

PROJETO DE APLICATIVO MÓVEL CAPAZ DE FORNECER INFORMAÇÕES PARA O MANEJO DE IRRIGAÇÃO DO CAFÉ CONILON

LUIS CARLOS LOSS LOPES¹; HENRIQUE DUARTE VIEIRA²; GUSTAVO HADDAD SOUZA VIEIRA³ E ELIAS FERNANDES DE SOUZA⁴

¹ Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa, Rodovia ES-080, Km 93 s/n, Santa Teresa – ES, Brasil. E-mail: luisloss@gmail.com

² Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, Brasil. Email: henrique@uenf.br

³ Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa, Rodovia ES-080, Km 93 s/n, Santa Teresa – ES, Brasil. E-mail: ghsv@ifes.edu.br

⁴ Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, Brasil. E-mail: efs@uenf.br

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi realizar um planejamento estruturado de um projeto de aplicativo para smartphones capaz de fornecer aos produtores do café conilon, informação segura de quando e quanto irrigar, sendo possível, desta maneira, realizar as práticas de manejo da irrigação, com vistas à racionalização do recurso água e energia elétrica. O trabalho foi desenvolvido em Santa Teresa, região serrana do estado do Espírito Santo. No desenvolvimento do aplicativo foram empregadas duas técnicas de levantamento de requisitos: a entrevista e a análise de documentos. Foi verificado na entrevista que os produtores têm interesse e teriam facilidade de utilização e acesso ao aplicativo. Para determinação da evapotranspiração de referência, foi proposto o modelo de Hargreaves-Samani no levantamento de documentos e, posteriormente, foi criado o projeto do sistema em fluxo de dados, com apresentação das fases do sistema através de diagramação. Observou-se que a maioria dos entrevistados possuem smartfone com internet, e eles demonstraram interesse em utilizar um aplicativo que vos auxilie no manejo de irrigação em suas propriedades. Além disso, foi criado um diagrama de contexto e de fluxo de dados para serem utilizados no aplicativo em questão.

Palavras chave: sistema de fluxo de dados, levantamento de requisitos, diagramação.

LOPES, L. C. L.; VIEIRA, H. D.; VIEIRA, G. H. S.; SOUZA, E. F.
MOBILE APPLICATION PROJECT ABLE TO PROVIDE INFORMATION FOR CONILON COFFEE IRRIGATION MANAGEMENT

2 ABSTRACT

The objective of this work was to carry out a structured planning of a smartphone application project capable of providing conilon coffee producers with reliable information on when and how much to irrigate, making it possible to carry out irrigation management practices, with a view to rationalizing water and electricity resources. The work was developed in Santa Teresa, highland region of the state of Espírito Santo. In the application development, two requirements gathering techniques were employed: interview and document analysis. It was observed in

interviews that producers are interested and would have ease of use and access to the application. To determine the reference evapotranspiration, the Hargreaves-Samani model was proposed in the document survey and, subsequently, the system design was created in data flow, with presentation of the system phases through design. It was observed that most respondents have smart phones with internet, and they showed interest in using an application to help them in the management of irrigation in their properties. In addition, a context and data flow diagram has been created for use in the application in question.

Keywords: data flow system, requirements gathering, diagramming.

3 INTRODUÇÃO

A cadeia agroindustrial de café constitui um dos setores mais importantes da economia brasileira pela sua expressiva participação na pauta de exportação e na geração de emprego, que representa em médio e em longo prazo, um dos principais produtos estratégicos para o País (PEREIRA, 2015). No Brasil se destaca o cultivo do café arábica e do café conilon (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2018).

O cultivo do cafeeiro conilon (*Coffea canephora*) é realizado em áreas onde a deficiência hídrica é o principal fator limitante ao crescimento e à produção (INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICAS E EXTENSÃO RURAL - INCAPER, 2017), o que torna necessário realizá-lo predominantemente sob irrigação. Segundo Araújo et al. (2018) o déficit hídrico é considerado um dos principais fatores limitantes para o desenvolvimento do cafeeiro. Assim, o suprimento de água em quantidades e intervalos corretos pode ocasionar maior desenvolvimento inicial da lavoura cafeeira, além de menores perdas para as plantas.

Ao longo das últimas três décadas, verificou-se extraordinário crescimento na produção, produtividade e uso da espécie *Coffea canephora* no Brasil. Concomitantemente, constatou-se grande distinção e reconhecimento da importância dessa cultura, tendo como pilares, nessa

evolução, a geração, difusão e transferência de tecnologias e a agregação de esforços das diferentes instituições e elos da cadeia do café (FERRÃO et al., 2019).

O Espírito Santo é o principal produtor de café conilon no Brasil, o Estado possui tradição no cultivo e empreendedorismo dos produtores, além dos Centros de pesquisa que são referência em tecnologia a nível mundial para produção. Nesse meio, é possível perceber a importância do estado do Espírito Santo para o abastecimento da indústria brasileira de café conilon. Conforme o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnicas e Extensão Rural (INCAPER, 2018), sendo responsável por até 78% da produção nacional, o Espírito Santo é o estado brasileiro que mais produz café conilon.

No que diz respeito à agricultura irrigada, é essencial o conhecimento das necessidades hídricas das culturas (FERRÃO et al., 2019). A questão relacionada ao consumo de água de uma cultura depende estreitamente da demanda energética e atmosférica, do conteúdo de água no solo e da resistência da planta à perda de água para a atmosfera. No que tange a questão do manejo de irrigação, a quantidade de água a ser aplicada em determinada cultura encontra-se associada ao seu ciclo e aos processos de evaporação do solo e de transpiração da planta.

De acordo com Ferrão et al. (2019) em geral, as técnicas de cálculo da quantidade de água necessária às plantas se baseiam em informações meteorológicas.

Levando em consideração uma quantidade inicial de água disponível no solo, a definição da evapotranspiração da cultura permite dizer, a qualquer hora, a quantidade de água usada, sendo possível, com isso, indicar a lâmina de água necessária e o momento da irrigação.

O uso de aplicativos computacionais com objetivo de facilitar o manejo de irrigação tem dispensando ao usuário os cálculos. Há aplicativos para manejo de irrigação de várias culturas, como é o caso do Irriga, SISDA (COELHO et al., 2005), o programa irrigafácil, que programa a irrigação das culturas do milho, do sorgo e do feijão, utilizando-se a técnica do balanço de água no solo (ALBUQUERQUE et al., 2014) e a do café (LOPES et al., 2017). Lima (2019) também utilizou aplicativo no manejo de irrigação de videiras.

