

**APLICATIVO MÓVEL PARA MANEJO DE IRRIGAÇÃO DO CAFÉ
CONILON**

LUIS CARLOS LOSS LOPES

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
OUTUBRO - 2020**

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

L864

Lopes, Luis Carlos Loss.

Aplicativo móvel para manejo de irrigação do café conilon / Luis Carlos Loss Lopes. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2020.

103 f. : il.

Bibliografia: 83 - 103.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2020.
Orientador: Henrique Duarte Vieira.

1. Café conilon. 2. Manejo de irrigação. 3. Aplicativo Móvel. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

APLICATIVO MÓVEL PARA MANEJO DE IRRIGAÇÃO DO CAFÉ CONILON

LUIS CARLOS LOSS LOPES

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal”

Orientador: Henrique Duarte Vieira

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
OUTUBRO - 2020

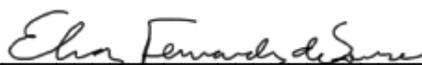
APLICATIVO MÓVEL PARA MANEJO DE IRRIGAÇÃO DO CAFÉ CONILON

LUIS CARLOS LOSS LOPES

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal”

Aprovada em 20 de Outubro de 2020.

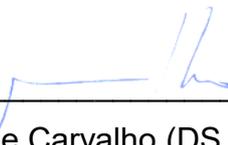
Comissão examinadora:



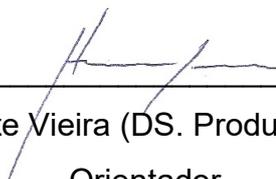
Prof. Elias Fernandes de Sousa (DS. Produção Vegetal) – UENF



Prof. Gustavo Haddad Souza Vieira (DS. Engenharia Agrícola) – IFES



Prof. Almy Junior Cordeiro de Carvalho (DS. Produção Vegetal) – UENF



Prof. Henrique Duarte Vieira (DS. Produção Vegetal) – UENF

Orientador

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal pela grande oportunidade de estudo, e pesquisa;

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Espírito Santo (IFES) pelo apoio na realização deste curso;

Ao meu orientador, Prof. Henrique Duarte Vieira, Coorientador Prof. Gustavo Haddad Souza Vieira e Prof. Elias Fernandes de Sousa pela amizade, apoio, paciência e toda a dedicação e sabedoria na orientação desta pesquisa;

Aos meus colegas de Curso em especial aos do IFES campus Santa Teresa pela amizade, companheirismo e conhecimento adquirido;

Aos meus Familiares pelo apoio de sempre, em especial à minha esposa Almery, ao meu filho Enzo e à minha mãe Gerusa;

Ao meu saudoso Pai Osório, meu maior Professor, esse projeto é dedicado a ele.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Café Conilon	4
2.2 O manejo de irrigação	6
2.3 Balanço hídrico	8
2.4 Linguagem PHP	8
2.5 Banco de Dados MySQL	10
2.6 Usabilidade de aplicativo móvel	10
3. TRABALHOS	12
3.1 PROJETO DE APLICATIVO MÓVEL CAPAZ DE FORNECER INFORMAÇÕES PARA O MANEJO DE IRRIGAÇÃO DO CAFÉ CONILON ..	12
RESUMO	12
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	14
2 MATERIAL E MÉTODOS	15
2.1 Local da Pesquisa	15
2.2 Levantamento de Requisitos	15
2.3 Coleta e Análise de Requisitos – Fase 01	15
2.4 Coleta e Análise de Requisitos – Fase 02 – Pesquisa Documental	15
2.5 Projeto do sistema	16
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
3.1 Coleta e Análise de Requisitos – Fase 02 – Pesquisa Documental	18

3.2 Projeto de Sistema	23
3.3 Modelagem de Dados	26
4 CONCLUSÃO	27
5 REFERÊNCIAS	27
3.2 MOBILE APPLICATION PROJECT FOR CONILON COFFEE IRRIGATION MANAGEMENT	30
ABSTRACT	30
1 INTRODUCTION	31
2 METHODOLOGY	33
Research Location	33
Requirements Collection and Analysis - Documentary Research	33
System design	35
3 RESULT AND DISCUSSION	35
Documentary Research	35
System Design	37
Final product	38
4 CONCLUSION	40
5 DATA AVAILABILITY STATEMENT	40
3.3 USABILIDADE DO APLICATIVO IRRIGA CAFÉ CONFORME AS RECOMENDAÇÕES DA NORMA ISO 9241	47
RESUMO	47
1 INTRODUÇÃO	48
2 MATERIAL E MÉTODO	50
2.1 Local	50
2.2 Características do aplicativo Irriga Café	50
2.3 Validação do aplicativo de acordo com as normas ISO 9241	52
2.4 Princípios da Norma: Grau de Satisfação dos Usuários	53
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4 CONCLUSÃO	61
5 REFERÊNCIAS	62
3.4 CONFIABILIDADE DO APLICATIVO IRRIGA CAFÉ NA INDICAÇÃO DO TEMPO DE IRRIGAÇÃO EM CAFEZAIS CONILON	66
RESUMO	66
1 INTRODUÇÃO	67
2 MATERIAL E MÉTODO	68
2.1 Local	68
2.2 Características do aplicativo Irriga Café	69
2.3 Características da planilha IRRIFES	70

2.4 Análise de comparação	71
3 RESULTADO E DISCUSSÃO	71
4 CONCLUSÃO	77
5 REFERÊNCIAS	77
4. RESUMO E CONCLUSÕES	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83

RESUMO

LOPES, Luis Carlos Loss, D.S.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Novembro de 2020. **Aplicativo móvel para manejo de irrigação do café conilon**. Professor orientador: Henrique Duarte Vieira. Coorientador: Prof. Gustavo Haddad Souza Vieira.

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver e verificar a usabilidade e eficiência 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 dos recursos água e energia elétrica. O projeto foi desenvolvido em parceria com a Universidade Estadual do Norte Fluminense-Darcy Ribeiro, em Campos dos Goytacazes-RJ e o Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa. No desenvolvimento do aplicativo foram empregadas duas técnicas de levantamento de requisitos: a entrevista e a análise de documentos. 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. Para verificar a usabilidade do aplicativo, foi realizado teste com 19 pessoas envolvidas na área de produção do café conilon da região. Posteriormente, os participantes responderam a um questionário com a finalidade de ser utilizado para a validação do aplicativo de acordo com as normas ISO 9241. Além disso, o questionário também teve objetivo de apontar os pontos

fracos e fortes do aplicativo. Já para verificar a confiabilidade dos dados de recomendação de tempo de irrigação, os dados foram coletados durante um ano, da planilha IRRIFES e do aplicativo Irriga café, para comparação do tempo de irrigação recomendado. Na entrevista, observou-se que a maioria dos participantes possui smartphone com internet, e eles demonstraram interesse em utilizar um aplicativo que os auxilie no manejo de irrigação em suas propriedades. Com os dados das entrevistas e da análise documental foi desenvolvido um aplicativo para smartphones para fornecer aos produtores de café conilon informações confiáveis sobre quando e quanto irrigar, possibilitando o manejo da irrigação. No teste de usabilidade do aplicativo, todos os critérios avaliados apresentaram porcentagem de satisfação acima de 80%, independente da tarefa avaliada, sendo considerados, dessa maneira, como pontos fortes do aplicativo, e nenhum ponto foi considerado fraco, de acordo com os princípios da norma ISO 9241. Já na avaliação da confiabilidade do aplicativo, foi verificado que os dados apresentados pelo aplicativo Irriga Café foram semelhantes aos gerados pela planilha IRRIFES. Portanto, foi desenvolvido um aplicativo para manejo de irrigação do café conilon considerado um produto eficiente e eficaz para atender a necessidade do usuário.

ABSTRACT

LOPES, Luis Carlos Loss, D.S Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. November, 2020. **Mobile application for irrigation management of conilon coffee**. Professor Advisor: Henrique Duarte Vieira. Co-advisor: Prof. Gustavo Haddad Souza Vieira

The present work aimed to develop and verify the usability and efficiency 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 in this way, with a view to rationalizing the water and electricity resources. The project was developed in partnership with the Universidade Estadual do Norte Fluminense, Darcy Ribeiro, in Campos dos Goytacazes-RJ and the Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Tereza. In the development of the application, two requirements gathering techniques were used: the interview and the analysis of documents. To determine the reference evapotranspiration, the Hargreaves-Samani model was proposed in the survey of documents and, subsequently, the system design in data flow was created, with presentation of the system phases through diagramming. To check the usability of the application, a test was carried out with 19 people involved in the production of Conilon coffee in the region. After use, the participants answered a questionnaire in order to be used to validate the application in accordance with ISO 9241 standards. In addition, the questionnaire also aimed to point out the application's weaknesses and strengths. In order to verify the reliability of the irrigation time recommendation data, the data were collected over a year, from the IFES software and the Irriga café application, for comparison of the irrigation time.

Irrigation recommended. In the interview, it was observed that most participants have a smartphone with internet, and they showed interest in using an application that helps them in the management of irrigation on their properties. With the data from the interviews and the documentary analysis, an application for smartphones was developed to provide conilon coffee producers with reliable information on when and how much to irrigate, enabling irrigation management. In the usability test of the application, all the criteria evaluated, obtained a percentage of satisfaction above 80%, regardless of the task evaluated, being considered in this way, as strengths of the application, and no point was considered weak, according to the principles of ISO 9241 standard. In assessing the reliability of the application, it was found that the data presented by the Irriga Café application were similar to that generated by the IFES software. Therefore, an application was developed for the management of irrigation of conilon coffee considered an efficient and effective product to meet the user's needs.

1. INTRODUÇÃO

Verificou-se nas últimas três décadas um grande crescimento na produção, produtividade e uso da espécie *Coffea canephora* no Brasil. Concomitantemente, houve grande distinção e reconhecimento da importância desta 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 cultivo do cafeeiro conilon é realizado em áreas onde a deficiência hídrica é o principal fator limitante ao crescimento e à produção (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.

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 disponibilidade de energia solar, da demanda atmosférica, do conteúdo de água no solo e da resistência da planta à perda de água para a atmosfera. No que tange à 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, da planta e do solo. Pois, levando-se em consideração a quantidade de água disponível no solo e o valor da evapotranspiração da cultura é possível estimar a quantidade de água utilizada pela planta e assim indicar o momento adequado e a lâmina de água necessária na irrigação.

Para tanto, os produtores têm utilizado aplicativos computacionais como uma ferramenta para facilitar o cálculo durante o manejo de irrigação de diferentes culturas (Melo et al., 2017), como é o caso do Irriga, SISDA (Coelho et al., 2005), programa para manejo da irrigação – PROMAI (Oliveira et al., 2019), o programa irrigafácil, que determina 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), para a cultura do café (Lopes et al., 2017) e também de videiras (Lima, 2019).

No entanto, os programas de aplicativos que existem são na maioria computacionais, de difícil manuseio, e para culturas de café generalizada, não levando em consideração as características hídricas de cada espécie. Além disso, os trabalhos relatando a validação destes aplicativos são escassos. Para o desenvolvimento de aplicativos deve ser levado em consideração a maneira como o usuário entende o significado dos ícones e a maneira como vai acessar os componentes de controle e executar a tarefa. É na interface com os produtos, que podem ocorrer os principais problemas de usabilidade, levando muitas vezes, ao abandono de algumas funções importantes, por demora, erros e perda de eficiência e eficácia (Silva et al., 2015).

A usabilidade e seus princípios podem ser aplicados como recomendações gerais, independente da técnica específica de diálogo que tenha sido adotada no projeto de design da interface, bem como uma alternativa para inovação e diferenciação dos produtos, como os aplicativos para dispositivos móveis. A avaliação da usabilidade está diretamente ligada ao diálogo entre o usuário e o sistema e pode ser avaliado conforme as normas da ISO 9241, que tem como objetivo obter a eficácia, eficiência e satisfação do consumidor em relação ao produto desenvolvido (Silva et al., 2015).

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.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Café Conilon

No Brasil, a produção cafeeira tem um grande destaque no desenvolvimento econômico e social das regiões produtoras. Além do uso de mão de obra e fixação do homem ao campo, a cadeia produtiva do café participa na geração de empregos em todas as etapas de produção, obtenção de divisas externas e arrecadação de impostos (Seneduandeth et al., 2018). O Brasil se destaca no cultivo do café arábica e do conilon (CONAB, 2018), e beneficiou em 2019 um total de 49,3 milhões de sacas de café arábica e conilon (CONAB, 2019).

O cultivo dessa espécie é realizado em áreas onde a deficiência hídrica é o principal fator limitante ao crescimento e à produção (INCAPER, 2017; Araújo et al., 2018), o que torna necessário realizá-lo predominantemente sob irrigação. 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 para a agricultura brasileira. Os pilares para esta evolução são os processos de geração, difusão e transferência de tecnologias em

conjunto com a agregação de esforços das diferentes instituições e elos da cadeia produtiva do café (Ferrão et al., 2019).

O Estado do Espírito Santo é o principal produtor de café Conilon no Brasil. O Estado possui tradição no cultivo desta cultura, e se destaca pelo empreendedorismo dos seus produtores. O ES possui Centros de Pesquisa que são referência mundial de tecnologias relacionadas à produção cafeeira. Nesse cenário, 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 Técnica e Extensão Rural (INCAPER, 2018), o Espírito Santo é o estado brasileiro que mais produz café conilon, sendo responsável por até 78% da produção nacional.

A água de irrigação é um insumo para a cafeicultura brasileira, disponível em grande parte das propriedades agrícolas. Seu uso racional pode proporcionar um salto de produtividade em pequenas, médias e grandes explorações cafeeiras por disponibilizar nutrientes existentes no solo e até por conduzir fertilizantes e defensivos necessários à lavoura (Ferrão, 2007).

A utilização da irrigação na cafeicultura redesenhou a distribuição geográfica do cultivo do café no Brasil, incorporando áreas antes não recomendadas para o plantio e transformando-as em novos pólos de desenvolvimento da cultura e das regiões (Vicente et al., 2005).

Nesse sentido, a irrigação é uma técnica tão significativa para o cafeeiro, que já permite situá-lo entre as principais culturas irrigadas do Brasil (Ferrão, 2007) e é um importante instrumento para garantir a perenização de emprego e renda para o setor cafeeiro (Pezzopane, 2009).

Araújo et al. (2018) afirmam que 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.

A irrigação não só melhora a produtividade da lavoura do cafeicultor como também garante produtos de maior qualidade e diferenciados, sendo possível aumentar o rendimento econômico na sua comercialização. A etapa inicial de desenvolvimento do café é crítica, uma vez que a falta de umidade necessária

pode atrasar o crescimento das plantas e facilitar a ocorrência de defeitos, comprometendo, assim, toda a safra (Martins et al., 2006).

Percebe-se que a utilização da irrigação tem sido cada vez mais comum, sobretudo em razão dos impactos dos longos períodos de estiagem e de falta de água, fazendo com que muitas lavouras tenham sua produtividade reduzida (Arantes et al., 2009).

Comparadas com as lavouras irrigadas, aquelas que não recebem irrigação apresentam uma produção significativamente menor (Fernandes et al., 2012). A irrigação é, de fato, um fator de aumento da produtividade, o que aumenta a sua importância para a agricultura brasileira (Ferreira, 2013).

Nesse sentido, o déficit hídrico pode ser considerado um dos principais fatores limitantes do crescimento do Cafeeiro Conilon, uma vez que grande parte das áreas cultivadas com essa cultura está localizada em regiões que apresentam restrições hídricas (Araújo et al., 2018). E, não apenas o Brasil, mas em diversos países produtores de café, a seca é considerada o principal estresse ambiental capaz de afetar o desenvolvimento e a produção do cafeeiro (Da Mata e Ramalho, 2006).

