loriato	2,12	Bananal	1,48
Santa Helena	1,00	Loriato	2,30	Bananal	2,12
Santa Helena	0,90	Loriato	1,78	Bananal	0,94
Santa Helena	0,63	Loriato	1,07	Bananal	0,47
Santa Helena	0,20	Loriato	1,56	-	-
Sossego	0,94	Loriato	0,15	-	-
Total	90,02				

Tabela I.13 – Glebas cultivadas com a cultura do milho identificadas e calculadas nas localidades da bacia do Córrego Sossego.

Milho					
Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)
Marquez	1,08	Matutina	0,07	Santa Helena	0,15
Marquez	0,18	Matutina	1,03	Loriato	0,50
Santa Rita	0,44	Matutina	0,15	Loriato	1,41
Santa Rita	0,54	Matutina	3,24	Loriato	0,85
Santa Rita	0,15	Matutina	3,53	Milho	0,32
Matutina	0,45	Matutina	0,17	-	-
Total	14,26				

Tabela I.14 – Glebas cultivadas com a cultura forrageiras identificadas e calculadas nas localidades da bacia do Córrego Sossego.

Cana Forrageira			
Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)
Marquez	0,26	Matutina	1,47
Marquez	0,15	Cór. Boa Vista	0,75
Marquez	0,27	Boa Vista	0,67
Marquez	0,12	Sossego	0,42
Marquez	1,06	Bananal	1,36
Santa Rita	0,16	-	-
Total	6,69		

Tabela I.15 – Glebas cultivadas com as culturas do coco, graviola, pinha e abacate identificadas e calculadas nas localidades da bacia do Córrego Sossego.

Coco		Graviola		Pinha		Abacate	
Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)	Localidade	Área (ha)
Boa Vista	0,90	Sossego	0,56	Sossego	0,41	Sossego	1,62
Boa Vista	0,55	Sossego	0,95	Sossego	0,60	Sossego	0,79
Loriato	0,41	-	-	Sossego	0,54	Sossego	0,44
Bananal	0,27	-	-	-	-	-	-
Total	2,13	-	1,51	-	1,55	-	2,85

APÊNDICE II

Formulário de inspeção de campo para sistemas de irrigação localizada.

Irrigação localizada: gotejamento, microaspersão e microspray.

Filtros e injetor de fertilizantes

a) Filtros de areia:

Marca: _____ Capacidade ou diâmetros: _____

Frequência de limpeza: _____ Data da última limpeza: _____

Pressão de entrada (mca): _____ Pressão de saída (mca): _____

b) Filtros de tela () ou disco ():

Marca: _____ Capacidade ou diâmetros: _____

Frequência de limpeza: _____ Data da última limpeza: _____

c) Injetor Fertilizante:

Pressão de entrada (mca): _____ Pressão de saída (mca): _____

Injetor de fertil Tipo: _____ Capacidade: _____

Emissor – gotejador, microaspersor ou outro

Marca: _____ Modelo: _____ Vazão (L/h): _____

Diâmetro de bocais: _____ Pressão de serviço nominal: _____

Pressão de serviço medida: _____ Vazão nominal: _____ Vazão medida: _____

Existe cavaletes () Existe manômetro () Existe válvula reguladora de pressão ()

Aspecto Visual: () ótimo; () bom; () regular; () ruim;

obs: _____

AVALIAÇÃO DE CAMPO

a) Espaçamento

() Círculos molhado: diâmetro: _____ m ou () faixa molhada: largura da faixa: _____

Espaçamento entre Emissores: _____ (m) e entre Linhas: _____ x _____ (m)

Espaçamento da cultura:

APÊNDICE III

Questionário aplicado na inspeção de campo nas propriedades em que os sistemas de irrigação foram avaliados.