Com base neste cenário, torna-se evidente a necessidade de desenvolvimento de novas tecnologias capazes de gerenciar a utilização dos recursos hídricos escassos em projetos de agricultura irrigada, e a utilização de aplicativos pode ser uma ferramenta eficaz na solução deste entrave do cultivo do café conilon.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi realizar um planejamento estruturado de um Projeto de aplicativo para Smartphones capaz de fornecer aos produtores do café conilon, informação segura de quando e quanto irrigar, sendo possível, desta maneira, realizar as práticas de manejo da irrigação, com vistas à racionalização do recurso água e energia elétrica.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local da Pesquisa

O trabalho foi desenvolvido em Santa Teresa, Município da região serrana do estado do Espírito Santo, Longitude: 40°

35' 28" W e Latitude: 19° 56' 12" (INCAPER, 2013).

O projeto de inovação tecnológica com o desenvolvimento do aplicativo proposto foi desenvolvido no Laboratório de Programação do Curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, do Instituto Federal do Espírito Santo - campus Santa Teresa e na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro em Campos dos Goytacazes-RJ.

4.2 Levantamento de Requisitos

No desenvolvimento do aplicativo foram empregadas duas técnicas de levantamento de requisitos: a entrevista e a análise de documentos. No levantamento de requisitos foi realizada a análise de anotações feitas pelos envolvidos na entrevista, observando as demandas e anseios, bem como as restrições do sistema. A análise de documentos foi realizada a fim de se obter requisitos para o desenvolvimento do aplicativo.

4.3 Coleta e Análise de Requisitos – Fase 01

Os requisitos são características de um sistema que podem ser subdivididos em dois grupos: os requisitos funcionais e os não funcionais. Os requisitos funcionais ligam-se diretamente ao aplicativo, descrevendo as suas funções. Os requisitos não funcionais exprimem algumas condições para o sistema, como por exemplo, a plataforma que o aplicativo deve ser desenvolvido. O processo de levantamento de requisitos consiste na busca de informações, que serão úteis no futuro desenvolvimento do aplicativo.

A entrevista foi realizada com 27 pessoas que estão envolvidas na área de produção do café conilon, como engenheiros agrônomos (1), estudantes de agronomia (19), técnicos agrícolas (4) e

pesquisadores (3), os quais atendem a produtores rurais em todo o município de Santa Teresa-ES, através de entidades e empresas do ramo. Durante a entrevista foi apurada a demanda para projetar o aplicativo de acordo com as necessidades dos entrevistados.

Na entrevista foi abordado o conhecimento técnico sobre a irrigação e também se os participantes têm facilidade no manuseio do smartphone. Após a coleta de dados através desta fase, foi incorporada a análise de sistemas para o desenvolvimento do aplicativo.

4.4 Coleta e Análise de Requisitos – Fase 02 – Pesquisa Documental

De posse dos resultados da entrevista, foi realizada uma pesquisa documental, do qual se iniciou com a busca sobre o modelo mais mencionado, o de Hargreaves e Samani (1985) para estimativa da evapotranspiração (ET_o) de referência. Segundo Allen et al. (1998) o uso da equação de Hargreaves e Samani (1985) é uma alternativa viável para a estimativa ET_o quando há falta de parâmetros climáticos requeridos pelo modelo Penman - Monteith. O modelo de Hargreaves e Samani (HS) necessita apenas das temperaturas mínima, máxima, média do ar. Esse modelo vem sendo utilizado amplamente devido a sua simplicidade e a potencialidade para calibração de seus parâmetros (BAUTISTA et al., 2009) podendo fornecer dados confiáveis da ET_o para o intervalo de cinco dias ou períodos mais longos (THEPADIA; MARTINEZ, 2012).

De acordo com os dados inseridos e calculados serão apresentados diariamente ao usuário comum o tempo de irrigação recomendado em minutos.

4.5 Projeto do sistema

Após a conclusão da análise de requisitos, iniciou-se uma nova fase do projeto chamada análise estruturada de sistemas em fluxo de dados, onde foram projetadas todas as fases do sistema através de diagramação.

Esta etapa do projeto do sistema, foi dividida em três partes: o diagrama de contexto, responsável por representar as funções que cada usuário utiliza no sistema, o diagrama de fluxo de dados com dicionário de dados de cada processo, que descreve cada uma dessas funções e a modelagem de dados, que é a diagramação do banco de dados.

O aplicativo foi desenvolvido na linguagem PHP associado a um banco de dados MySQL.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram entrevistados 27 indivíduos com idade variando de 18 a 51 anos, destes, 70,4% eram do sexo masculino. Verificou-se que 66,7% (18) são produtores rurais de Café Conilon e os demais estão envolvidos de alguma maneira na área de produção desse tipo de café, seja na prestação de auxílio técnico aos produtores, ou mesmo pesquisadores.

Foi questionado entre os participantes da pesquisa, qual é o sistema de irrigação utilizado, e constatou-se que o sistema de gotejamento (66,7%) é o mais utilizado, seguido pelo sistema de microspray (14,8%) e microaspersão (11,1%). O sistema microjet e canhão também foram citados, porém aparecem em menor porcentagem, com apenas 1 representante para cada sistema. De acordo com Ferrão et al. (2019), o sistema de gotejamento é o mais utilizado e o mais eficiente para ser utilizado na agricultura. Este tipo de irrigação localizada tem sido utilizada na cafeicultura em virtude de

algumas vantagens, quando comparada a outros métodos, como a alta uniformidade de aplicação de água, maior eficiência operacional, economia de água e menor necessidade de mão-de-obra, porém, técnicas de manejo são necessárias para melhor controle da quantidade de água aplicada, garantindo o bom desenvolvimento do cafeeiro. Irrigação deficitária ou em excesso pode acarretar perda de produtividade e redução na lucratividade (MARTINS et al., 2007).