Estimativas mais precisas das necessidades hídricas do cafeeiro são essenciais, uma vez que a falta de água pode reduzir de maneira expressiva o crescimento da planta, sem que esta mostre sinais de murchamento ou outro sintoma visível causado pela baixa umidade no solo (Rena e Maestri, 2000).

2.2 O manejo de irrigação

O manejo da irrigação consiste basicamente na tomada de decisão sobre quando e quanto irrigar, de modo a manter o fluxo contínuo de água no sistema solo-planta-atmosfera e, por consequência, de nutrientes (Barreto e Figueirêdo, 2010).

A evapotranspiração é a forma pela qual a água da superfície vegetada passa para a atmosfera no estado de vapor, tendo papel importantíssimo no ciclo hidrológico em termos globais. Esse processo envolve a evaporação da água de superfícies de água livre (rios, lagos, represas, oceano etc.), dos solos e da vegetação úmida (que foi interceptada durante uma chuva) e a transpiração dos vegetais. Para suprir essa perda de água das plantas para atmosfera é

necessário repor esta água ao solo a fim de garantir um bom desenvolvimento das culturas, de forma natural pela chuva ou artificial pela irrigação (Mariano, 2011). Essa questão é importante, dado que, de acordo com Damatta e Ramalho (2006), o cafeicultor não se preocupa só com as temperaturas inadequadas, mas também, e principalmente, com a seca, que é determinante para a produção.

É possível relacionar índices de vegetação à diminuição da taxa fotossintética em plantas que não recebem água em quantidade suficiente. Em épocas de seca, a alteração dos índices *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e *Enhanced Vegetation Index* (EVI) pode ser explicada pela redução da área foliar em plantações de café, o que se deve a problemas de caráter fisiológico das folhas (Damatta e Rena 2002). Porém, no que se refere à fisiologia vegetal, a folhagem do café conillon mesmo em circunstâncias de baixos potenciais hídricos negativos, conservam um alto teor relativo de água (Damatta e Rena 2002). Ou seja, a não ser que o solo esteja extremamente seco, as folhas raramente apresentam sintomas perceptíveis de murchamento (Mota, 2015).

Realizada a suplementação de água das plantas, em quantidade e qualidade necessárias, basicamente são a variação da demanda atmosférica e a área foliar que determinam o fluxo transpiratório. Assumindo que a dilatação da área foliar é considerada pequena na escala diária, assim, para a determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c) e considerando o ciclo solo-planta-atmosfera, são mais importantes os valores das variáveis meteorológicas (Dalmago, 2006).

Em geral, as técnicas de cálculo da quantidade de água necessária às plantas se baseiam em informações meteorológicas. Levando em consideração uma quantidade de água disponível no solo, e conhecendo-se o valor da evapotranspiração da cultura permite informar a quantidade de água consumida pela planta e, assim, é possível indicar a lâmina de água necessária e o momento adequado para a irrigação (Rodrigues et al., 2010).

Dentre os métodos disponíveis para se determinar a evapotranspiração de referência, base para se estimar a evapotranspiração das culturas, destaca-se o modelo empírico conhecido por método de HARGREAVES-SAMANI.

Segundo Allen et al. (1998), o uso da equação de Hargreaves e Samani (1985) é uma alternativa viável para a estimativa ETo quando há falta de parâmetros climáticos requeridos pelo modelo Penman - Monteith. O modelo de

Hargreaves e Samani (HS), além de informações de localização e da data do ano, necessita apenas das medidas de temperaturas mínima, máxima e 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 ETo para o intervalo de cinco dias ou períodos mais longos (Thepadia e Martinez, 2012).

2.3 Balanço hídrico

O balanço hídrico é a contabilidade de todas as adições, retiradas e armazenamento de água no solo, representando a aplicação do princípio da conservação de massa para a água em volume de solo vegetado. A variação do armazenamento representa o balanço entre as entradas e as saídas de água do volume de controle em determinado intervalo de tempo (Pereira et al., 1997; 2002).

Oliosí (2015) explica que a implementação do manejo da água do cafeicultor deve vir logo após a adoção do sistema de irrigação. Para a definição da quantidade de água e da periodicidade da irrigação, tem-se o método de balanço hídrico, que se pauta no balanço de água, em intervalo de tempo, no sistema solo-planta-atmosfera. Nesse procedimento, as precipitações ou as irrigações representam a entrada e a evapotranspiração equivale à saída, sendo necessário destacar que o excedente se perde pela percolação no perfil do solo e por escoamento superficial.

Ortolani e Camargo (1987) destacam o balanço hídrico no solo como uma alternativa viável para a estimativa da disponibilidade hídrica no solo, em virtude de levar em consideração as características específicas do solo e da planta. O resultado obtido com a metodologia do balanço hídrico é o valor da demanda hídrica de uma cultura ao longo do seu ciclo, para as condições do local estudado (Guandique, 1993).

2.4 Linguagem PHP

O Personal Home Page (PHP) é uma linguagem interpretada, geralmente usada para o desenvolvimento de aplicações no lado do servidor, capaz de gerar

conteúdo dinâmico na Web (Phpgroup, 2017). O código é interpretado no lado do servidor pelo módulo PHP, que também gera a página web a ser visualizada no lado do cliente. O PHP tem passado por grande evolução nos últimos anos, consolidando-se entre as linguagens mais importantes para o desenvolvimento web, sendo utilizado por grandes empresas e projetos de código aberto (Gonzalez, 2017).

O PHP é uma linguagem que permite a criação de scripts que se comunicam com um servidor web. O código PHP é embutido em uma página HTML e é executado sempre que a página for acessada. O PHP é interpretado pelo servidor web e gera um código HTML como resposta ao usuário (Welling e Thomson, 2005).

Complementa Schmitz (2009) que o PHP, refere-se a uma linguagem de servidor interpretada que tem diversas qualidades para desenvolvimento. A Linguagem vem evoluindo ao longo de mais de dez anos, tornando-se mais acessível e estável.

Essa linguagem pode ser utilizada nos mais diversos sistemas operacionais, sendo também suportada pela grande maioria dos servidores web atualmente. Com o PHP, portanto, tem-se liberdade de escolha de sistema operacional e de servidor web. Do mesmo modo, pode-se escolher entre utilizar programação estruturada ou programação orientada a objeto (OOP), ou ainda uma mistura das duas.

Atualmente, o PHP conta com uma sólida base de orientação a objetos, funcionalidades como closures, generators e traits, iniciativas de padronização de código com o PHP-FIG e as PSRs, ferramentas como Composer para o gerenciamento de dependências, um vasto e confiável repositório de bibliotecas como o Packagist e uma comunidade bastante ativa (Gonzalez, 2017).

Além disto, essa linguagem possui algumas vantagens como compatibilidade com diversas plataformas e sistemas operacionais, linguagem gratuita de código aberto, pode conectar-se com vários bancos de dados e possui boa velocidade. Suas principais desvantagens são: incompatibilidade entre versões, segurança e problemas com suporte a datas (Araújo, 2009).

2.5 Banco de Dados MySQL

Para um projeto envolvendo armazenamento de dados é imprescindível a utilização de um gerenciador de banco de dados, e o MySQL, caracterizado como um banco de dados relacional, vem com este propósito.

O MySQL é um servidor e gerenciador de banco de dados (SGBD) relacional, de licença dupla, (Uma é a de software livre e uma outra de uso comercial), projetado inicialmente para trabalhar com aplicações de pequeno e médio portes, mas hoje atendendo a aplicações de grande porte e com mais vantagens do que seus concorrentes (Milani, 2006).

De acordo com Muto (2006), o MySQL é um sistema de gerenciamento de banco de dados, que usa a linguagem SQL como interface. Este banco de dados é conhecido por sua facilidade de uso, interface simples e sua capacidade de rodar em vários sistemas operacionais.

De certa forma, o MySQL se torna de grande utilidade, pois além de banco de dados, contém todas as características de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados. Características estas como multiacesso aos dados, gerenciamento de acesso, integridade dos dados, integridade relacional, concorrência, transações, segurança, entre outros (Milani, 2006).

2.6 Usabilidade de aplicativo móvel

Após a criação de aplicativo, para verificar sua eficiência, recomenda-se realizar o teste de usabilidade (Silva et al., 2015). A usabilidade e seus princípios podem ser aplicados como recomendações gerais, independente da técnica específica de diálogo que tenha sido adotada no projeto de design da interface, bem como uma alternativa para inovação e diferenciação dos produtos, como os aplicativos para dispositivos móveis (Silva et al., 2015). A avaliação da usabilidade está diretamente ligada ao diálogo entre o usuário e o sistema e pode ser avaliada conforme as normas da ISO 9241, que tem como objetivo obter a eficácia, eficiência e satisfação do consumidor em relação ao produto desenvolvido (Silva et al., 2015).

Bevan (1998) afirma que uma boa interface para um produto bem projetado permitirá ao usuário concentrar-se na tarefa e não na ferramenta que, se concebida de forma inadequada, pode estender ao invés de reduzir o tempo de

realização de uma tarefa, assim como afetar diretamente outros aspectos como desempenho e qualidade. “Tempo é algo precioso a todo ser humano. Em geral, as pessoas tornam-se insatisfeitas, frustradas e até mesmo enraivecidas quando não conseguem executar atividades de maneira fácil e rápida” (Silva Filho, 2010).

3. TRABALHOS

3.1 PROJETO DE APLICATIVO MÓVEL CAPAZ DE FORNECER INFORMAÇÕES PARA O MANEJO DE IRRIGAÇÃO DO CAFÉ CONILON¹

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

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

¹ Artigo publicado: LOPES, L. C. L.; VIEIRA, H. D.; VIEIRA, G. H. S.; SOUZA, E. F. Projeto de aplicativo móvel capaz de fornecer informações para o manejo de irrigação do café conilon. Irriga, Botucatu, v. 24, n. 4, p. 874-889, outubro-dezembro, 2019.

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 possui smartphone com internet, e eles demonstraram interesse em utilizar um aplicativo que os 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.; SOUSA, E. F.

**MOBILE APPLICATION PROJECT ABLE TO PROVIDE INFORMATION FOR
CONILON COFFEE IRRIGATION MANAGEMENT**

ABSTRACT

Therefore, 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 the 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: the interview and the document analysis. It was found in the interview that the 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 diagramming. It was observed that most respondents have smartphones with internet, and they showed interest in using an application that helps 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.

1 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 TÉCNICA 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 em 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 Técnica 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 à 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.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 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.

2.2 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.

2.3 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.

2.4 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 (ETO) de referência. Segundo Allen et al.

(1998), o uso da equação de Hargreaves e Samani (1985) é uma alternativa viável para a estimativa ETo quando há falta de parâmetros climáticos requeridos pelo modelo Penman - Monteih. 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 ETo 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.

2.5 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 associada a um banco de dados MySQL.

3 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% limpam e fazem o reposicionamento, e 20% fazem 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.

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

Verificou-se como se realiza os cálculos de ETo e Cálculos de kc diários 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), $mm \text{ dia}^{-1}$; $T_{máx}$ é a temperatura máxima diária do ar, $^{\circ}C$; $T_{mín}$ é a temperatura mínima diária do ar, $^{\circ}C$; $T_{méd}$ é a temperatura média diária do ar, $^{\circ}C$; R_a é a radiação no topo da atmosfera, $MJ \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (SILVA, 2015).

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

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

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

Sendo:

R_a = radiação extraterrestre $(MJ/m^2 \times \text{dia})$;

G_{sc} = constante solar = $0,0820 \text{ MJ/m}^2 \times \text{min}$;

ws = 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;

$N = (24/\pi) \times ws$.

Mas:

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

Sendo:

Ws = 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 desde o dia primeiro. Será usado como base sempre o dia 15 de cada mês.

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:

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

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/cm³ de solo).

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

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

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:

IA = Intensidade de aplicação

Segundo Albuquerque (2010), o tempo de irrigação pode ser estimado no cálculo:

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

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 básica ²CC = 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:

$$ET_{cloc} = E_{To} \times K_c \times K_L \quad (15)$$

em que,

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

K_c = Coeficiente da cultura;

K_L = Coeficiente irrigação localizada.

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

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

em que,

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

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

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

Idade	Espaçamento entre ruas e entre plantas (m)	K _C
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_{cloc}) 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 à 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.

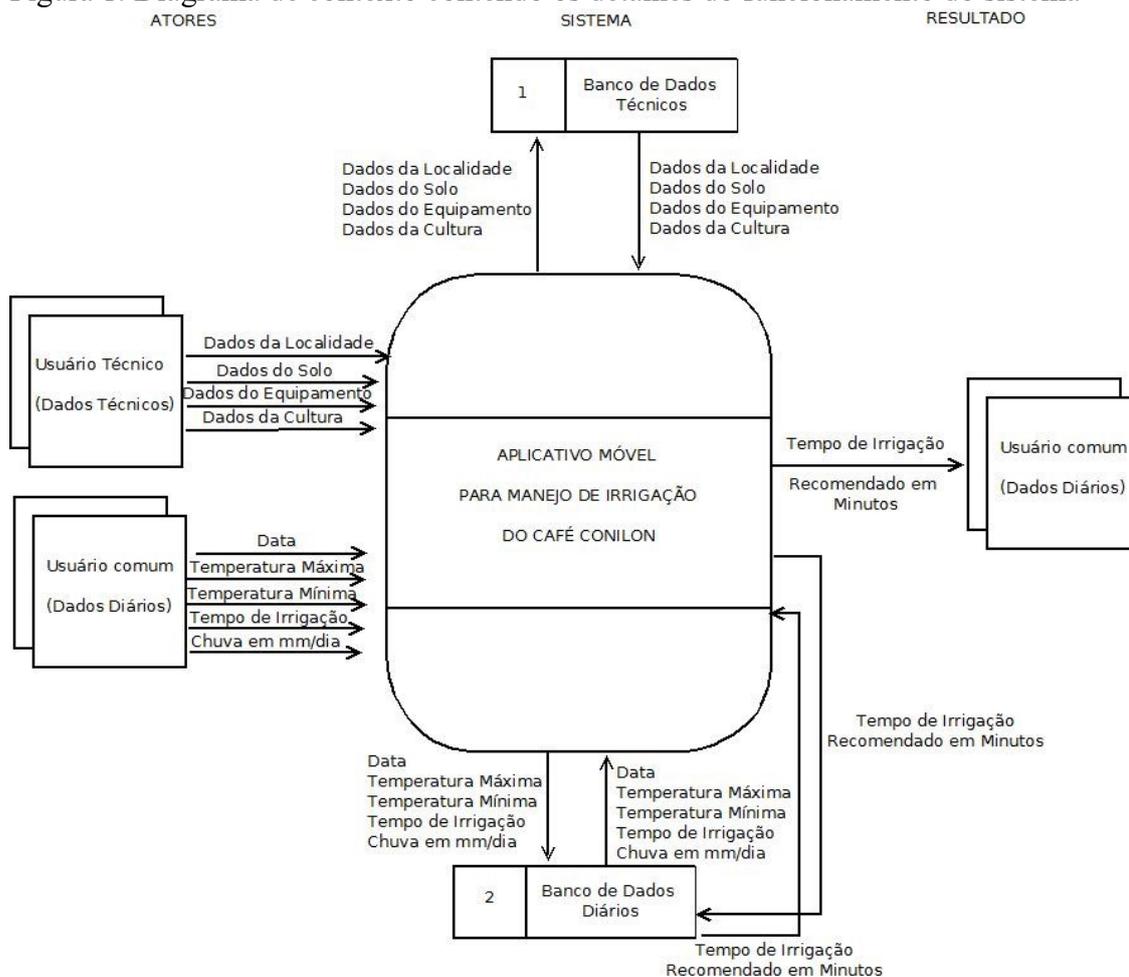
Foi verificado por meio da pesquisa documental que os métodos de manejo da irrigação requerem cálculos, que na maioria das vezes exigem que o produtor tenha um mínimo de conhecimento, o que pode fazer com que o irrigante desista de utilizar estes métodos (FERRÃO et al., 2019). As tecnologias, mesmo que envolvam em si elevados

níveis do conhecimento científico, devem ser moldadas da forma mais simples possível para serem adotadas pelos irrigantes.