Questionário

Nome do agricultor:
Nome da propriedade:
Endereço da propriedade:

Sistema de irrigação

Aspersão ()	Microspray ()	Gotejamento ()	Microaspersão ()
Tempo de funcionamento:			
Vazamentos ()		Mistura de emissores ()	
Possui projetos de dimensionamento () e manejo ()			
Filtro de areia ()	Filtro de tela industrial ()	Filtro de disco ()	Filtro de tela "artesanal" ()

Conjunto de bombeamento

Coordenadas (UTM):			
Nome do corpo de água:			
Relógio Verde ()	Irrigação por Gravidade ()	Bombeada/gravidade ()	Bombeada ()
Potência:	Marca:	Modelo:	

Componentes encontrados

Casa de bomba (), coberta () ou descoberta ()		Válvula de pé ()
Diâmetro da tubulação de sucção:		
Diâmetro da tubulação de recalque:		
Redução excêntrica ()	Redução concêntrica ()	Manômetro ()
Registro de gaveta ()		Válvula de retenção ()

Sistema de partida

Chave de partida ()	Chave triângulo estrela ()	Chave magnética ()
----------------------	-----------------------------	---------------------

Culturas Irrigadas na Propriedade

Cultura:	
Número de covas:	Espaçamento:
Área (ha):	Idade:
Época de cultivo:	
Cultura:	
Número de covas:	Espaçamento:
Área (ha):	Idade:
Época de cultivo:	
Cultura:	
Número de covas:	Espaçamento:
Área (ha):	Idade:
Época de cultivo:	
Cultura:	
Número de covas:	Espaçamento:
Área (ha):	Idade:
Época de cultivo:	

APÊNDICE IV

Características das amostras analisadas na bacia do Córrego Sossego.

Tabela IV.1 – Características da amostras analisadas na bacia do Córrego Sossego.

Amostra	Coordenadas UTM			Altitude (m)	Cultura	Sistema de Irrigação	Tipo de filtro	Manômetro
Masp1C	301250 E	e	7799273 N	185	Café Conilon	Microaspersão	Tela "artesanal"	Não tem
Masp2C	301811 E	e	7797435 N	204	Café Conilon	Microaspersão	Tela "artesanal"	Não tem
Masp3C	299646 E	e	7794880 N	230	Café Conilon	Microaspersão	Não tem	Não tem
Masp4C	301989 E	e	7799264 N	189	Café Conilon	Microaspersão	Tela "artesanal"	Não tem
Masp5C	300586 E	e	7798646 N	231	Café Conilon	Microaspersão	Tela "artesanal"	Não tem
Mspray1C	301525 E	e	7799220 N	183	Café Conilon	Microspray	Tela "artesanal"	Não tem
Mspray2C	301969 E	e	7799264 N	189	Café Conilon	Microspray	Tela "artesanal"	Não tem
Mspray3C	301822 E	e	7797449 N	206	Café Conilon	Microspray	Tela "artesanal"	Não tem
Mspray4C	301261 E	e	7797149 N	185	Café Conilon	Microspray	Tela "artesanal"	Não tem
Mspray5C	301000 E	e	7799037 N	193	Café Conilon	Microspray	Tela "artesanal"	Não tem
Masp1M	299770 E	e	7794923 N	219	Mamão	Microaspersão	Não tem	Não tem
Masp2M	302140 E	e	7800123 N	176	Mamão	Microaspersão	Tela "artesanal"	Não tem
Masp3M	298420 E	e	7794690 N	205	Mamão	Microaspersão	Tela "artesanal"	Não tem
Masp4M	300524 E	e	7798428 N	234	Mamão	Microaspersão	Não tem	Não tem
Masp5M	297532 E	e	796920 N	236	Mamão	Microaspersão	Tela "artesanal"	Não tem
Masp1B	300983 E	e	7798303 N	180	Banana	Microaspersão	Tela "artesanal"	Não tem
Masp2B	300359 E	e	7798458 N	268	Banana	Microaspersão	Tela "artesanal"	Não tem
Masp3B	300465 E	e	7798419 N	255	Banana	Microaspersão	Tela "artesanal"	Não tem
Masp4B	299955 E	e	7794717 N	265	Banana	Microaspersão	Tela "artesanal"	Não tem
Masp5B	301454 E	e	7798128 N	179	Banana	Microaspersão	Tela "artesanal"	Não tem
Masp6B	302140 E	e	7800123 N	176	Banana	Microaspersão	Tela "artesanal"	Não tem
Masp7B	302101 E	e	7800157 N	176	Banana	Microaspersão	Tela "artesanal"	Não tem