Constatou-se que 81,5% dos entrevistados não realizam nenhum tipo de manejo de irrigação em suas lavouras, e apenas 18,5% dos entrevistados relataram que fazem algum tipo de manejo de irrigação, do qual 60% relataram fazer controle da temperatura máxima e mínima, 20% limpa e faz o reposicionamento, e 20% faz averiguação de microsprays entupidos, encanamentos cortados e um pequeno controle de uniformidade de pressão do sistema

Dos entrevistados, 74,1% já ouviram falar do Balanço Hídrico ou estimativa de evapotranspiração da cultura de café conilon, e destes, 64,3% relataram que o método mais utilizado é o de Hargreaves-Samani, por ser o mais simples e não necessitar de estações meteorológicas, e 28,6% citaram Penman-Monteith, e ainda 1 entrevistado marcou a opção Thornthwaite-Mather.

Com relação à utilização do telefone celular (*smartphone*) no sistema android, 100% dos entrevistados utilizam o celular, e destes, 88,9% utilizam a internet em seus celulares.

Os entrevistados foram questionados se utilizariam um aplicativo de celular gratuito para realizar o cálculo do balanço hídrico gerando informações para

um melhor manejo de irrigação, e 26 entrevistados utilizariam o aplicativo, e apenas um não utilizaria. Segundo este entrevistado, ele não tem informações suficientes e teria dificuldade para utilizar o mesmo.

Os entrevistados que utilizariam o aplicativo, disseram que o benefício da sua utilização seria a eficiência da utilização da água, fazer a irrigação adequada no tempo necessário, redução do consumo de energia elétrica, praticidade, mobilidade, e por fim, melhor resultado com custo mais baixo, o que significa maior lucratividade.

Na última questão, foi questionado se os entrevistados teriam alguma ressalva para não utilizar o aplicativo de manejo de irrigação, a maioria relatou que não teria, mas que o aplicativo fosse de fácil manuseio e sem custos.

Após a análise das respostas obtidas com a aplicação do questionário, foi iniciado o desenvolvimento do aplicativo, que foi gerado com os seguintes requisitos: utilização do sistema operacional Android; utilização de entrada de dados relativos ao método de Hargreaves-Samani para cálculo da evapotranspiração; a usabilidade da aplicação com menor índice de entrada de dados e apenas os cálculos mais importantes evidenciados para o usuário comum, facilitando a utilização do aplicativo e utilização de armazenamento de dados localmente e com backup pela rede de internet.

5.1 Coleta e Análise de Requisitos – Fase 02 – Pesquisa Documental

Verificou-se como se realiza os cálculos de ETo e Cálculos de kc diário da cultura do café robusta (balanço hídrico e manejo de irrigação diária) (Equação 1).

$$ET_{oHS} = 0,0023(T_{Máx} - T_{mín})^{0,5}(T_{méd} + 17,8).R_a .0,408 \quad (1)$$

Em que: ET_{oHS} é a evapotranspiração de referência pelo método de Hargreaves e Samani (1985), mm dia⁻¹; $T_{máx}$ é a temperatura máxima

diária do ar, °C; $T_{\text{mín}}$ é a temperatura mínima diária do ar, °C; $T_{\text{méd}}$ é a temperatura média diária do ar, °C; R_a é a radiação no topo da atmosfera, $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (SILVA, 2015).

$$R_a = \left(\frac{24 \times 60}{\pi}\right) \times dr \times G_{\text{sc}} [\omega_s \times \sin(\Phi) \times \sin(\delta) + \cos(\delta) \times \cos(\Phi) \times \sin(\omega_s)] \quad (2)$$

Sendo:

R_a = radiação extraterrestre ($\text{MJ/m}^2 \times \text{dia}$)
 G_{sc} = constante solar = $0,0820 \text{ MJ/m}^2 \times \text{min}$
 ω_s = ângulo solar (rad)
 Φ = latitude (rad)
 δ = declinação solar (rad)
 dr = distância relativa da Terra ao Sol.

b) Distância relativa da terra ao sol (dr), que é fornecida pela equação em radianos:

$$dr = 1 + 0,033 \cdot \cos \left[\left(\frac{2\pi}{365} \right) \times J \right] \quad (3)$$

Sendo:

J = dia Juliano que varia de 1 a 365 dias;
 $N = (24/\pi) \times \omega_s$

Mas:

$$\omega_s = \arccos [-\tan(\Phi) \times \tan(\delta)] \quad (4)$$

Sendo:

ω_s = ângulo da hora do por do sol em (rad)
 Φ = latitude do local considerado
 δ = declinação solar (rad)
 N = número de horas de luz solar em um dia (h)

c) Declinação solar δ (rad), que pode ser calculada por:

$$\delta = 0,409 \times \sin \left[\left(\frac{2\pi}{365} \right) \times J - 1,39 \right] \quad (5)$$

d) Dia Juliano - Vai de 1 a 365 dias. Geralmente é o meio do mês contado deste o dia primeiro. Usaremos como base sempre o dia 15 de cada mês.

Para cálculo da radiação, segundo Tomaz (2008), utiliza-se as equações de 2 a 5:

a) Radiação extraterrestre R_a em ($\text{MJ/m}^2 \times \text{dia}$) pode ser estimada por:

Em cálculos de frequência de irrigação fixa, segundo Resende (1995), a lâmina líquida (LL) de irrigação pode ser calculada de acordo com equação 6:

$$LL = CAD \times f \times Z \quad (6)$$

Em que:

LL = lâmina líquida de irrigação (mm)
 CAD = capacidade de água total disponível do solo (mm de água/cm de solo)
 f = coeficiente de disponibilidade ($0 < f < 1$)
 Z = profundidade efetiva do sistema radicular (cm).

A CAD é a água no solo que está retida entre a umidade da capacidade de campo (CC) e a umidade do ponto de murcha permanente (PMP). Assim:

$$CAD = \frac{(C - PMP) \cdot d}{10} \quad (7)$$

Em que:

CAD = capacidade de água total disponível no solo (mm de água/cm de solo)
 CC = conteúdo de água no solo na capacidade de campo (% peso)
 PMP = conteúdo de água no solo no ponto de murcha permanente (% peso)
 d = densidade do solo (g de solo/cm^3 de solo)

Tendo-se obtido a lâmina líquida de irrigação (LL), pode-se estimar a lâmina bruta (LB) por:

$$LB = \frac{LL}{E_i} \quad (8)$$

Em que:

LB = lâmina bruta de irrigação (mm)

LL = lâmina líquida de irrigação (mm)

Ei = eficiência do sistema de irrigação, em decimal.

Os valores de eficiência dos sistemas de irrigação estão apresentados na Tabela 1 (SOLOMON, 1990).