3.2 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).

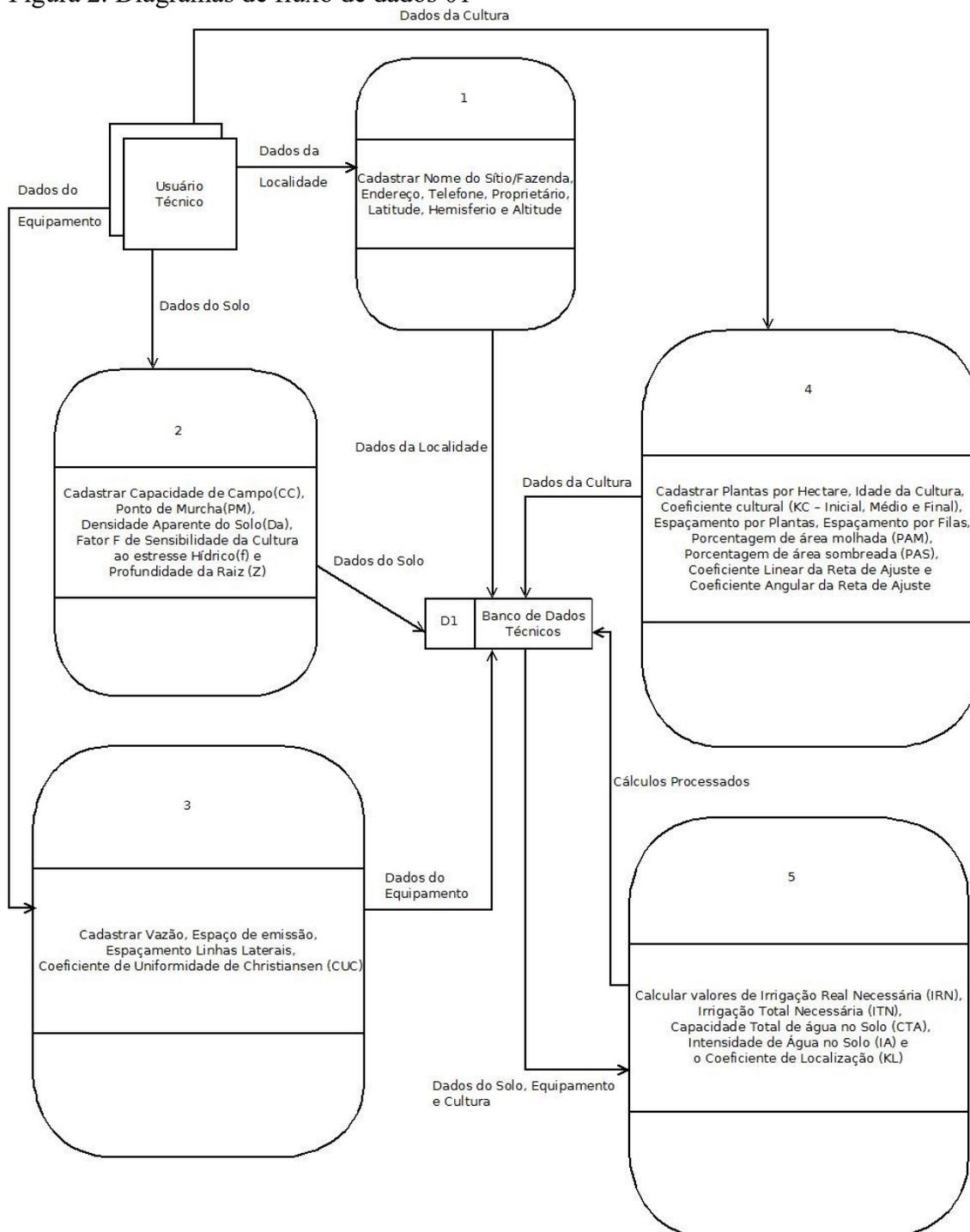
Figura 1. Diagrama de contexto contendo os detalhes do funcionamento do sistema



Fonte: do autor (2020).

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.

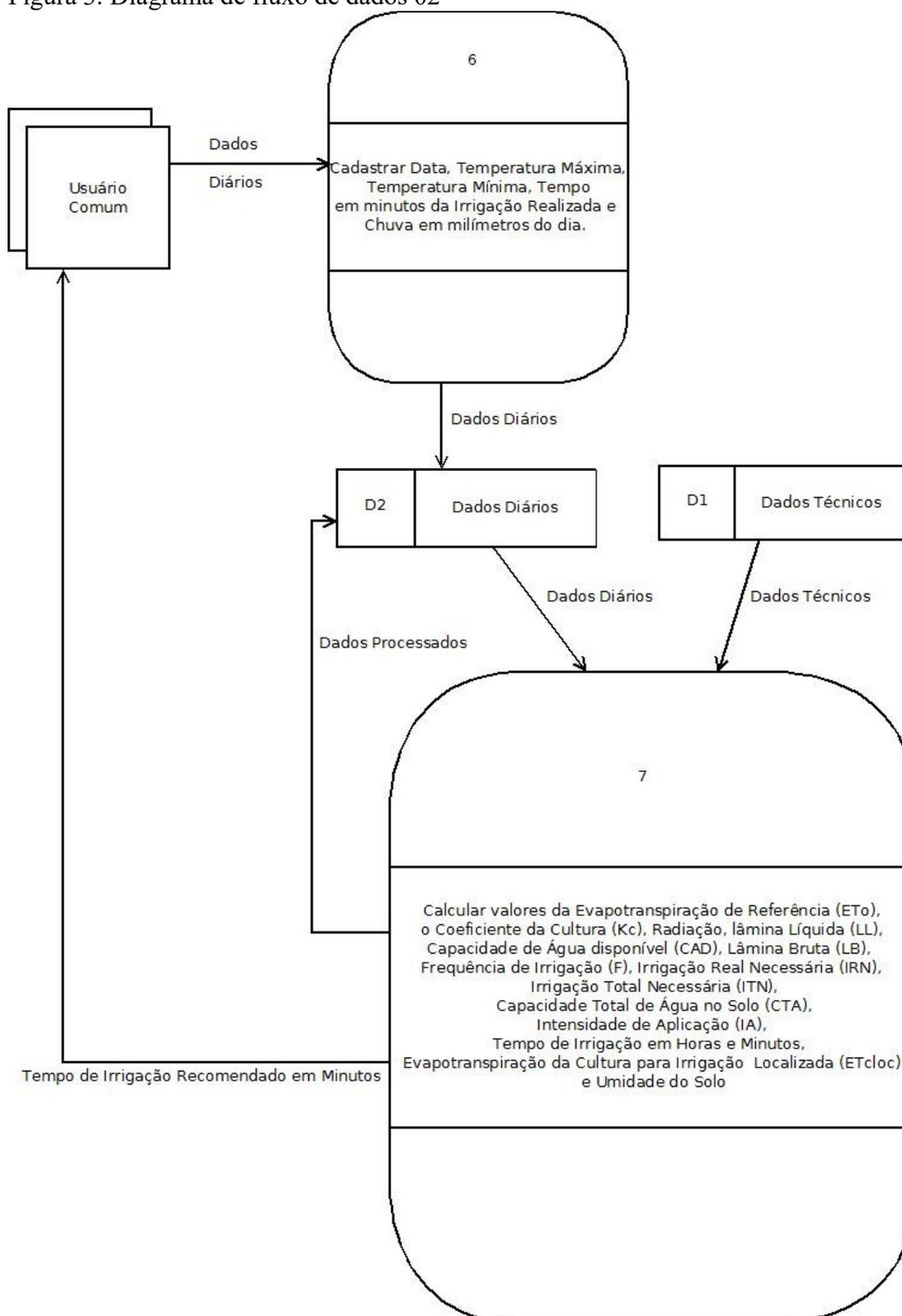
Figura 2. Diagramas de fluxo de dados 01



Fonte: do autor (2020).

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



Fonte: do autor (2020).

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 recomendado 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.

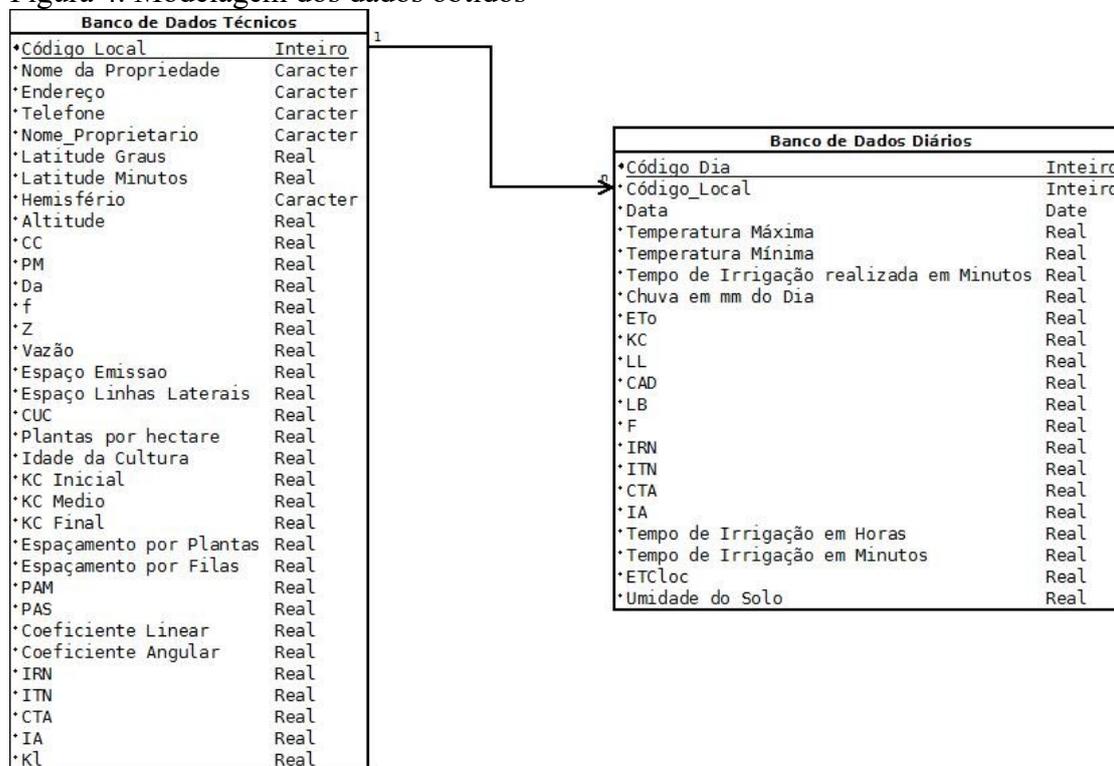
Na área agrícola, o crescimento da utilização de aplicativos móveis é grande, oferecendo sistemas de monitoramento, relatórios, identificação de ambientes, alerta de pragas, controle de manejo, controle de irrigação entre muitos outros, que estão sendo aprimorados e utilizados entre os agricultores. Essa utilização se dá principalmente pelo baixo custo e pela facilidade de manuseio e acessibilidade desses dispositivos (LAMPERT et al., 2017).

3.3 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



Fonte: do autor (2020).

4 CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho foi possível observar que os produtores e pessoas envolvidas no cultivo de café conilon, têm acesso a celulares e a internet, e que eles têm interesse em utilizar um aplicativo via smartphones para lhes 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.

5 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).

ARAÚJO, 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. *Atmósfera*, 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).

3.2 MOBILE APPLICATION PROJECT FOR CONILON COFFEE IRRIGATION MANAGEMENT²

MOBILE APPLICATION PROJECT FOR CONILON COFFEE IRRIGATION MANAGEMENT

Luis Carlos Loss Lopes¹, Henrique Duarte Vieira², Gustavo Haddad Souza Vieira³,
Elias Fernandes de Sousa⁴

^{1, 3} Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa, Rodovia ES-080,
Km 93 s/n - 29660-000, Santa Teresa – ES, Brasil. E-mail: luisloss@gmail.com,
ghsv@ifes.edu.br

^{2, 4} Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do
Norte Fluminense Darcy Ribeiro - 28013-602 Campos dos Goytacazes – RJ,
Brasil. Email: henrique@uenf.br, efs@uenf.br

ABSTRACT

The objective of this study was to develop an application for Smartphones capable of providing Conilon coffee producers with information on when and how much to irrigate, thus making it possible to carry out irrigation management practices, with a view to rationalizing water and electrical resources. The work was carried out in Santa Teresa, a

² Artigo aceito para publicação. LOPES, L. C. L.; VIEIRA, H. D.; VIEIRA, G. H. S.; SOUSA, E. F. ASCE Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 2020 in press.

mountainous region in the state of Espírito Santo, Brazil. To determine the reference evapotranspiration, the Hargreaves-Samani model was proposed in document research and, subsequently, the system design was created in data flow, with presentation of the system phases through diagramming. The application was developed in the PHP language (Personal Home Page). A context and a data flow diagram were created for use in the application in question. An application for Smartphones was developed to provide conilon coffee producers with reliable information on when and how much to irrigate, thus enabling irrigation management. It is worth mentioning that future research must be conducted to validate the efficiency of the application in the culture of Conilon coffee, evaluating the production of coffee.

Keywords: diagramming, production, smartphone, software, water balance.

1 INTRODUCTION

The coffee activity has a great prominence in the national agricultural scenario, mainly for its participation in the economic and social development of the several producing regions. Brazil has stood out as the largest producer, exporter and consumer of coffee in the world (EMBRAPA, 2015), highlighting the cultivation of Arabica and Conilon coffee (CONAB, 2018), and benefited in 2019 approximately 12,327 thousand bags of Conilon coffee (CONAB, 2019).

It was verified in the last three decades, a great growth in the production, productivity and use of the species *Coffea canephora* in Brazil. Concomitantly, there was a great distinction and recognition of the importance of this crop, having as pillars, in this evolution, the generation, diffusion and transfer of technologies and the aggregation of efforts of the different institutions and links in the coffee chain (Ferrão et al., 2019).

With regard to the cultivation of Conilon coffee (*Coffea canephora*), it is worth mentioning that it is carried out in areas where water scarcity is the main limiting factor for growth and production (INCAPER, 2017), which makes it necessary to carry out it predominantly under irrigation.

According to Araújo et al. (2018) water deficit is considered one of the main limiting factors for coffee development. Fernandes et al. (2012) report that irrigated coffee farming occupies an area of 240,000 hectares in Brazil, with the majority of this area located in cerrado regions, representing more than 25% of the total coffee production in the country.

The use of irrigation in coffee growing has provided an increase in production and the insertion of coffee in areas that previously were not possible to be explored mainly in regions with irregular rainfall distribution. Irrigation water has become a new input in Brazilian coffee growing, a limited natural resource that has become scarce every day. Therefore, its rational and efficient use, through the use of technologies associated with irrigation and appropriate management practices, becomes essential in the search for minimizing the use of water and the preservation of water resources, without compromising product productivity and quality (Bonomo and Souza, 2016).

In this sense, the use of computational applications has been an applied tool in order to facilitate irrigation management, thus avoiding that producers have to carry out complicated calculations (Melo et al., 2017).

There are applications for the management of irrigation of various crops, such as Irriga, SISDA (Coelho et al., 2005), Irrigation Management Program - PROMAI (Oliveira et al., 2019), the Irrigafácil program, which programs irrigation of corn, sorghum and bean crops, using the soil water balance technique (Albuquerque et al., 2014), for coffee cultivation (Lopes et al., 2017) and also for vines (Lima, 2019). However, the existing

softwares are mostly computational, difficult to handle, and for generalized coffee crops, not taking into account the water characteristics of each species.