Tabela 1. Eficiência dos sistemas de irrigação

Sistema	Ei Atingível
Irrigação Superficial	
Tabuleiros inundáveis	80 a 90%
Faixas	70 a 85%
Sulcos	60 a 75%
Irrigação por aspersão	
Convencional fixo	70 a 80%
Convencional Móvel	65 a 75%
Autopropelido	60 a 70%
Pivô central e Linear móvel	75 a 90%
Irrigação localizada	
Gotejamento	75 a 90%
Microaspersão	70 a 85%

Fonte: Solomon (1990)

A frequência de irrigação (F), caso se baseie na evapotranspiração da cultura (ETc) do projeto do sistema de irrigação, apresentar-se-á com o seu valor fixo, como já foi mencionado, do seguinte modo:

$$F = \frac{LL}{ETc} \quad (9)$$

em que:

F = frequência de irrigação (dias)

LL = lâmina líquida de irrigação (mm)

ETc = evapotranspiração da cultura (mm/dia).

Segundo Bonomo (2014), outros cálculos relevantes são obtidos com dados do solo e do equipamento de Irrigação:

$$\text{Irrigação Real Necessária (IRN)} = LL \quad (10)$$

Onde:

LL= Lâmina líquida

$$\text{Irrigação Total Necessária (ITN)} = LB \quad (11)$$

Onde:

LB = Lâmina bruta

$$\text{Capacidade Total de água no solo (CTA)} = \left(\frac{CC-PM}{10} \right) \times Da \times Z \quad (12)$$

Onde:

CC = Capacidade de campo;

PM = Ponto de murcha;

Da = Densidade aparente do solo;

Z = Profundidade da raiz.

$$IA = \frac{\text{Vazão do Equipamento}}{(\text{Espaçamento entre emissores} \times \text{Espaçamento entre linhas laterais})} \quad (13)$$

Onde: Segundo Albuquerque (2010), o tempo de irrigação pode ser estimado no cálculo:
 IA = Intensidade de aplicação

$$\text{Tempo de Irrigação (h)} = \frac{\text{Lâmina Bruta (LB)}}{\text{Intensidade de Aplicação (IA)}} \quad (14)$$

Sobre as características físico-hídricas dos solos, segundo a sua classe textural, os autores Vermeiren e Jobling (1997), apresentam a seguinte tabela:

Tabela 2. Características físico-hídricas dos solos, segundo a sua classe textural

Textura do Solo	VIB ¹ (cm/h)	Densidade (g/cm ³)	CC ² (% peso)	PMP ³ (% peso)	CAD ⁴ (% peso)	CAD ⁵ (mm/m)
Arenoso	5 (2,5-22,5)	1,65 (1,55-1,80)	9 (6-12)	4 (2-6)	5 (4-6)	85 (70-100)
Franco-arenoso	2,5 (1,3-7,6)	1,50 (1,40-1,60)	14 (10-18)	6 (4-8)	8 (6-10)	120 (90-150)
Franco	1,3 (0,8-2)	1,40 (1,35-1,50)	22 (18-26)	10 (8-12)	12 (10-14)	170 (140-190)
Franco-argiloso	0,8 (0,25-1,5)	1,35 (1,30-1,40)	27 (25-31)	13 (11-15)	14 (12-16)	190 (170-220)
Silto-argiloso	0,25 (0,03-0,5)	1,30 (1,25-1,35)	31 (27-35)	15 (13-17)	16 (14-18)	210 (190-230)
Argiloso	0,05 (0,01-0,1)	1,25 (1,20-1,30)	35 (31-39)	17 (15-19)	18 (16-20)	230 (200-250)

*Primeiro valor representa a média e os valores entre parênteses representam a faixa de variação.

¹VIB = velocidade de infiltração básica²CC = umidade do solo na capacidade de campo

³PMP = umidade do solo no ponto de murcha permanente

⁴CAD = água total disponível = (CC-PMP)

⁵CAD em lâmina de água por profundidade do solo

Fonte: Vermeiren e Jobling (1997)

A seguir está apresentada a equação 15 utilizada para cálculo da lâmina aplicada:

$$\text{ET}_{\text{cloc}} = \text{ET}_o \times \text{Kc} \times \text{KL} \quad (15)$$

Em que,

ET_{cloc} = Evapotranspiração da cultura para irrigação localizada (mm.dia-1)

Kc = Coeficiente da cultura;

KL = Coeficiente irrigação localizada.

O KL é calculado pela equação 16 apresentada a seguir (SOARES et al., 2006):

$$\text{KL} = 0,1 \times \text{P}^{0,5} \quad (16)$$

Em que,

P = Porcentagem de área sombreada ou molhada (Maior valor entre os dois)

Sobre o coeficiente de cultura (KC), Santinato et al. (1996) sugerem como uma primeira aproximação, os valores apresentados abaixo:

Tabela 3. Coeficiente de cultura (KC) de acordo com Santinato et al. (1996)

Idade	Espaçamento entre ruas e entre plantas (m)	KC
1. Adulta > 3 anos	>3,0 x > 1,0 – 2.500 Plantas/ha	1,0
	> 3,0 x 0,5 a 1,0 – 3.333 Plantas/ha	1,1
	2,0 a 3,0 x 0,5 a 1,0 – 6.666 Plantas/ha	1,2
	1,0 a 2,0 x 0,5 a 1,0 – 13.333 Plantas/ha	1,3
2. Nova: 1 a 3 anos	>3,0 x > 1,0 – 2.500 Plantas/ha	0,8
	> 3,0 x 0,5 a 1,0 – 3.333 Plantas/ha	0,9
	2,0 a 3,0 x 0,5 a 1,0 – 6.666 Plantas/ha	1,0
	1,0 a 2,0 x 0,5 a 1,0 – 13.333 Plantas/ha	1,1
3. Nova: até 1 ano	>3,0 x > 1,0 – 2.500 Plantas/ha	0,6
	> 3,0 x 0,5 a 1,0 – 3.333 Plantas/ha	0,7
	2,0 a 3,0 x 0,5 a 1,0 – 6.666 Plantas/ha	0,8
	1,0 a 2,0 x 0,5 a 1,0 – 13.333 Plantas/ha	0,9

Fonte: Santinato et al. (1996)

Sobre umidade do solo, segundo Albuquerque (2010), se a temperatura máxima for maior que 0, calcula-se:

$$\text{Umidade atual do solo (\%)} = \frac{CC - (10 \times LL)}{Da \times Z} \quad (17)$$

Onde,

CC = Capacidade de campo;

LL = Lâmina líquida;

Da = Densidade aparente do solo;

Z = Profundidade da raiz.