Based on this context, the objective of this study was to develop a software for Smartphones capable of providing conilon coffee producers with information on when and how much to irrigate.

2 METHODOLOGY

Research Location

The work was developed in Santa Teresa, a Municipality of the mountainous region of the state of Espírito Santo, Brazil, Longitude: 40° 35 '28" W and Latitude: 19° 56 '12" (INCAPER, 2013). The Municipality of Santa Teresa has an area of 694,532 km², corresponding to 1.51% of the state's territory. It is located 78 km from the capital Vitória, northbound, with an altitude of 675 meters above sea level (Figure 1).

Santa Teresa has two distinct climatic periods, one rainy and one dry, with an average annual rainfall of 1,408 mm, with a period of greater precipitation between months from October to April, concentrating more than 70% of the annual rain in these months (Nóbrega et al., 2008).

The development of the proposed software was carried out at the Programming Laboratory of the Technology Course in Systems Analysis and Development, at the Federal Institute of Espírito Santo - Santa Teresa campus and at the Universidade Federal do Norte Fluminense Darcy Ribeiro in Campos dos Goytacazes-RJ.

Requirements Collection and Analysis - Documentary Research

A documentary research was carried out, which began with the search for the most mentioned model, that of Hargreaves and Samani (1985) to estimate the reference evapotranspiration (ET_o) (Eq. 1).

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

Where: ET_{oHS} is the reference evapotranspiration by the method of Hargreaves and Samani (1985), mm day^{-1} ; T_{max} is the maximum daily air temperature, $^{\circ}\text{C}$; T_{min} is the minimum daily air temperature, $^{\circ}\text{C}$; T_{med} is the average daily air temperature, $^{\circ}\text{C}$; R_a is radiation at the top of the atmosphere, $\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$ (Silva et al., 2015).

According to Allen et al. (1998) the use of the Hargreaves and Samani equation (1985) is a viable alternative for the ET_o estimate when there is a lack of climatic parameters required by the Penman - Monteih model.

The irrigation frequency (F), based on the crop evapotranspiration (ET_c) of the irrigation system design, is presented as follows:

$$F = \frac{LL}{ET_c} \quad (2)$$

Where:

F = frequency of irrigation (days);

LL = liquid irrigation depth (mm);

ET_c = culture evapotranspiration (mm / day).

The Hargreaves and Samani (HS) model requires only the minimum, maximum, and average air temperatures. This model has been widely used due to its simplicity and the potential for calibrating its parameters (Bautista et al., 2009) and can provide reliable data from ET_o for the interval of five days or longer periods (Thepadia and Martinez, 2012).

According to the data entered and calculated, the recommended irrigation time in minutes will be presented to the average user daily.

System design

After the conclusion of the Requirements analysis, a new phase of the project called structured analysis of systems in Data Flow began, where all phases of the system were projected through diagramming.

This stage of the System Project was divided into three parts: the Context diagram, responsible for representing the functions that each user uses in the system, the data flow diagram with Data Dictionary for each Process, which describes each one of these functions and data modeling, which is the layout of the database.

The application was developed in the Java language associated with a MySQL database.

3 RESULT AND DISCUSSION

Documentary Research

The following requirements were incorporated into the systems analysis for application development: database, technical knowledge about the crop, region and daily climatic data.

In the databases, the Reference Evapotranspiration (ET_o), Crop Coefficient (K_c), Radiation, net depth (LL), Available Water Capacity (CAD), gross depth (LB), Frequency will be calculated by Computer Language Irrigation System (F), Actual Irrigation Required (IRN), Total Irrigation Required (ITN), Total Water Capacity in the Soil (CTA), Intensity of Application (IA), Irrigation Time in Hours and Minutes, Evapotranspiration of the Crop for Drip Irrigation (ET_{cloc}) and Soil Moisture, and other calculated variables are included in all these main calculations. According to the data entered and calculated, the Recommended Irrigation time in Minutes will be presented to the average user daily.

Two data entries were directed, the first of technical knowledge, aimed at the insertion of data by specialists (Agronomists and Technicians), which are: Fixed / little editable data from the region / Site / Farm with Conilon coffee crop, latitude, hemisphere, altitude, soil data (Field Capacity (CC), Wilt Point (PM), Bulk Density of Soil (Da), Crop Sensitivity Factor to Water stress (f), Root Depth (Z)) , equipment data (Flow, Emission Space, Spacing between Side Lines, Christiansen's Uniformity Coefficient (CUC), Conilon Coffee Crop Data: Plants per Hectare, Age of Crop, Crop Coefficient (KC - Initial, Middle and Final), Plant Spacing, Row Spacing, Wet Area Percentage (PAM), Shaded Area Percentage (PAS), Linear Adjustment Line Coefficient and Adjustment Line Angle Coefficient. In this Database and Dataset will be calculated by Lin computational guidance the values of Actual Irrigation Required (IRN), Total Irrigation Required (ITN) and Capacity.

The second data entry will be performed by the farmers (end user), which are: Date, Maximum Temperature, Minimum Temperature, Time in minutes of the Irrigation Performed and Rain in millimeters per day.

The results according to the entered and calculated data will be presented daily to the average user the Recommended Irrigation time in Minutes.

It was verified through documentary research that irrigation management methods require calculations. The calculations, in turn, require a little knowledge of the farmer, who normally does not absorb or abandon them in exchange for using the empirical method of establishing a number of hours, indistinctly, based on the experience of some other farm. Therefore, transferring irrigation management technology is a difficult task (Ferrão et al., 2019). Technologies, even if they involve high levels of scientific knowledge, must be shaped in the simplest possible way to be adopted by irrigators.

System Design

The Context and Data Flow Diagram document in detail the entire operation of the system. The documentation describes the actors / users who will operate the system, the data flow, the calculations and the final result of the functionality (figures 2, 3 and 4).

The context diagram shows the actors, data inputs and outputs, representing the entire system. The actors are the users of technical knowledge who will enter the data for the location, the soil, the equipment and the culture and also the common user, who will enter daily data, such as the date, maximum and minimum temperature, irrigation time and the rain in mm day^{-1} . After data entry, the system will perform calculations and present the result to the end user, all data is stored in a database.

The diagram above shows the data path of the technical user, where he inserts the data on the farm, the crop, the soil and the irrigation equipment to perform calculations that will be the basis for the final calculation.

In this diagram the producer will insert the date, the maximum and minimum temperatures, irrigation time and rain (mm day^{-1}) and based on the data entered by the users and calculated by the system, the final result will be generated which is the recommended irrigation time (minutes) from that date.

Lopes et al. (2017) developed a coffee irrigation project in the north of Minas Gerais state, Brazil, using a web system. The authors report that the developed tool met the proposed objectives of shortening the distances between the farmer and his irrigated management, increasing crop productivity and impacting on cost reduction. They also claim that the system has made it possible to manage the irrigation process by scheduling start times, frequency of irrigation and duration, through a playful and intuitive interface.

In the agricultural area, the growth in the use of mobile applications is great, offering monitoring systems, reports, identification of environments, pest alert,

management control, irrigation control, among many others, which are being improved and used among farmers. This use is mainly due to the low cost and the ease of handling and accessibility of these devices (Lampert et al., 2017).

Final product

The developed software consisted of a home screen, also called a business card, where the name of the software and the institutions that were responsible for its development are informed. In addition, on this initial screen there is an image that shows a small coffee plant being irrigated, allowing the plant to grow over time (Figure 5A).

The next screen, or second screen that appears, is for entering the technical data, which must be entered by technicians or professionals in the field. These data are fixed and the farmers did not need to change this data daily. At the bottom of the screen you can see two icons: daily data and technical data (Figure 5B), which can be changed by the operator with just one touch.

The third screen concerns the daily data. The insertion of these data will be the responsibility of the farmer, however it is possible to see that it is easy to use software, which requires the insertion of only temperature, irrigation and rain data. After the producer enters the requested data, just click on “include data” and it will be possible to obtain the recommended irrigation time result, given in minutes, for that day (Figure 5C).

According to Migliaccio et al. (2018) the functionality of each application must be developed and customized for each group of users, considering the most commonly used irrigation systems, and in this study, according to previous evaluations, the region's producers mainly use drip irrigation, this being the equipment adopted for the development of this application.

According to Ferrão et al. (2019), the drip system is the most used and the most efficient to be used in agriculture. This type of localized irrigation has been used in coffee growing due to some advantages, when compared to other methods, such as the high uniformity of water application, greater operational efficiency, water saving and less labor need, however, management techniques are necessary to better control the amount of water applied, ensuring the proper development of the coffee crop. Deficient or excessive irrigation can lead to lost productivity and reduced profitability (Martins et al., 2007).

According to the CONAB report (2019) for the state of Espírito Santo, the area under production and the average productivity of the Conilon coffee crop registered increases of 4.5% and 9.8%, respectively, when compared to the values obtained in the 2018 harvest. Around 241.8 thousand hectares were used to produce 10,318 thousand bags of coffee, with an average yield of 42.67 bags / ha. According to the report, even surpassing the production of 2018, this crop is still far from the potential of the state's crops, this occurred due to high temperatures and the lack of precipitation, especially between January and March 2019, impacted on the grain filling stage.

In this sense, the application of the technology developed in this article, which is easy to handle, can help producers in the next harvests, so that they can manage the irrigation properly. In general, for satisfactory development of the Conilon coffee plant, climatic conditions are required, including a rainfall of approximately 1,200 mm, distributed between September and March, and average air temperature values between 22.0 and 27.5° C (Rodrigues et al., 2016).

According to Vicente et al. (2017) irrigation management is a technical and complex activity that provides efficient water use, promoting environmental conservation, with a commitment to the productivity of the exploited crop. This occurs due to the variation of climate, soil, plant, irrigation system used and even with the labor employed. In this sense, during the development of the application, care was taken to take into

account the variables mentioned in order that the responses obtained in the applications reached their goal of producing without wasting water on irrigation.

4 CONCLUSION

With the completion of this study it was possible to develop a software for Smartphones 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 rationalize the water resource and electricity.

It is worth mentioning that future research must be carried out in order to validate the efficiency of the application in the Conilon coffee crop, by evaluating its productivity.

5 DATA AVAILABILITY STATEMENT

The authors of the paper state that All data, models and codes generated or used during the study appear in the submitted article.

6 REFERENCES

- ALBUQUERQUE, P. E. P. et al. 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. et al. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ARAUJO, G. L. et al. 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. *Atmósfera*, Mexico City, v. 22, n. 4, p. 331-348, 2009.

BONOMO, R.; SOUZA, J. M. Uso eficiente da água na irrigação do cafeeiro Conilon. In: Café conilon: o clima e o manejo da planta. PARTELLI, F. L.; BONOMO, R. (eds.). Alegre, ES: CAUFES, 2016. p. 983-110.

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. AnoXXVII, n. 1. Brasília: CONAB, 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. CONAB – Acompanhamento da safra brasileira de café, v. 5– Safra 2019, n. 3 - Terceiro levantamento. Brasília: CONAB, 2019. p. 48.

EMBRAPA. Notícias, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2574254/cafe-e-a-segunda-bebida-mais-consumida-no-brasil> em 03/11/2015. Acesso em: 14 jan 2020.

FERNANDES, A. L. T. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.

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, 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: 19 jan. 2020.

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

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 f. 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. et al. Manejo da irrigação por gotejamento no cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Bioscience Journal, v. 23, n. 2, p. 61-69, 2007.
- MELO, D. P. et al. Aplicativo web para cálculo de balanço hídrico no manejo da irrigação. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v. 11, n. 2, p. 1302 - 1309, 2017.
- MIGLIACCIO, K. W. et al. Smartphone apps for irrigation scheduling. American Society of Agricultural and Biological Engineers, Michigan, v. 59, n. 1, p. 291-301, 2018.
- NÓBREGA, N. E. F. et al. Classificação climática e balanço hídrico climatológico para a Região produtora de uva do município de Santa Teresa – ES. In: XX Congresso Brasileiro de Fruticultura 54th Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture 12 a 17 de Outubro de 2008 - Centro de Convenções – Vitória/ES, p. 1-5.
- OLIVEIRA, R. M. et al. PROMAI - Programa para Manejo da Irrigação. In: X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil – ISSN: 1984-9249. 8 a 11 de outubro de 2019, Vitória – ES. p. 1-6.
- RODRIGUES, W. P. et al. Interação de altas temperaturas e déficit hídrico no cultivo de café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner). In: Café conilon: o clima e o manejo da planta. PARTELLI, F. L.; BONOMO, R. (eds.). Alegre, ES: CAUFES, 2016. p. 39-56
- 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, v.9, n.2, p.132-141, 2015.
- 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, v. 138, n. 2, p. 111-119, 2012.
- VICENTE, M. R. et al. Efeitos da irrigação na produção e no desenvolvimento, do cafeeiro na região oeste da Bahia. Coffee Science, Lavras, v. 12, n. 4, p. 544 - 551, 2017.

FIGURES

Figure 1. Santa Maria location



source: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Santa_Teresa_\(Esp%C3%ADrito_Santo\)#/media/](https://pt.wikipedia.org/wiki/Santa_Teresa_(Esp%C3%ADrito_Santo)#/media/)

Ficheiro:EspiritoSanto_Municip_SantaTeresa.svg.

Figure 2. Context diagram containing the details of the system's operation.