Após a coleta de dados através desta fase, foram incorporados na análise de sistemas para desenvolvimento do aplicativo os seguintes requisitos: banco de dados, os conhecimentos técnicos sobre a região da cultura, dados diários climáticos.

Nos bancos de dados serão calculados por linguagem computacional os valores da evapotranspiração de referência (ET_o), o coeficiente da cultura (K_c), radiação, lâmina líquida (LL), capacidade de água disponível (CAD), lâmina bruta (LB), frequência de irrigação (F), irrigação real necessária (IRN), irrigação total necessária (ITN), capacidade total de água no solo (CTA), intensidade de aplicação (IA), tempo de irrigação em horas e minutos, evapotranspiração da cultura para irrigação localizada (ET_{loc}) e umidade do solo, e constando em todos estes cálculos

principais outras variáveis calculadas. De acordo com os dados inseridos e calculados serão apresentados diariamente ao usuário comum o tempo de irrigação recomendado em minutos.

Foram direcionadas duas entradas de dados, a primeira de conhecimento técnico, voltada a inserção de dados por especialistas (agrônomos, técnicos), que são: 1. Dados de entrada fixos/pouco editáveis da região/sítio/fazenda com cultura de café conilon, realizados por profissionais, são: latitude, hemisfério, altitude, dados do solo (capacidade de campo (CC), ponto de murcha (PM), densidade aparente do solo (Da), fator F de sensibilidade da cultura ao estresse hídrico (f), profundidade da raiz (Z)); 2. Dados do equipamento (vazão, espaço de emissão, espaçamento entre linhas laterais, coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC)); 3. Dados da cultura do café conilon: Plantas por hectare, idade da cultura, coeficiente cultural (KC – inicial, médio e final), espaçamento por plantas, espaçamento por fileiras, porcentagem de

área molhada (PAM), porcentagem de área sombreada (PAS), coeficiente linear da reta de ajuste e coeficiente angular da reta de ajuste. Neste database e dataset serão calculados por linguagem computacional os valores de irrigação real necessária (IRN), irrigação total necessária (ITN) e capacidade.

A segunda entrada de dados será realizada pelos produtores rurais (usuário final), que são: data, temperatura máxima, temperatura mínima, tempo em minutos da irrigação realizada, chuva em milímetros do dia.

Os resultados com o tempo de irrigação recomendado em minutos serão apresentados diariamente ao usuário, de acordo com os dados inseridos e calculados.

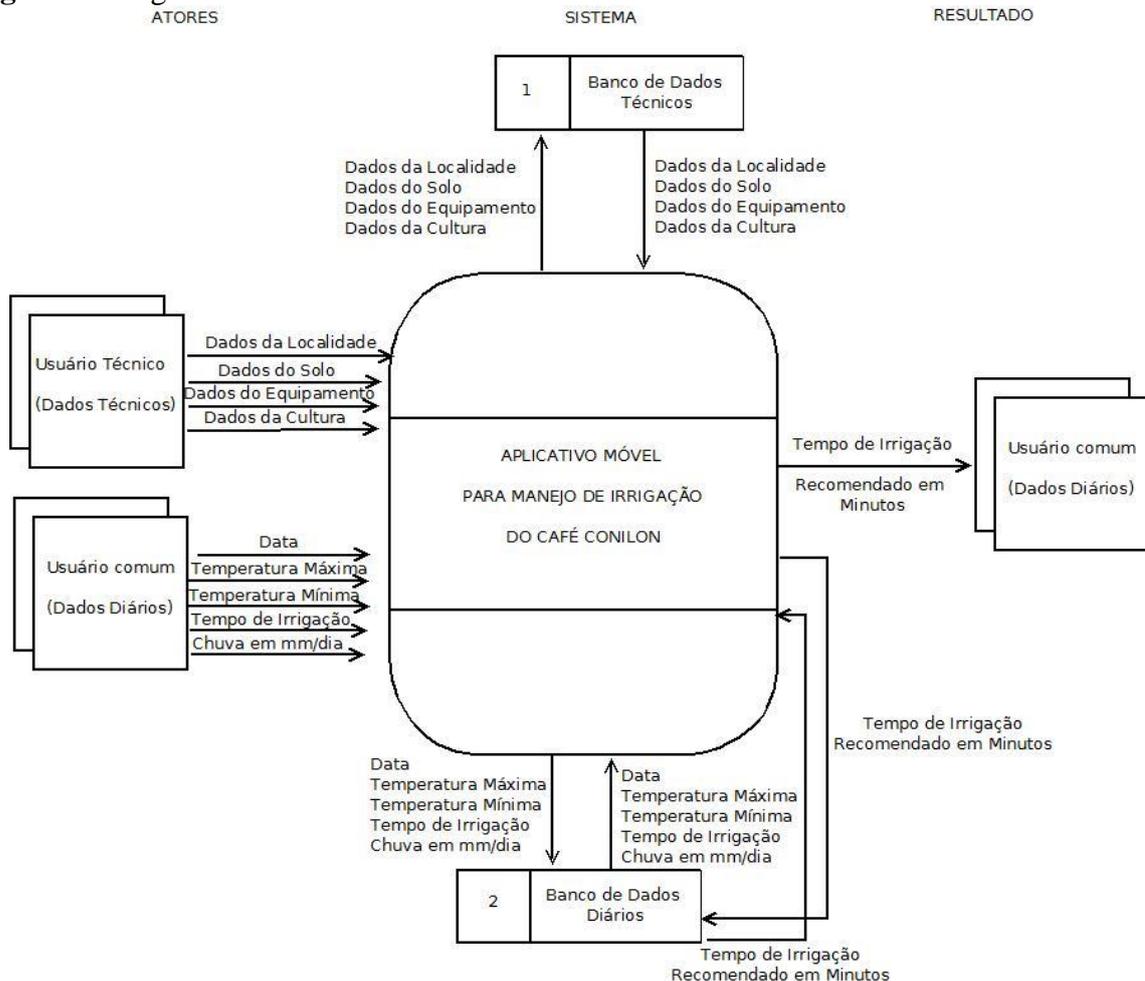
Foi verificado por meio da pesquisa documental que os métodos de manejo da

irrigação requerem cálculos, que na maioria das vezes exige que o produtor tenha um mínimo de conhecimento, o que pode fazer com que o irrigante desista de utilizar estes métodos (FERRÃO et al., 2019). As tecnologias, mesmo que envolvam em si elevados níveis do conhecimento científico, devem ser moldadas da forma mais simples possível para serem adotadas pelos irrigantes.