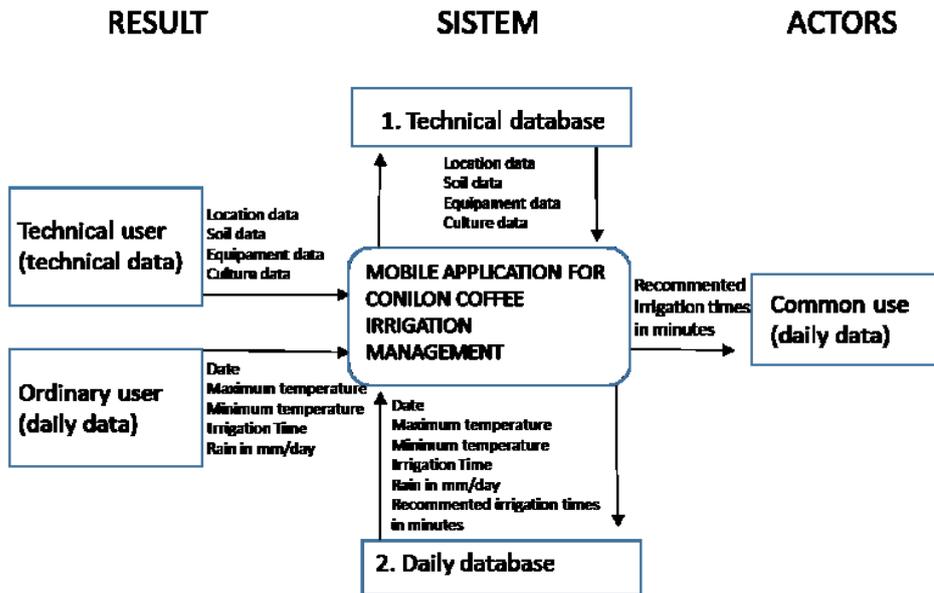


Figure 3. Data Flow Diagrams 01

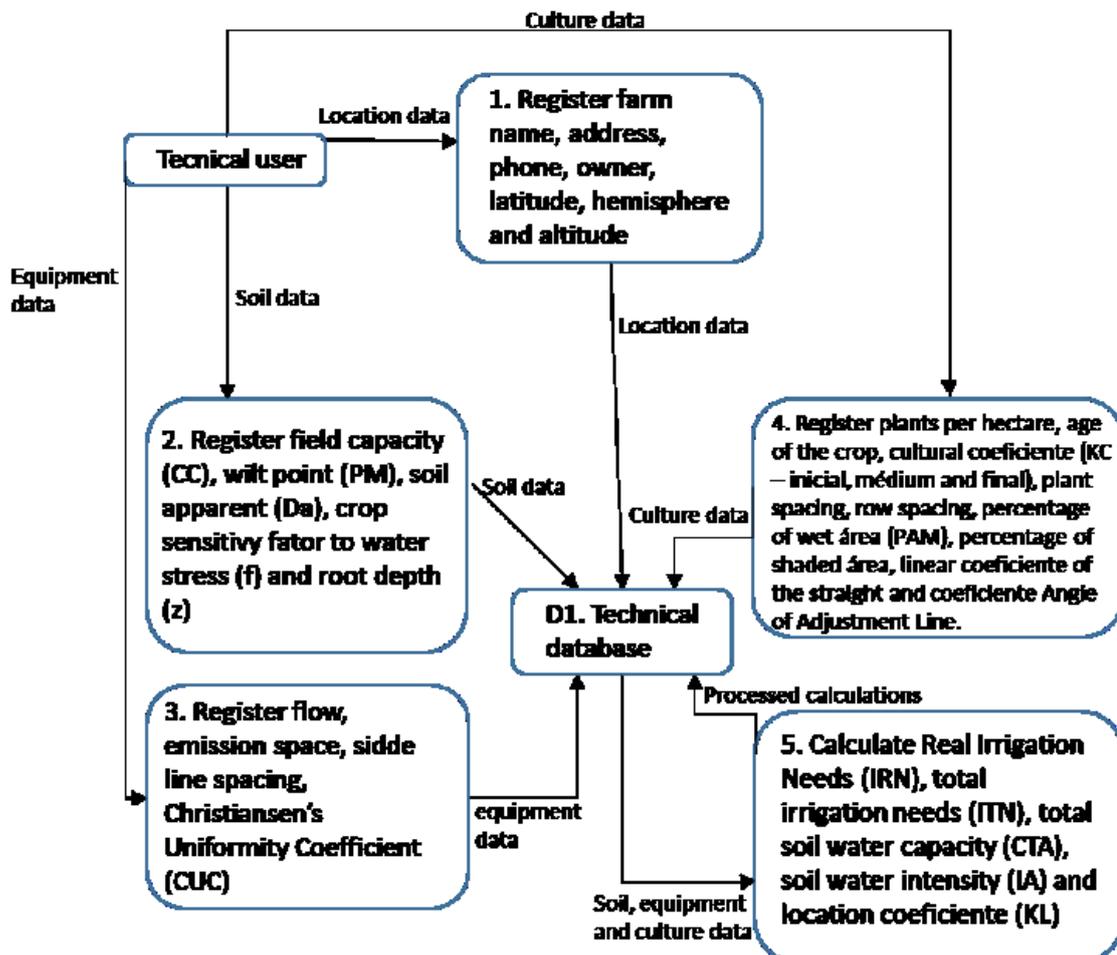


Figure 4. Data Flow Diagram 02

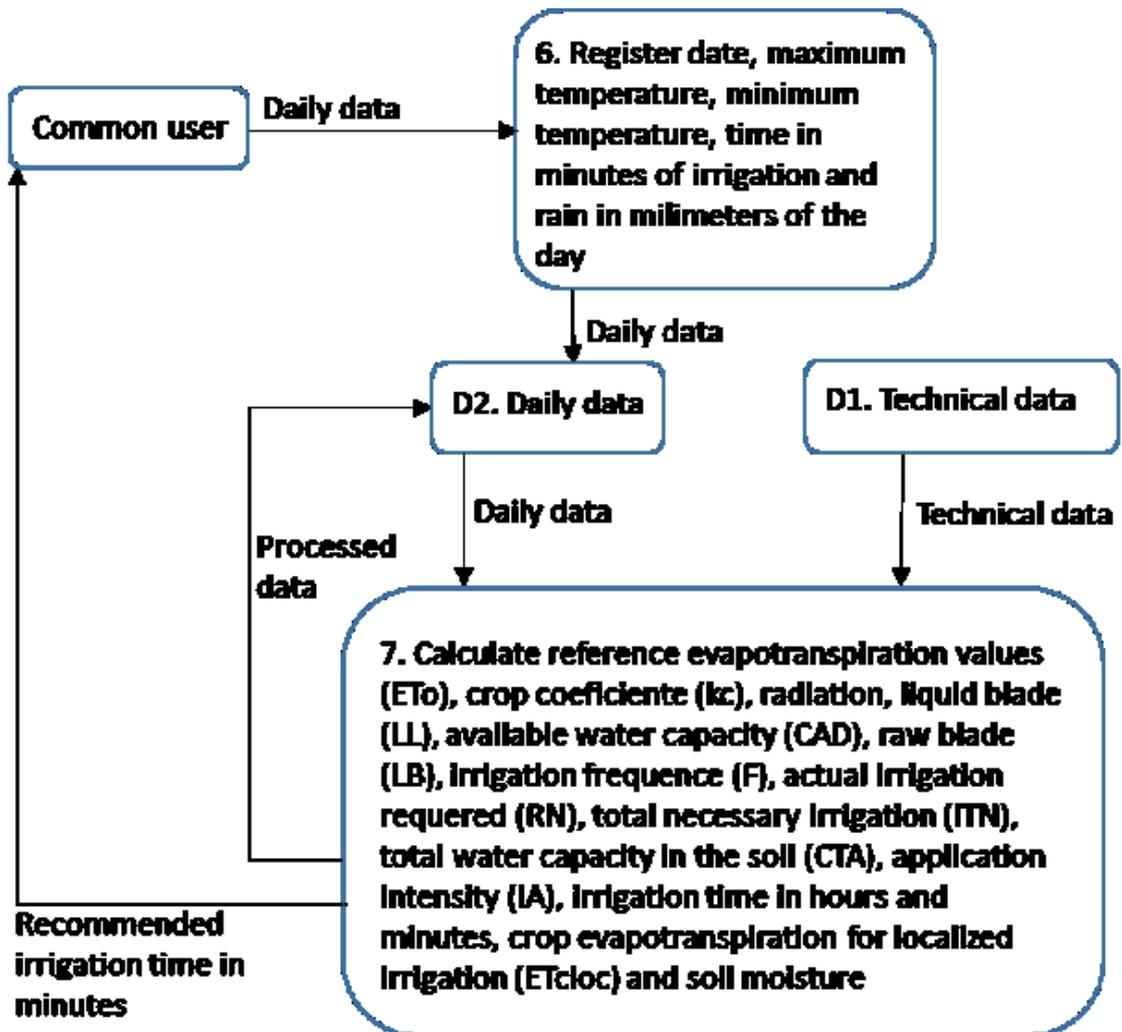


Figure 5. Screenshots of the application developed to obtain coffee irrigation time. A. home screen; B. screen with technical data; C. screen with daily data.

A



B

Dados Técnicos

Nome da Propriedade : 0

Endereço : 0

Telefone : 0

Nome do Proprietário : 0

Latitude Graus : 0.0 Latitude Minutos : 0.0

Hemisfério : S Altitude : 0.0

CC : 0.0 PM : 0.0 DA : 0.0 F : 0.0

Z : 0.0 CUC : 0.0 PAM : 0.0 PAS : 0.0

Vazão Got. : 0.0 Esp. Emissão : 0.0

Esp. LL : 0.0 Planta Por Hectare : 0.0

Idade da Cultura : 0.0 Esp. Plantas : 0.0

Esp. Filas : 0.0 Coef. Linear Reta Aj. : 0.0

Dados Diários Dados Técnicos

C

Dados Diários

Data : 6 / 4 / 2020

Temp. Max : 0.0

Temp. Min : 0.0

Irrigação Realizada (Min) : 0

Chuva do Dia (mm) : 0

INCLUIR DADOS

Tempo de Irrigação Recomendado (Min) : 00

Dados Diários Dados Técnicos

3.3 USABILIDADE DO APLICATIVO IRRIGA CAFÉ CONFORME AS RECOMENDAÇÕES DA NORMA ISO 9241

RESUMO

Este estudo tem como objetivo verificar a usabilidade do aplicativo para smartphone Irriga café, juntamente com os usuários, avaliando os seus pontos fortes e fracos de acordo com os princípios da norma ISO 9241. O trabalho foi desenvolvido em Santa Tereza, ES. Para alcançar o objetivo proposto, o aplicativo Irriga café foi disponibilizado para teste com 19 pessoas que estão envolvidas na área de produção do café conilon da região. Posteriormente, os participantes responderam a um questionário com a finalidade de ser utilizado para a validação do aplicativo de acordo com as normas ISO 9241. Além disso, o questionário também tem objetivo de apontar os pontos fracos e fortes do aplicativo. Todos os critérios avaliados, obtiveram porcentagem de satisfação acima de 80%, independente da tarefa avaliada, sendo considerados dessa maneira, como pontos forte do aplicativo, e nenhum ponto foi considerado fraco, de acordo com os princípios da norma ISO 9241. A avaliação da usabilidade do

aplicativo obteve um alto grau de satisfação, sendo considerado um produto eficiente e eficaz para atender a necessidade do usuário.

Palavras-chave: Irrigação, Café conilon, Celular.

1 INTRODUÇÃO

No cenário nacional, a produção cafeeira tem um grande destaque no desenvolvimento econômico e social das diversas regiões produtoras. Além do uso de mão de obra e fixação do homem ao campo, a cadeia do café participa na geração de empregos em todas as etapas de produção, obtenção de divisas externas e arrecadação de impostos (SENEDUANGDETH et al., 2018). O Brasil se destaca no cultivo do café arábica e do conilon (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2018), e beneficiou em 2019 um total de 49,3 milhões de sacas de café arábica e conilon (CONAB, 2019).

Nos últimos anos a produção do café conilon (*Coffea canephora*) vem se destacando no Brasil, devido principalmente 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 cultivo dessa espécie é realizado em áreas onde a deficiência hídrica é o principal fator limitante ao desenvolvimento da produção (INCAPER, 2017; Araújo et al., 2018), o que torna necessário realizá-lo predominantemente sob irrigação.

No entanto, para a utilização da agricultura irrigada, é essencial o conhecimento das necessidades hídricas das culturas, que 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. Nesse sentido, 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 (Ferrão et al., 2019).

Para tanto, os produtores têm utilizado aplicativos computacionais como uma ferramenta para facilitar o cálculo durante o manejo de irrigação de diferentes culturas (Melo et al., 2017), como é o caso do Irriga, SISDA (Coelho et al., 2005), programa para manejo da irrigação – PROMAI (Oliveira et al., 2019), o

programa irrigafácil, que determina 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), para a cultura do café (Lopes et al., 2017) e também de videiras (Lima, 2019).

No entanto, os programas de aplicativos que existem são, na maioria computacionais, de difícil manuseio, e para culturas de café de forma generalizada, não levando em consideração as características hídricas de cada espécie. Além disso, os trabalhos que relatam a validação destes aplicativos são escassos. Para o desenvolvimento de aplicativos deve ser levada em consideração a maneira como o usuário entende o significado dos ícones e a maneira como vai acessar os componentes de controle e executar a tarefa. É na interface com os produtos, que podem ocorrer os principais problemas de usabilidade, levando muitas vezes, ao abandono de algumas funções importantes, por demora, erros e perdas de eficiência e de eficácia (Silva et al., 2015).

A usabilidade e seus princípios podem ser aplicados como recomendações gerais, independente da técnica específica de diálogo que tenha sido adotada no projeto de design da interface, bem como uma alternativa para inovação e diferenciação dos produtos, como os aplicativos para dispositivos móveis. A avaliação da usabilidade está diretamente ligada ao diálogo entre o usuário e o sistema e pode ser avaliada conforme as normas da ISO 9241, que tem como objetivo obter a eficácia, eficiência e satisfação do consumidor em relação ao produto desenvolvido (Silva et al., 2015).

Diante disso, este estudo teve como objetivo verificar a usabilidade do aplicativo para Smartphone Irriga café, juntamente com os usuários, avaliando os seus pontos fortes e fracos de acordo com os princípios da norma ISO 9241. Tendo em vista que este aplicativo visa 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.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Local

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 desenvolvimento do aplicativo proposto foi realizado 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.

2.2 Características do aplicativo Irriga Café

O presente estudo tem como foco a validação do aplicativo para smartphone Irriga Café. Este aplicativo é composto dos seguintes requisitos: banco de dados, os conhecimentos técnicos sobre a região da cultura e dados diários climáticos.

Nos bancos de dados são inseridos e calculados por linguagem computacional os valores da evapotranspiração de referência (ET_o), o coeficiente da cultura (K_c), radiação solar, 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_{cloc}) e umidade do solo.

São direcionadas duas entradas de dados, a primeira de conhecimento técnico, voltada a inserção de dados por especialistas (agrônomos e técnicos), que são: dados de entrada fixos/pouco editáveis da região/sítio/fazenda com a cultura de café conilon, latitude, hemisfério, altitude, dados do solo (capacidade de campo (CC), ponto de murcha (PM), densidade aparente do solo (D_a), fator F

de sensibilidade da cultura ao estresse hídrico (F), profundidade da raiz (Z)), dados do equipamento (vazão, espaço de emissão, espaçamento entre linhas laterais, coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), 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* são calculados por linguagem computacional os valores de irrigação real necessária (IRN), irrigação total necessária (ITN) e capacidade.

A segunda entrada de dados é realizada pelos produtores rurais (usuário final), que são: data, temperatura máxima, temperatura mínima, tempo, em minutos, da irrigação realizada e chuva, em mm dia⁻¹.

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

O aplicativo é composto por uma tela inicial, também chamada de cartão de visita, onde está informado o nome do aplicativo e as instituições que foram responsáveis pelo seu desenvolvimento. Além disso, nessa tela inicial há uma imagem que demonstra uma pequena planta de café sendo irrigada, proporcionando o crescimento da planta ao longo do tempo (Figura 1A).

A tela seguinte, ou segunda tela que aparece é para realizar a inserção dos dados técnicos, que devem ser inseridos por técnicos ou profissionais da área. Estes dados são fixos, os produtores não precisarão alterar estes dados diariamente. Na parte inferior da tela é possível visualizar dois ícones: dados diários e dados técnicos (Figura 1B), que podem ser alterados pelo operador com apenas um toque.

A terceira tela diz respeito aos dados diários, em que as inserções das informações são de responsabilidade do produtor. Após o produtor inserir os dados solicitados, basta apenas clicar em incluir dados e já será possível obter o resultado de tempo de irrigação recomendado, em minutos, para aquele dia (Figura 1C).



Figura 1. Telas do aplicativo Irriga Café desenvolvido para obtenção do tempo de irrigação do café. A. tela inicial; B. tela com dados técnicos; C. tela com dados diários.

2.3 Validação do aplicativo de acordo com as normas ISO 9241

Para validação do aplicativo Irriga Café, conforme as normas da ISO 9241, o aplicativo foi disponibilizado para 19 pessoas que estão envolvidas na área de produção do café conilon da região. Posteriormente, os participantes responderam a um questionário com a finalidade de ser utilizado para a validação do aplicativo. Além disso, o questionário também tem objetivo de apontar os pontos fracos e fortes do aplicativo.

O questionário foi composto de 31 questões, das quais as 5 primeiras eram sobre a profissão, se era produtor rural, a cidade/estado onde reside, idade e o sexo. As demais perguntas foram divididas em 7 diferentes princípios da ISO 9241, conforme empregado por Silva et al. (2015) (Tabela 1). Para estas questões, foram disponibilizadas apenas duas alternativas, sim ou não.

No final do questionário, o participante tinha a opção para descrever as observações, críticas, pontos fracos, pontos fortes e elogios, sendo esta resposta opcional. O questionário foi disponibilizado de forma eletrônica no site https://docs.google.com/forms/d/1wrHNnZPoLYZq6g1Qnb83HV0v8iLgyZ9waty9_slUvVY/edit, denominado de Validação 01 – ISO 9241 – App Irriga Café (Figura 2).

Na página da internet contendo as questões, foi de simples marcação na opção desejada, conforme verificado na figura 2, havendo ainda a recomendação de responder ao questionário somente após a utilização do App Irriga Café. Após marcar a resposta para cada pergunta, o participante tinha que clicar na opção enviar, que somente concluiria o questionário se todas as perguntas estivessem respondidas. Nesta página, ao final, quando todos os participantes já realizaram suas avaliações, é possível verificar o resultado geral obtido, através de gráficos.

The image shows a Google Forms interface for a validation survey. At the top, the title is 'Validação 01 – ISO 9241 – App Irriga Café'. Below the title, there is a note: 'Esta validação do aplicativo Irriga café tem o objetivo de medir a sua usabilidade, seus pontos fortes e fracos de acordo com os princípios da norma ISO 9241.' and an important instruction: 'Importante: Só responda este questionário após a utilização do app Irriga Café'. The main content area contains a question titled 'Profissão *' with a list of radio button options: 'Estudante de engenharia Agrícola/Agronomia', 'Engenheiro Agrônomo/Agrícola', 'Técnico em Agropecuária', 'Pesquisador', 'Profissional de tecnologia', and 'Outros...'. The interface also shows navigation tabs for 'Perguntas' and 'Respostas' with a count of 19.

Figura 2. Tela inicial da validação 01 – ISO 9241 – App Irriga Café.

2.4 Princípios da Norma: Grau de Satisfação dos Usuários

Os princípios da norma ISO 9241 foram utilizados para preparação do questionário de identificação do grau de satisfação dos usuários do aplicativo. A parte 10 da ISO-9241 trata dos princípios de diálogo: que definem os 7 princípios de projeto que segundo o comitê técnico que elaborou esta norma ISO podem levar a uma interface humano-computador ergonômica. São eles:

- Adequação à tarefa: Um diálogo é adaptável à tarefa quando dá suporte ao usuário na realização efetiva e eficiente da tarefa;

- Autodescrição: Um diálogo é autodescritivo quando cada passo é imediatamente compreendido através do feedback do sistema, ou quando sob demanda do usuário;
- Controlabilidade: O diálogo é controlável quando o usuário é capaz de iniciar e controlar a direção e o ritmo da interação até que seu objetivo seja atingido;
- Conformidade com as expectativas do usuário: O diálogo adapta-se às expectativas do usuário quando ele é consistente e corresponde a suas características, tais como conhecimento da tarefa, educação, experiência e convenções;
- Tolerância a erros: Um diálogo é tolerante a erros se a despeito de erros evidentes de entrada, o resultado esperado pode ser alcançado com mínimas ou nenhuma ação corretiva por parte do usuário;
- Suporte a individualização: O sistema é capaz de individualização quando a interface pode ser modificada para se adaptar às necessidades da tarefa, às preferências individuais e às habilidades dos usuários;
- Adequação ao aprendizado: O sistema é adequado ao aprendizado quando apoia e conduz o usuário no aprendizado do sistema.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à profissão dos 19 participantes, a maioria era estudante de engenharia agrícola ou agronomia (47,4%) que atuava na área de produção do café conilon, seguido por profissionais de tecnologia (31,6%) também atuantes na área (Figura 3) com idade variando de 20 a 49 anos. Do total de participantes, 63,2% declararam ser produtores rurais e 36,8% não, 89,5% eram homens e 10,5% eram mulheres.

No que diz respeito ao local de residência, todos são do estado do Espírito Santo, sendo que 52,63% são do município de Santa Teresa, e os demais são dos seguintes municípios: Afonso Cláudio, Aracruz, Itaguaçu, Linhares e Vitória.

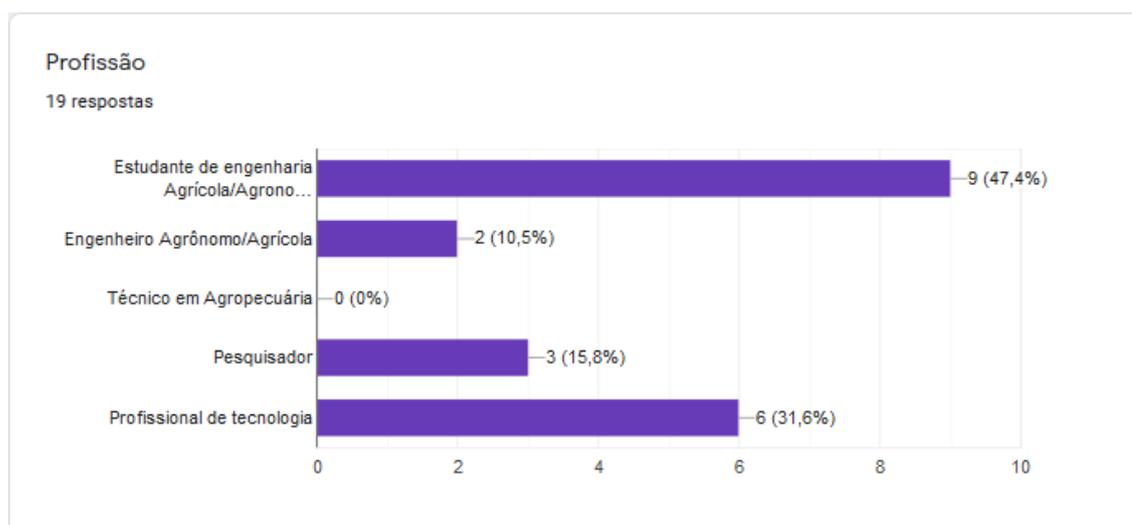


Figura 3. Perfil profissional dos participantes da validação do App Irriga Café, n=19.

De acordo com Migliaccio et al. (2018), a funcionalidade de cada aplicativo deve ser desenvolvida e personalizada para cada grupo de usuários, considerando os sistemas de irrigação mais comumente usados, e neste estudo, de acordo com avaliações prévias, os produtores da região utilizam principalmente o sistema de irrigação do tipo gotejamento, sendo este o sistema adotado para o desenvolvimento deste aplicativo.

Os resultados das questões do qual as respostas eram de múltiplas escolhas, estão apresentados na Tabela 1.

Para os princípios adequação às tarefas, conformidade com as expectativas dos usuários, suporte à individualização e adequação ao aprendizado foram obtidas médias acima de 90,0% de satisfação dos participantes (Tabela 1). Os demais princípios tiveram médias entre 80,0% e 89,5%.

A definição ISO 9241, referente à experiência do usuário, destaca que alguns critérios de avaliação de usabilidade podem ser usados para avaliar aspectos da experiência do usuário, ao destacar que a usabilidade pode incluir aspectos perceptivos e emocionais que são tipicamente associados à experiência do mesmo. Essa abordagem corrobora alguns questionamentos referentes aos limites e relacionamentos entre os referidos conceitos (Haaksma; Jong; Karreman, 2018).

Tabela 1. Questões utilizadas para verificar a acessibilidade do aplicativo Irriga Café.

Princípios	Questões	Sim	Não
Adequação à Tarefa	Oferece todas as funções necessárias para realizar eficientemente as tarefas?	100,0	0,0
	Oferece bons recursos para automatizar tarefas repetidas?	94,7	5,3
	Não requer entrada de dados desnecessários?	89,5	10,5
Média		94,7	5,3
Auto-Descrição	Nos menus usa terminologia, abreviações ou símbolos fáceis de entender?	78,9	21,1
	Indica de maneira suficiente qual entrada de dados é permitida ou necessária?	78,9	21,1
	Proporciona explicações sensíveis ao contexto quando solicitadas?	78,9	21,1
	Proporciona explicações sensíveis ao contexto automaticamente?	84,2	15,8
Média		80,2	19,8
Controlabilidade	Suporta facilmente a troca de dados?	94,7	5,3
	É projetado de forma que o usuário possa influenciar que tipo de informação é apresentada na tela?	89,5	10,5
	Não acarreta interrupções desnecessárias do fluxo de trabalho?	84,2	15,8
Média		89,5	10,5
Conformidade com as Expectativas dos Usuários	Proporciona resultado indicando se uma entrada foi bem-sucedida ou não?	78,9	21,1
	Proporciona retorno suficiente sobre o processamento em curso?	84,2	15,8
	Possui tempo de resposta previsível?	100	0,0
	É projetado segundo um princípio consistente e padronizado?	100	0,0
Média		90,8	9,2
Tolerância a erros	Informa imediatamente sobre erros na entrada?	78,9	21,1
	Proporciona mensagens de erro fáceis de entender?	78,9	21,1
	Requer, geralmente, pouco esforço para corrigir um erro?	84,2	15,8
	Dá ajuda concreta para a correção de erros?	78,9	21,1
Média		80,2	19,8

Tabela 1, Cont.

Princípios	Questões	Sim	Não
Suporte à individualização	É facilmente adaptável ao estilo individual de trabalho do usuário?	94,7	5,3
	É igualmente adequado a usuários iniciantes e experientes porque é facilmente adaptável ao nível de conhecimento do usuário?	89,5	10,5
	É dentro do seu escopo, facilmente adaptável para as tarefas?	100,0	0,0
	É projetado de tal forma que a tela é adaptável às necessidades do usuário?	84,2	15,8
Média		92,1	7,9
Adequação ao aprendizado	Encoraja a experimentar novas funções?	84,2	15,8
	Requer memorização de poucos detalhes?	100,0	0,0
	É projetado de forma que o que é aprendido é facilmente memorizado?	100,0	0,0
	É fácil de aprender sem apoio externo ou um manual?	89,5	10,5
Média		93,4	6,6

De acordo com os participantes, 94,7% estão satisfeitos com o princípio “adequação à tarefa”, este princípio mostra a avaliação do usuário a respeito do suporte do aplicativo para que as tarefas sejam executadas de maneira eficiente e efetiva. E, por outro lado, os recursos do sistema permitem que todas as funções necessárias à execução das tarefas sejam realizadas rapidamente (Silva et al., 2015). Para este princípio, todas as tarefas avaliadas (Oferece todas as funções necessárias para realizar eficientemente as tarefas? Oferece bons recursos para automatizar tarefas repetidas? E, não requer entrada de dados desnecessários?) obtiveram respostas indicando que estes são pontos fortes do aplicativo, cabendo ressaltar que 100% destacaram que o aplicativo é efetivo e oferece todas as funções necessárias para realizar com eficiência as tarefas.

Na norma da ISO 9241, a usabilidade e seus compostos utilizam as seguintes definições: Eficácia - Permite que o usuário alcance os objetivos iniciais de interação. Pode ser avaliada, quando uma tarefa é finalizada, em termos de qualidade do resultado esperado com o uso do produto. Eficiência - Refere-se à quantidade de esforço e recursos necessários para se chegar a um determinado objetivo. Os desvios que o usuário faz durante a interação e a quantidade de erros cometidos pode servir para avaliar o nível de eficiência da tarefa ou da

interação com o produto. Satisfação – alcançada com a ausência do desconforto e atitudes positivas para com o uso de um produto (Moumane et al., 2016).

A “autodescrição” foi o segundo critério avaliado, e recebeu uma porcentagem de 80,2% de satisfação dos usuários. De acordo com Silva et al. (2015), este item refere-se aos menus, aos símbolos e às terminologias (termos técnicos) usadas no diálogo, se são empregados no campo específico do aplicativo, de modo que ofereça explicação da função que está sendo executada e confirmação antes de efetuar a ação. Esta porcentagem é considerada alta quando comparada à observada por Silva et al. (2015), do qual obtiveram grau de satisfação de 67% do produto que estavam avaliando, e mesmo assim os autores declaram que este critério é um ponto forte, do seu produto, demonstrando a facilidade de uso e o uso amigável.

O princípio de “controlabilidade” avalia se o sistema permite que o usuário inicie e controle a direção e o ritmo da interação, ou seja, o usuário deve ter controle sobre o sistema, para que possa realizar suas tarefas com mais liberdade, sem precisar de auxílio adicional (Silva et al., 2015). Este princípio também obteve uma porcentagem média de satisfação de 89,5%, demonstrando que não há necessidade de alterações neste princípio, sendo considerado um ponto forte do aplicativo Irriga Café.

Neste contexto, o usuário pode obter uma melhor produtividade. Bevan (1998) afirma que uma boa interface para um produto bem projetado permitirá ao usuário concentrar-se na tarefa e não na ferramenta que, se concebida de forma inadequada, pode estender ao invés de reduzir o tempo de realização de uma tarefa, assim como afetar diretamente outros aspectos como desempenho e qualidade.

No princípio “conformidade com as expectativas dos usuários”, dois critérios receberam satisfação de 100% dos usuários: Possui tempo de resposta previsível e é projetado segundo um princípio consistente e padronizado, demonstrando que estes são pontos fortes do aplicativo. Este princípio tem como objetivo avaliar se o aplicativo é consistente e corresponde às características individuais do usuário como tarefa, conhecimento, educação, experiência e convenções usualmente aceitas (Silva et al., 2015).

Para o princípio “tolerância a erros”, foi observada média de 80,2% de satisfação entre os usuários. Neste item a tarefa que apresentou maior

porcentagem de satisfação (84,2) foi “requer, geralmente, pouco esforço para corrigir um erro?”. De acordo com Silva et al. (2015), este item tem como objetivo avaliar se o sistema atinge os resultados esperados apesar de erros evidentes na entrada, requerendo nenhuma ou mínima ação corretiva por parte do usuário. Ainda, de acordo com estes autores os erros que ocorrem durante o uso de um sistema são comuns de acontecerem, mas estes erros não devem ter consequências severas. O usuário deve ser avisado imediatamente sobre o erro, para que possa reverter a ação, desfazendo o que foi feito e refazendo o trabalho.

Como pode ser verificado, a usabilidade de um produto não é medida apenas pelas características do próprio produto, mas também pelas circunstâncias específicas nas quais um produto é utilizado. Estas estruturas indicam a satisfação do usuário do produto, que pode ser medida por meio dos princípios da norma ISO 9241 (Moumane et al., 2016).

O princípio “suporte à individualização” tem como objetivo avaliar se o sistema é facilmente modificado de maneira que possa adequar-se às necessidades das tarefas do usuário, preferências e experiências individuais (Silva et al., 2015). Neste item, a maioria (92,1%) dos usuários ficou satisfeita com o suporte do aplicativo para adaptação às necessidades individuais dos profissionais.

De acordo com Dias (2006), a usabilidade pode ser considerada como a qualidade de uso de um produto e/ou sistema a partir das necessidades e individualidades de um determinado usuário. Esta característica depende de tarefas específicas que os usuários realizam com o sistema e de fatores relacionados ao ambiente físico, tais como: interrupções de tarefas e disposição de equipamentos. Qualquer alteração em um destes aspectos pode comprometer a usabilidade de determinado sistema.

E, por fim, o princípio “adequação ao aprendizado” obteve uma alta porcentagem de satisfação dos usuários (93,4%), segundo Silva et al. (2015), este princípio tem como objetivo avaliar se o sistema suporta e guia o usuário no aprendizado do uso do sistema. Nesse sentido, como ele foi considerado fácil de aprender, mesmo sem auxílio externo ou manual, os usuários ficam interessados em experimentar suas funções, sendo, portanto, adequado ao aprendizado, atendendo aos princípios da ISO ISO-9241.

A NBR 9241 – 11 destaca que a “usabilidade é a medida na qual um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2002, p. 3).