5.2 Projeto de Sistema

O diagrama de contexto e de fluxo de dados documentam com detalhes todo o funcionamento do sistema. Na documentação são descritos os atores/usuários que irão operar o sistema, o fluxo de dados, os cálculos e o resultado final da funcionalidade (figuras 1, 2 e 3).

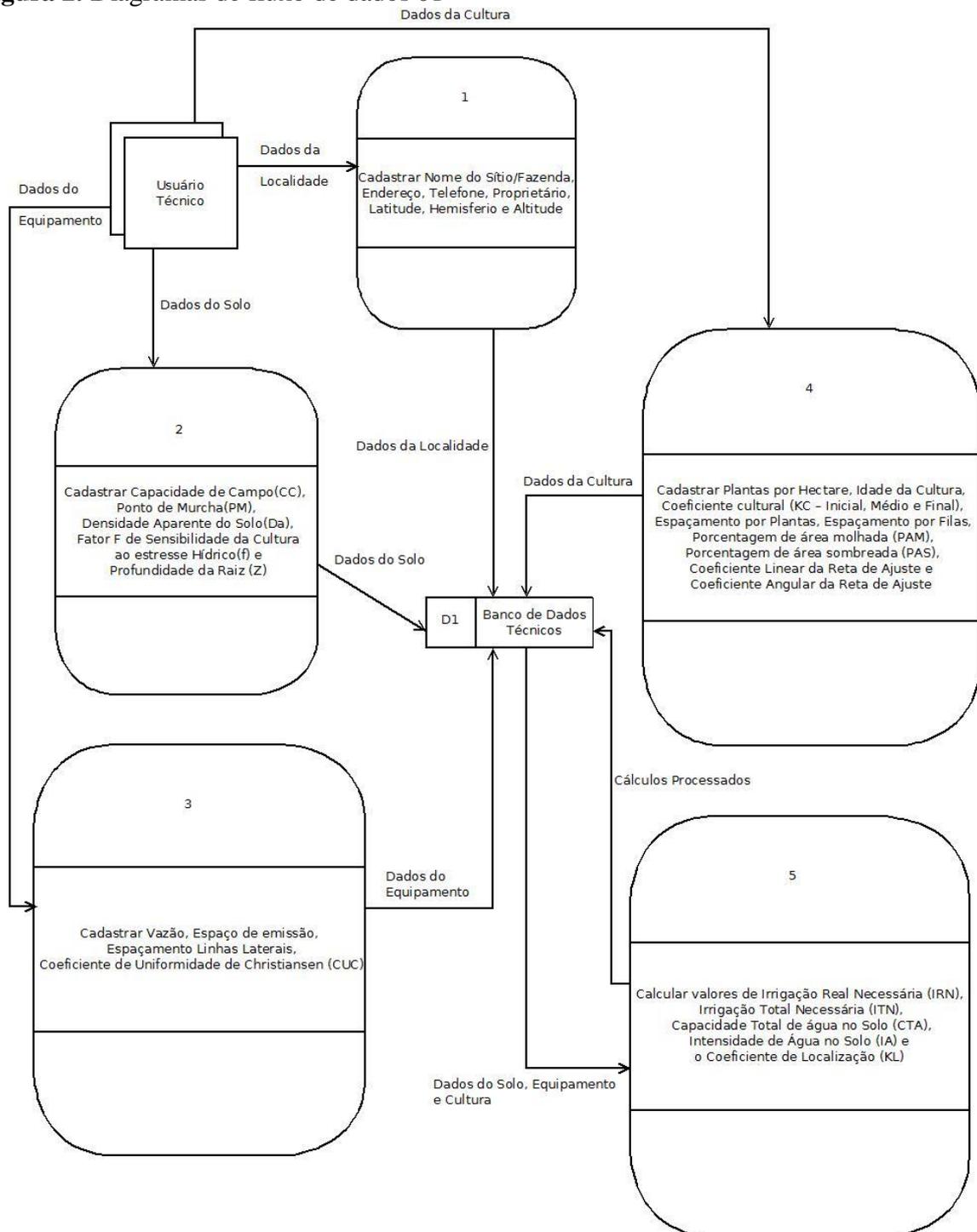
Figura 1. Diagrama de contexto contendo os detalhes do funcionamento do sistema



O diagrama de contexto apresenta os atores, as entradas e saídas de dados, representando todo o sistema. Os atores são os usuários de conhecimentos técnicos que irão inserir os dados da localidade, do solo, do equipamento e da cultura e também o usuário comum, que irá inserir dados

diários, como a data, temperatura máxima e mínima, tempo de irrigação e a chuva em mm/dia. Após a entrada de dados, o sistema realizará cálculos e apresentará o resultado para o usuário final, todos os dados são armazenados em um banco de dados.