Por outro lado, a facilidade de manuseio e aprendizado pode diminuir também o “erro humano”, que pode ocorrer com um produto com uma interface projetada para uma funcionalidade não condizente com as necessidades do usuário. Ao se evitar inconsistências, ambiguidades ou outras falhas de design de interface, é possível minimizar os erros do usuário (Bevan, 1998). Além disso, se o aplicativo for constituído de uma fácil funcionalidade, os usuários terão maior confiança em utilizar este sistema (Bevan, 1998).

No espaço do questionário destinado às observações, às críticas, aos pontos fracos, aos pontos fortes e aos elogios (opcional) os usuários deixaram 4 considerações:

1. *Bug* na colocação de ponto/vírgula, *app* parou e fechou 2 vezes durante o teste;
2. Um *layout* diferenciado e temático pode facilitar a utilização por um público mais simples (em relação a conhecimento);
3. O sistema apresenta interface simples e direta. Atinge seu objetivo no primeiro momento e em poucas telas. A falta de validação e erros proporcionam uma fragilidade no sistema como um potencial problema ao usuário na entrada de dados incorretos ou repetidos. Para além disso, o sistema tem grande potencial de apoio a tomada de decisões dos especialistas com consultas e relatórios do histórico de cada usuário;
4. A ferramenta poderia ter como inserir em apenas uma propriedade, diferentes setores. Visto que em uma grande propriedade não é possível realizar irrigação de todos os setores em apenas um dia. Gostaria que o mesmo gerasse no fim de um ciclo determinado, um relatório com as observações dos fatos ocorridos durante o ciclo.

Após as contribuições realizadas pelos participantes, o aplicativo Irriga Café foi aperfeiçoado de forma a atender às sugestões relatadas pelos mesmos, afim de que todos os pontos considerados fracos do aplicativo fossem eliminados.

Uma das observações, relata sobre a necessidade de validação para avaliação da usabilidade e também para ganhar tempo. Além dos benefícios já mencionados, pode-se dizer que a usabilidade é um atributo que traz contribuições para a qualidade de um produto, principalmente, no que se refere ao aspecto relacionado à minimização do tempo do usuário. “Tempo é algo precioso a todo ser humano. Em geral, as pessoas tornam-se insatisfeitas, frustradas e até mesmo enraivecidas quando não conseguem executar atividades de maneira fácil e rápida” (Silva Filho, 2010, p. 13).

De acordo com Nielsen (1993), a usabilidade de um sistema deve ter múltiplas qualidades, como: fácil de aprender, eficiente de usar, fácil de lembrar, apresenta baixa taxa de erro com zero erro catastrófico e satisfação do usuário. Além disso, Nielsen (1993) afirma que os usuários exercem papel fundamental frente aos sistemas de informação, podendo personalizar a interface, dar *feedback* e adaptar o sistema conforme suas necessidades. Assim, a opinião dos usuários pode contribuir para o desenvolvimento e manutenção dos sistemas oferecidos à sociedade.

Para a ISO 9241 (2010) experiência do usuário está relacionada às percepções e respostas das pessoas que resultam do uso ou da expectativa de uso de um produto, sistema ou serviço. A referida experiência engloba aspectos relacionados a emoção, crença, preferência, percepção, resposta física e psicológica, comportamento e ações realizadas antes, durante e após o uso de um determinado artefato (Maia et al., 2019).

A validação do aplicativo Irriga Café alcançou seu objetivo proposto de satisfazer os usuários, pois de acordo com Dumas e Redish (1999), usabilidade significa que os usuários de um produto devem concluir, de forma rápida e de maneira fácil, suas tarefas.

4 CONCLUSÃO

No processo de validação do aplicativo Irriga Café foi obtido um alto grau de satisfação dos usuários avaliados. Foi observado também que todos os critérios avaliados de acordo com as normas ISO 9241 obtiveram porcentagem de

satisfação acima de 80%, independente da tarefa avaliada dentro de cada critério, demonstrando, dessa forma, que todos os itens podem ser considerados pontos fortes do aplicativo, ou seja, o aplicativo é eficaz e eficiente em executar suas funções.

5 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P. E. P. et al. 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).

ARAUJO, G. L. et al. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. Irriga, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 115-124, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR: 9241-11: Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores: parte 11 – orientações sobre usabilidade. Rio de Janeiro, 2002.

BEVAN, N. European Usability Support Centres: Support for a More Usable Information Society: In: EUROPEAN TELEMATICS: ADVANCING THE INFORMATION SOCIETY OF TAP ANNUAL CONCERTATION MEETING, 1998. Proceedings [...] Barcelona, february, 1998.

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 – Acompanhamento da safra brasileira de café, v. 5– Safra 2019, n. 3 - Terceiro levantamento. Brasília: CONAB, 2019. p. 48.

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

DIAS, F. S. Avaliação de sistemas de informação: revisão de publicações científicas no período de 1985-2005. 2006. 160f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

DUMAS, J. S.; REDISH, J. C. A practical guide to usability testing (revised edition). Exeter, UK: Intellect, 1999.

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.

HAAKSMA, T. R.; JONG, M. D. T.; KARREMAN, J. Users' personal conceptions of usability and user experience of electronic and software products. IEEE Transactions on Professional Communication, v. 61, n. 2, p. 116-132, jun. 2018.

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: 19 jan. 2020.

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

ISO 9241-210: 2010. Ergonomics of human system interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems Ergonomie de l'interaction homme-système, Partie 210: Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs, Switzerland, 2010.

LIMA, R. A. DE S. Aplicativo para o manejo de irrigação e indicadores de déficit hídrico em videira. 2019. 74 f. 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

MAIA, M. A. Q.; BARBOSA, R. R.; WILLIAMS, P. Usabilidade e experiência do usuário de sistemas de informação: em busca de limites e relações. *Ciência da Informação em Revista*, Maceió, v. 6, n. 3, p. 34-48, set./dez. 2019.

MELO, D. P. et al. Aplicativo web para cálculo de balanço hídrico no manejo da irrigação. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, Fortaleza, v. 11, n. 2, p. 1302 - 1309, 2017.

MIGLIACCIO, K. W. et al. Smartphone apps for irrigation scheduling. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, Michigan, v. 59, n. 1, p. 291-301, 2018.

MOUMANE, K., IDRI, A., ABRAN, A. Usability evaluation of mobile applications using ISO 9241 and ISO 25062 standards. *SpringerPlus* 5, 548 (2016). <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2171-z>

NIELSEN, J. *Usability engineering*. Boston: Academic Press, 1993.

OLIVEIRA, R. M. et al. PROMAI - Programa para Manejo da Irrigação. In: X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil – ISSN: 1984-9249. 8 a 11 de outubro de 2019, Vitória – ES. p. 1-6.

SENEDUANGDETH, D.; OUNMANY, K.; PHOMMAVONG, S.; PHOUXAY, K.; HATHALONG, K. Labor employment opportunities in coffee production in

Southern lao people's democratic republic. *Journal of Asian Rural Studies*, v. 2, n. 1, p. 16-36, 2018.

SILVA FILHO, A. M. Avaliação de Usabilidade: Separando o joio do trigo. *Revista espaço acadêmico*, ano 10, n. 112, set., 2010.

SILVA, G. G.; FREIRE, R.; GONÇALVES, M. M.; SAUTHIER, G. Análise da usabilidade conforme as recomendações da norma ISSO 9241 - Um estudo de caso. *Design Interaction*, p. 256-261, 2015.

3.4 CONFIABILIDADE DO APLICATIVO IRRIGA CAFÉ NA INDICAÇÃO DO TEMPO DE IRRIGAÇÃO EM CAFEZAIS CONILON

RESUMO

Este estudo tem como objetivo verificar a confiabilidade do aplicativo Irriga café para smartphone, mediante a comparação dos dados obtidos com um software que é utilizado desde 2012, por professores e estudantes de agronomia do IFES Santa Teresa, que é denominado de planilha do IRRIFES. O trabalho foi desenvolvido em Santa Teresa- ES. Para alcançar o objetivo proposto, os dados de recomendação de tempo de irrigação foram coletados durante um ano, do software do IFES e do aplicativo Irriga café. Os dados gerados pelos dois programas foram submetidos a análises estatísticas utilizando-se o pacote estatístico Statistical Analysis System (SAS), avaliando-se o coeficiente de correlação e realizando-se a análise de regressão entre os dois métodos avaliados. Foi verificado que os dados apresentados pelo aplicativo Irriga Café foram semelhantes ao gerados pela planilha do IRRIFES. Conclui-se, portanto, que o aplicativo Irriga Café é um programa eficiente e eficaz para cálculo de irrigação em cafeeiro conilon.

Palavras-chave: Celular, Produção cafeeira, *Software*.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de Sistema de Software tem assumido um papel cada vez mais importante para as pessoas. Em muitas situações o funcionamento correto ou incorreto desses sistemas pode fazer a diferença nos diversos setores em que são aplicados. Entretanto, a construção de sistemas é complexa, pois deve lidar com requisitos intransigentes, restrições de integridade e a necessidade de um vasto conhecimento sobre a aplicação para que as interações esperadas entre o *software* e o ambiente possam ser adequadamente descritas. Quando os requisitos não são totalmente compreendidos e aplicados, pode ocorrer a discrepância entre o que o sistema construído faz e o que ele deveria fazer (LEITE, 2006).

Neste contexto, os produtores agrícolas têm utilizado aplicativos computacionais como uma ferramenta para facilitar o cálculo durante o manejo de irrigação de diferentes culturas (Melo et al., 2017), como é o caso do Irriga, SISDA (Coelho et al., 2005), programa para manejo da irrigação – PROMAI (Oliveira et al., 2019), o programa irrigafácil, que determina 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), para a cultura do café (Lopes et al., 2017) e também de videiras (Lima, 2019).

No que se refere à cultura do café, no cenário nacional, a produção cafeeira tem um grande destaque no desenvolvimento econômico e social das diversas regiões produtoras. Além do uso de mão de obra e fixação do homem ao campo, a cadeia do café participa na geração de empregos em todas as etapas de produção, obtenção de divisas externas e arrecadação de impostos (Seneduandeth et al., 2018).

Nos últimos anos a produção do café conilon (*Coffea canephora*) vem se destacando no Brasil, devido principalmente à geração, difusão e transferência de tecnologias e agregação de esforços das diferentes instituições e elos da cadeia do café (Ferrão et al., 2019). O cultivo dessa espécie é realizado em áreas onde a deficiência hídrica é o principal fator limitante ao crescimento e à produção (INCAPER, 2017; Araújo et al., 2018), o que torna necessário realizá-lo predominantemente sob irrigação. Nesse sentido, o desenvolvimento de um

aplicativo com a finalidade de calcular o tempo de irrigação pode ser uma ferramenta útil no controle de gasto de água (Lopes et al., 2019).

A utilização de aplicativos móveis tem crescido nos diferentes setores da sociedade. No entanto, os aspectos da qualidade técnica, confiabilidade e de aplicabilidade devem ser considerados. Apesar dessa relevância, poucos estudos sobre as diretrizes de qualidade para aplicativos móveis estão disponíveis na literatura (Soad, 2017).

Diante disso, este estudo teve como objetivo verificar a confiabilidade de um aplicativo para Smartphone “Irriga café” que foi desenvolvido para 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.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Local

O trabalho foi desenvolvido em Santa Teresa, Município da região serrana do estado do Espírito Santo, Longitude: 40° 35' 28" O e Latitude: 19° 56' 12" S (INCAPER, 2013).

O desenvolvimento do aplicativo proposto foi realizado 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.

Para verificar a confiabilidade dos dados obtidos do aplicativo “Irriga Café”, foi realizada uma comparação entre o tempo (minutos) de irrigação fornecido por este aplicativo e pela planilha IRRIFES, já utilizada desde o ano de 2012 no Instituto Federal do Espírito Santo-campus Santa Teresa, que também tem por finalidade calcular o tempo de irrigação para diferentes culturas.

2.2 Características do aplicativo Irriga Café

As descrições detalhadas do projeto do aplicativo em questão estão apresentadas em LOPES et al. (2019). No desenvolvimento do aplicativo foram empregadas duas técnicas de levantamento de requisitos: a entrevista e a análise de documentos. 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. Além disso, foi criado um diagrama de contexto e de fluxo de dados para serem utilizados no aplicativo (Lopes et al., 2019).

O aplicativo é composto por uma tela inicial, também chamada de cartão de visita, onde está informado o nome do aplicativo e as instituições que foram responsáveis pelo seu desenvolvimento. Além disso, nessa tela inicial há uma imagem que demonstra uma pequena planta de café sendo irrigada, proporcionando o crescimento da mesma ao longo do tempo (Figura 1A).

A tela seguinte, ou segunda tela que aparece é para realizar a inserção dos dados técnicos, que devem ser inseridos por técnicos ou profissionais da área. Estes dados são fixos, os produtores não precisarão alterar estes dados diariamente. Na parte inferior da tela é possível visualizar dois ícones: dados diários e dados técnicos (Figura 1B), que podem ser alterados pelo operador com apenas um toque.

A terceira tela diz respeito aos dados diários, em que as inserções são de responsabilidade do produtor. Após o produtor inserir os dados solicitados, basta apenas clicar em incluir dados e já será possível obter o resultado de tempo de irrigação recomendado, dado em minutos, para aquele dia (Figura 1C).



Figura 1. Telas do aplicativo desenvolvido para obtenção do tempo de irrigação do café. A. tela inicial; B. tela com dados técnicos; C. tela com dados diários.

No processo de validação do aplicativo Irriga Café foi obtido um alto grau de satisfação dos usuários avaliados. Foi observado também que todos os critérios avaliados de acordo com as normas ISO 9241 obtiveram porcentagem de satisfação acima de 80%, independente da tarefa avaliada dentro de cada critério, demonstrando, dessa forma, que todos os itens podem ser considerados pontos fortes do aplicativo, ou seja, o aplicativo é eficaz e eficiente em executar suas funções (Lopes et al., 2020, *in press*).

2.3 Características da planilha IRRIFES

Devido às dificuldades encontradas no IFES *campus* Santa Teresa, para realizar cálculos de irrigação em lavouras, foi concebida uma planilha eletrônica pelo Grupo de Pesquisa em Irrigação do Ifes (IRRIFES), para prover estes cálculos, de forma a quantificar as necessidades hídricas das lavouras e auxiliar na redução do consumo de água e de energia elétrica.

Trata-se de uma planilha de manejo de irrigação, que trabalha com os cálculos do balanço hídrico e evapotranspiração das culturas. Para determinação da evapotranspiração de referência, foi proposto o modelo de Hargreaves-Samani. Calcula-se, na base diária, a partir de dados meteorológicos obtidos em estações, ou mesmo em termômetros de máxima e mínima, devidamente

instalados próximo à área irrigada, a evapotranspiração de referência. A partir destes valores, multiplica-se pelos coeficientes das culturas (k_c), da umidade do solo (K_c) e de localização da irrigação (k_l).

Com as informações do equipamento de irrigação (vazão, espaçamento, uniformidade) calcula-se a intensidade de aplicação de água. Com os dados do solo, pode-se estimar a lâmina de água armazenável e disponível para a cultura e, associando-se estas informações, calcula-se o tempo de irrigação diariamente. A planilha eletrônica trabalha com uma interface de fácil manuseio, usando de artifícios, tais como, botões de ajuda, por exemplo, esclarecendo o que o usuário terá que fazer ou até mesmo explicando o que significa algumas funcionalidades e onde podem ser encontradas.

2.4 Análise de comparação

Para verificar a confiabilidade do aplicativo Irriga Café, dados de irrigação diários foram gerados e registrados em planilha eletrônica, tanto do aplicativo em questão como da planilha do IRRIFES. O período de avaliação foi de dezembro de 2018 a dezembro de 2019.