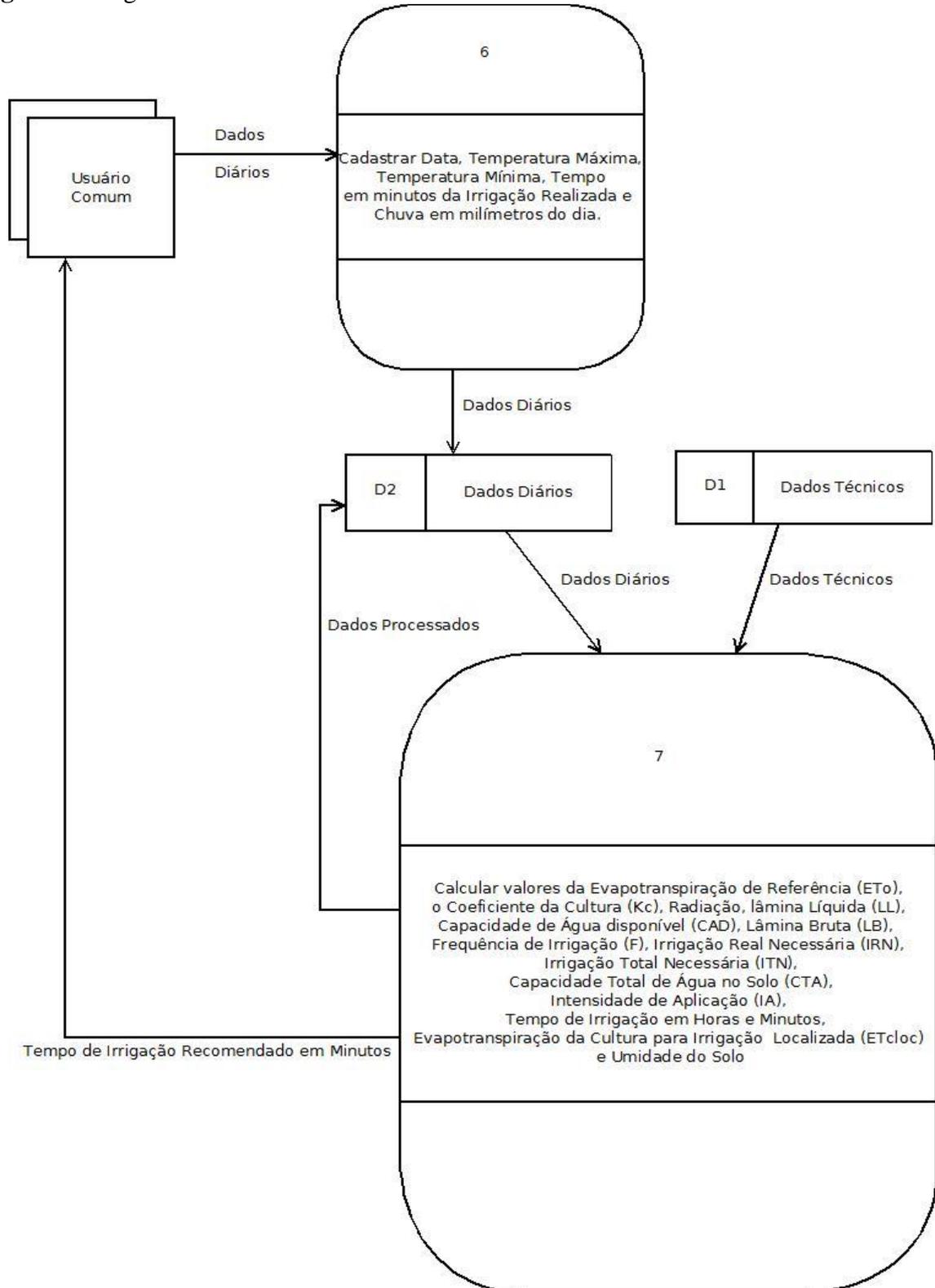
Figura 2. Diagramas de fluxo de dados 01



O diagrama acima apresenta o percurso de dados do usuário técnico, onde ele insere os dados da propriedade, da

cultura, do sol e do equipamento de irrigação para a realização de cálculos que serão base para o cálculo final.

Figura 3. Diagrama de fluxo de dados 02



Neste diagrama o produtor irá inserir a data, as temperaturas máxima e mínima, tempo de irrigação e chuva em mm no dia e com base nos dados inseridos pelos usuários e calculados pelo sistema, será gerado o resultado final que é o tempo de irrigação recomendadas em minutos daquela data.

Lopes et al. (2017) desenvolveram um projeto de irrigação de cafeeiro no norte de Minas Gerais, fazendo uso de um sistema web. Os autores relatam que a ferramenta desenvolvida atendeu aos objetivos propostos de encurtar as distâncias entre o homem do campo e o seu manejo irrigado, aumentando a produtividade da lavoura e impactando na redução de custos. Eles ainda afirmam que o sistema permitiu realizar o gerenciamento do processo de irrigação através do agendamento de horários de início, frequência de irrigação e duração, por meio de uma interface lúdica e intuitiva.

Na área agrícola, o crescimento da utilização de aplicativos móveis é grande, oferecendo sistemas de monitoramento,

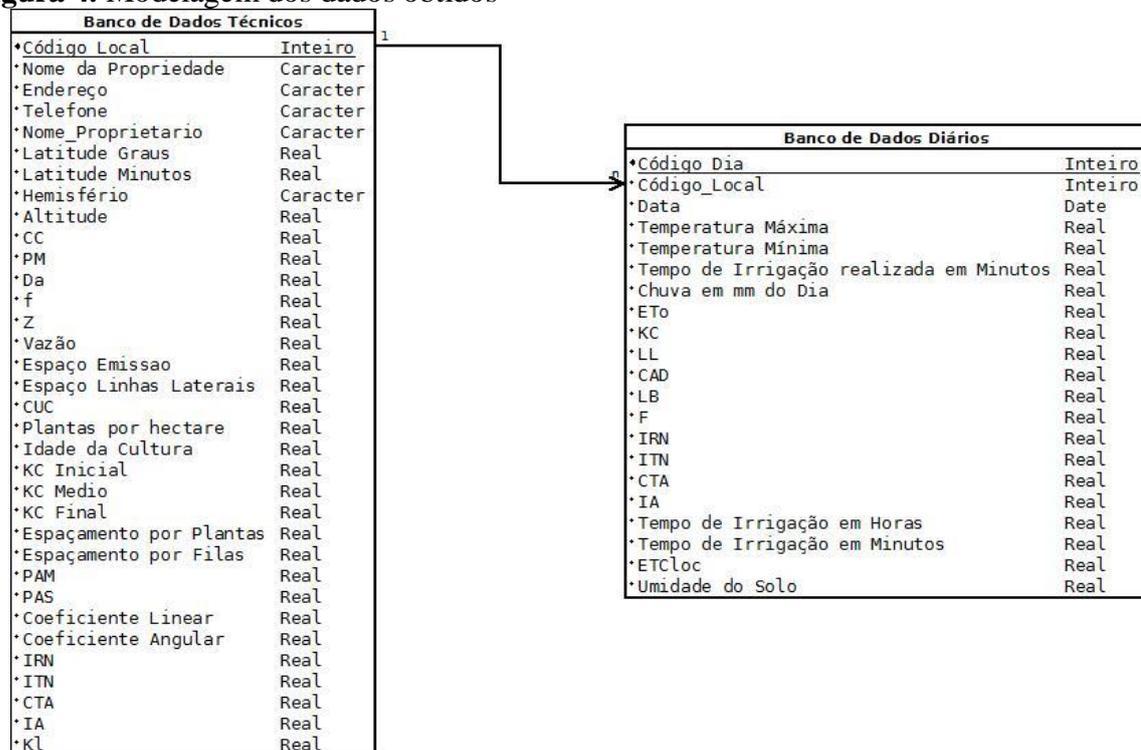
relatórios, identificação de ambientes, alerta de pragas, controle de manejo, controle de irrigação entre muitos outros, que estão sendo aprimorados e utilizados entre os agricultores. Essa utilização se dá principalmente pelo baixo custo e pela facilidade de manuseio e acessibilidade desses dispositivos (LAMPERT et al., 2017).

5.3 Modelagem de Dados

A modelagem de dados demonstra todos os dados enviados pelos usuários e onde foram armazenados no sistema (Figura 4). Com os requisitos coletados e os diagramas de contexto e de fluxo de dados escritos. Fez-se a modelagem, tendo essa abordagem clássica com banco de dados relacional.

A modelagem atua independente do sistema gerenciador de bancos de dados, utilizada em revelações com poucos detalhes, do qual o cliente consegue visualizar as entidades em que serão salvos seus dados, mas não em quais colunas.

Figura 4. Modelagem dos dados obtidos



6 CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho foi possível observar que os produtores e pessoas envolvidas no cultivo de café conilon, tem acesso a celulares e a internet, e que eles têm interesse em utilizar um aplicativo via smartphones para lhe fornecerem informações sobre o manejo de irrigação em suas plantações.

Foi criado um planejamento estruturado de um Projeto de aplicativo para Smartphones capaz de fornecer aos

produtores do café conilon, informação segura de quando e quanto irrigar, sendo possível, desta maneira, realizar as práticas de manejo da irrigação, com vistas à racionalização do recurso água e energia elétrica.

Vale ressaltar que as pesquisas futuras devem ser realizadas a fim de desenvolver em linguagem computacional um aplicativo para smartphone e validar a eficiência do aplicativo na cultura do café conilon.

7 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P. E. P. **Estratégias de Manejo de Irrigação: Exemplos de cálculos**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2010. 35 p.

ALBUQUERQUE, P. E. P. de; GUIMARAES, D. P.; LANDAU, E. C.; COELHO, E. A.; FARIA, C. M. de. **Aplicativo computacional "Irrigafácil" versão 2.1 implementado via web para o manejo de irrigação de algumas culturas anuais no Brasil**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2014. 4 p. (comunicado técnico 208).

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

ARAUJO, G. L.; REIS, E. F.; MORAES, W. B.; GARCIA, G. O.; NAZÁRIO, A. A. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 115-124, 2018.

BAUTISTA, F.; BAUTISTA, D.; CARRANZA, C. D. Calibration of the equations of Hargreaves and Thornthwaite to estimate the potential evapotranspiration in semi-arid and subhumid tropical climates for regional applications. **Atmosfera**, Cidade do México, v.22, n.4, p.331-348, 2009.

BONOMO, D. Z.; BONOMO, R.; PEZZOPANE, J. R. M.; SOUZA, J. M. Alternativas de Manejos de águas em cultivos de Conilon. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p. 537-545, 2014.

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

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. CONAB - **Indicadores da agropecuária**. Ano XXVII, n. 1. Brasília: CONAB, 2018.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. **Café Conilon**. 3 ed. atual. e expandida. Vitória, ES: INCAPER, 2019. 974p.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 1, n. 2, p. 96-99, 1985.

INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **INCAPER inaugura novas estações meteorológicas no estado**. 2017. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/Not%C3%ADcia/incaper-inaugura-novas-estacoes-meteorologicas-no-estado>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Programa de assistência técnica e extensão rural proater**. Santa Teresa-ES: INCAPER, 2011 – 2013.

INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnicas e Extensão Rural. **Cafeicultura: café conilon**. 2018. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/cafeicultura-conilon>>. Acesso em: 14 maio 2018.

LAMPERT, E.; BINELO, M. O.; CARVALHO, P. Automação de um pivô de irrigação utilizando smartphone. **In: I Seminário de Pesquisa Científica e Tecnológica**. Cruz Alta - Rio Grande do Sul, 12 a 13 de maio de 2017. v.1, n.1, p.1-9.

LIMA, R. A. DE S. **Aplicativo para o manejo de irrigação e indicadores de déficit hídrico em videira**. 2019. 74 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Campos dos Goytacazes, RJ.

LOPES, M. P.; SOARES, L. T. M.; ALMEIDA, A. O. Desenvolvimento de aplicativo móvel para gestão e controle de sistemas de irrigação. **In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2017**, Hangar Convenções e Feiras da Amazônia - Belém – PA. 8 a 11 de agosto de 2017. P. 1-5

MARTINS, C. C.; SOARES, A. A.; BUSATO, C.; REIS, E. F. Manejo da irrigação por gotejamento no cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Bioscience Journal**, Oxford, v. 23, n. 2, p. 61-69, 2007.

PEREIRA, L. L. **Perfil da organização produtiva dos cafeicultores das microrregiões serrana**. Rio de Janeiro: Appris, 2015. 49 p.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F.; KER, J. C. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT, 1995. 304 p.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. Campinas: Ed. Arbore, 1996. 146 p.

SILVA, M. G.; OLIVEIRA, I. DE S.; CARMO, F. F.; LÊDO, E. R. F.; SILVA FILHO, J. A. Estimativa da evapotranspiração de referência pela equação de Hargreaves-Samani no estado

do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 132-141, 2015.

SOARES, A. R.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A.; COELHO, M. B.; RENA, A. B.; BATISTA, R. O. Efeito de diferentes lâminas de irrigação no crescimento e produção do cafeeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 14, n. 2, p. 107-114, 2006.

SOLOMON, K. H. Irrigation systems and their water application efficiencies. **Agribusiness Worldwide**, New York, v. 12, n. 5, p. 16-24, 1990.

THEPADIA, M.; MARTINEZ, C. J. Regional calibration of solar radiation and reference evapotranspiration estimates with minimal data in Florida. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Miami, v. 138, n. 2, p. 111-119, 2012.

TOMAZ, P. **Evapotranspiração**. São Paulo: Livro Digital: ISBN: 978-85-905933-5-5, 2008.

VERMEIREN, L.; JOBLING, G. A. **Irrigação localizada**. Campina Grande: UFPB, 1997. 184 p. (Estudos FAO. Irrigação e drenagem, 36).