Para avaliar a eficácia do método proposto pelo autor, os dados de irrigação foram submetidos a análises estatísticas utilizando-se o pacote estatístico Statistical Analysis System (SAS Institute, 2011), avaliando-se o coeficiente de correlação e realizando-se a análise de regressão entre os dois métodos avaliados.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Nas análises realizadas foi verificado que o tempo de irrigação fornecido pelos dois métodos avaliados foi igual no período estudado (Tabela 1). Nesse caso, pode-se afirmar que não há diferença entre os dois métodos avaliados, com uma segurança estatística de 99% ($p < 0,0001$) (Tabela 1).

O período avaliado, correspondeu a 366 dias, com média de irrigação de 9,89 min dia⁻¹ durante o ano (Tabela 1).

O tempo de irrigação fornecido por ambos os programas, variou de 0 a 58 minutos durante o período avaliado (Tabela 1). Este resultado vem inferir que teve dias em que não houve a necessidade de realizar a irrigação, e por outro lado, houve dias que houve a necessidade de realizar a irrigação por 58 minutos.

De acordo com Ferrão et al. (2019), considerando o aspecto de armazenamento de água para as plantas, o solo equivale a uma caixa d'água. Ele armazena parte da água que infiltra em sua superfície, para que as plantas absorvam posteriormente. Quando todos os poros do solo estão cheios de água, ele está saturado; isso normalmente acontece após uma irrigação excessiva ou uma chuva, e nesse caso, logo após este acontecimento o aplicativo não recomenda realizar a irrigação, sendo, portanto, verificada recomendação de zero minutos de irrigação. Por outro lado, quando não ocorrem chuvas, e a água armazenada vai se esgotando, o aplicativo recomenda a irrigação, e caso a irrigação não ocorra, o tempo vai se acumulando, até que haja a irrigação.

Tabela 1. Tempo de Irrigação (min.) informado pelo software do IFES e pelo aplicativo Irriga Café durante o período de um ano

Variável	Método Avaliado	N	X	σ	Tempo (min.)		X das diferenças	r	p-valor
					MIN	MAX			
Irrigação	IRRIFES	366	9,89	10,95	0	58,39			
	Irriga Café	366	9,91	10,97	0	58,55	0,02	0,99	<0,0001

N = número de observações; X = médias; σ = desvio padrão, MIN = valor mínimo observado; MAX = valor máximo observado; r = coeficiente de correlação.

No desdobramento dos dados nos meses avaliados, foi observado o mesmo comportamento dos resultados, conforme descrito para os dados anuais. Sendo que para cada mês o tempo de irrigação recomendado por cada método avaliado foi igual (Tabela 2).

Tabela 2. Comparação mensal do Tempo de Irrigação (min.) informado pela planilha do IRRIFES e pelo aplicativo Irriga Café (IC)

Meses	Método Avaliado	N	X (min.)	σ	X das diferenças	r	p-valor
Janeiro	IRRIFES	31	11,12	11,51	0	1,00*	<0,0001
	IC		11,12	11,51			
Fevereiro	IRRIFES	28	6,20	8,38	0,02	1,00*	
	IC		6,22	8,40			
Março	IRRIFES	31	10,88	13,18	0	1,00*	
	IC		10,88	13,19			
Abril	IRRIFES	30	3,83	3,84	0	1,00*	
	IC		3,83	3,84			
Maio	IRRIFES	31	5,09	5,49	0,01	1,00*	
	IC		5,08	5,48			
Junho	IRRIFES	30	4,40	3,80	0,01	1,00*	
	IC		4,41	3,80			
Julho	IRRIFES	31	8,95	6,07	0,03	0,99*	
	IC		8,98	6,09			
Agosto	IRRIFES	31	6,16	7,77	0,01	1,00*	
	IC		6,17	7,78			
Setembro	IRRIFES	30	13,86	12,78	0,03	0,99*	
	IC		13,89	12,84			
Outubro	IRRIFES	31	14,09	10,95	0,05	0,99*	
	IC		14,14	10,99			
Novembro	IRRIFES	30	19,79	15,89	0,03	0,99*	
	IC		19,82	15,91			
Dezembro	IRRIFES	29	14,20	12,15	0	1,00*	
	IC		14,20	12,15			

IRRIFES = dados da planilha do Instituto Federal do Espírito Santo; IC = dados do aplicativo Irriga Café; n = número de observações; x = médias do tempo de irrigação recomendado; σ = desvio padrão; r = coeficiente de correlação; * = significativo em nível de 5% de probabilidade estatística ($p < 0,05$).

Conforme pode ser observado na Tabela 2 e na Figura 2, o tempo de irrigação (min.) varia de acordo com a época do ano. Nos meses de fevereiro e de abril a agosto, a média do tempo de irrigação recomendado foi inferior a 10 minutos. Já nos meses de setembro a janeiro e março, a recomendação foi de tempo de irrigação superior a 10 minutos. As tendências são observadas de igual modo para o software do IFES e do aplicativo Irriga Café.

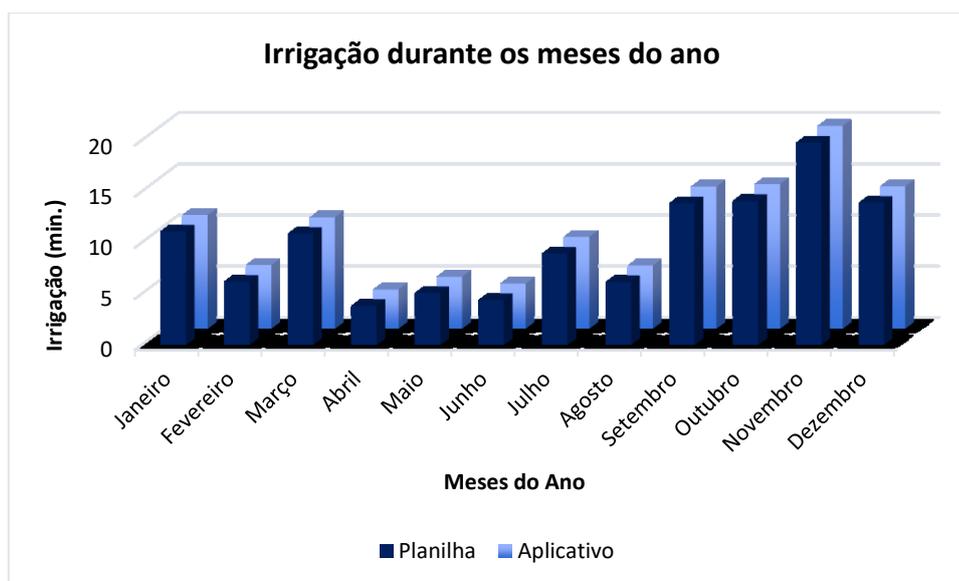


Figura 2. Médias mensais de irrigação (min.) ao longo do ano calculadas de acordo com os dados da planilha IFES e do aplicativo Irriga Café.

Os meses onde houve uma maior requisição de irrigação, são considerados no estado como Período de Chuvas que, de acordo com Ferrão et al. (2019), começa, em geral, no mês de outubro. Porém, a irregularidade deste início de chuvas tem aumentado os riscos de fortes quedas na produtividade do cafeeiro em áreas cultivadas do Estado. Além disso, neste período ocorrem as fases fenológicas do abotoamento floral à granação, que são processos dependentes da disponibilidade de água, por isso houve uma maior intensificação da irrigação nestes meses. E, por outro lado, por se tratar de período de chuvas, o agricultor da área onde foi realizada a avaliação, apesar do aplicativo ou a planilha recomendarem a irrigação, aguardava a possível chegada de chuvas. Desta maneira, o tempo de irrigação se acumulava com o passar dos dias, fazendo com que houvesse uma indicação de irrigação com um maior tempo.

Neste segmento, considera-se, ainda, que os processos de colheita e de poda provocam a remoção de grande número de folhas, ocorrendo juntamente com o início do período seco no Estado do Espírito Santo, as plantas não conseguem, através de novas brotações, recuperar as folhas perdidas em tempo hábil para garantir uma boa florada, devido ao estresse passado. Com isso, torna-se essencial, nessa época do ano, o uso da irrigação para fornecer água às plantas para que possam se restabelecer (FERRÃO et al., 2019).

Matiello (1991) afirma que a deficiência hídrica é muito prejudicial ao cafeeiro, principalmente, no período da frutificação, quando a irrigação passa a

ser essencial, e além disso, Camargo (1989) relata que a deficiência hídrica acentuada na fase de granação ocasionando frutos mal granados, que chegam até mesmo ao chochamento. Assim, a irrigação, nessas condições, traz resultados satisfatórios, garantido a produtividade da lavoura (Ferrão et al., 2019).

Segundo Feitosa (1986), no Estado do Espírito Santo, 72% das áreas são classificadas de transição chuvosa/seca e seca com déficit hídrico de -50 a -550 mm por ano, em um período de quatro a oito meses por ano. Nessas áreas está inserida a maioria das lavouras de café conilon do Estado (Dadalto; Barbosa, 1997).

Nesse sentido, a utilização de um aplicativo eficiente para cálculo de irrigação é de suma importância para este setor, pois a seca tem provocado redução da produtividade, comprometido a qualidade do produto final e causado instabilidade para os produtores (Migliaccio et al., 2018). A irrigação tem sido uma prática que, se bem implantada e manejada, tem proporcionado aumento da produtividade, melhoria da qualidade da produção e segurança para o produtor (Ferrão et al., 2019).

No entanto, a eficiência da irrigação na produção cafeeira, não depende só dos dados gerados pelo aplicativo, vale ressaltar que outros fatores podem influenciar a produtividade, como a elaboração de um bom projeto de irrigação, feito por profissional com experiência em café conilon, com o objetivo de dimensionar adequadamente o equipamento (a parte hidráulica, tubulações, aspersores, entre outros componentes) e de oferecer acompanhamento técnico nas diferentes fases do projeto (Ferrão et al., 2012).

As definições apropriadas do sistema de irrigação e seu manejo com acompanhamento técnico ocasionarão menor gasto de água, energia e desgaste do equipamento, menor utilização de mão de obra, melhoria da produtividade e qualidade do produto final com maior rentabilidade para o produtor (Ferrão et al., 2012).

A análise de regressão demonstra que os valores obtidos da planilha IRRIFES e do aplicativo Irriga Café apresentam uma grande similaridade (Figura 3). Observa-se que os pontos (dados coletados) se encontram sobrepostos, sugerindo uma equivalência entre os dois métodos avaliados (Figura 3).

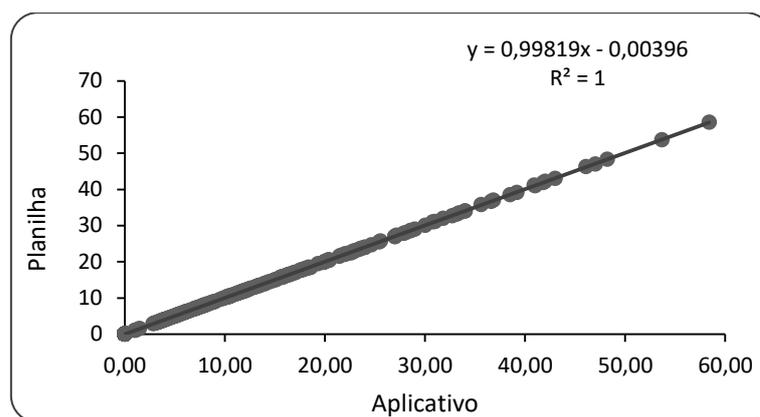


Figura 3. Análise de regressão avaliando o tempo de irrigação (min.) obtido da planilha IRRIFES e do aplicativo Irriga Café.

Esses resultados demonstraram que os dados gerados pelo aplicativo Irriga Café para o tempo de irrigação em lavouras do café conilon são confiáveis. De acordo com Ferrão et al. (2012), a disponibilização de aplicativos que auxiliem no manejo de irrigação da cultura do café somando-se ao trabalho de transferência de tecnologias, tem auxiliado os cafeicultores, a alcançarem uma produtividade de 100 sc. beneficiadas/ha, e um produto final de qualidade superior. Essa produtividade significa um aumento de cerca de 100% na produtividade em lavouras que utilizam a irrigação, demonstrando, dessa forma, a importância da irrigação para o café conilon.

Bevan (1998) afirma que uma boa interface para um produto bem projetado permitirá ao usuário concentrar-se na tarefa e não na ferramenta que, se concebida de forma inadequada, pode estender ao invés de reduzir o tempo de realização de uma tarefa, assim como afetar diretamente outros aspectos como desempenho e qualidade. “Tempo é algo precioso a todo ser humano. Em geral, as pessoas tornam-se insatisfeitas, frustradas e até mesmo enraivecidas quando não conseguem executar atividades de maneira fácil e rápida” (Silva Filho, 2010).

Por outro lado, a facilidade de manuseio e aprendizado pode diminuir também o “erro humano”, que pode ocorrer com um produto com uma interface projetada para uma funcionalidade não condizente com as necessidades do usuário. Ao se evitar inconsistências, ambiguidades ou outras falhas de design de interface, é possível minimizar os erros do usuário (Bevan, 1998). Além disso, se o aplicativo for constituído de uma fácil funcionalidade, os usuários terão maior confiança em utilizar este sistema (Bevan, 1998).

Neste estudo verificou-se que o aplicativo irriga café fornece informações semelhantes à planilha IRRIFES, porém cabe aqui ressaltar que a utilização de um aplicativo, via smartphone, tem suas vantagens, uma delas é a flexibilidade, sendo mais facilmente e prontamente acessíveis, estando com o usuário o tempo todo (Migliaccio et al., 2016).

4 CONCLUSÃO

No processo de verificação da confiabilidade do aplicativo Irriga Café foram obtidos resultados semelhantes aos da planilha IRRIFES, sendo recomendado a utilização deste aplicativo para cálculo do tempo de irrigação em lavouras de café conilon, tendo em vista que o aplicativo é eficaz e eficiente em executar suas funções.

5 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P. E. P. et al. 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).

ARAUJO, G. L. et al. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. Irriga, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 115-124, 2018.

BEVAN, N. European Usability Support Centres: Support for a More Usable Information Society: In: EUROPEAN TELEMATICS: ADVANCING THE INFORMATION SOCIETY OF TAP ANNUAL CONCERTATION MEETING, 1998. Proceedings [...] Barcelona, february, 1998.

CAMARGO, A. P. Prescrição de regas para o cafezal em área de seca prolongada de inverno. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Anais, 15, p. 65-70. 1989, Maringá, PR, 1989.

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.

DADALTO, G. G.; BARBOSA, C. A. Zoneamento agroecológico para a cultura do café no Estado do Espírito Santo. Vitória, ES: Seag, 1997. 28 p.

FEITOSA, L. R. Carta agroclimática do Espírito Santo. Vitória, ES: Emcapa, 1986.

FERRÃO, R. G. et al. Café conilon: técnicas de produção com variedades melhoradas. 4. ed. revisada e ampliada. Vitória, ES: Incaper, 2012.

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.

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: 19 jan. 2020.

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

LEITE, A. F. Metodologia de desenvolvimento de Software. 2006. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/metodologia-de-desenvolvimento-de-software/1903>. Acesso em: 04 ago. 2020

LIMA, R. A. DE S. Aplicativo para o manejo de irrigação e indicadores de déficit hídrico em videira. 2019. 74 f. 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

LOPES, L. C. L.; VIEIRA, H. D.; VIEIRA, G. H. S.; SOUZA, E. F. Validação do aplicativo irriga café. 2020 *in press*.

LOPES, L. C. L.; VIEIRA, H. D.; VIEIRA, G. H. S.; SOUZA, E. F. Projeto de aplicativo móvel capaz de fornecer informações para o manejo de irrigação do café conilon. Irriga, Botucatu, v. 24, n. 4, p. 874-889, outubro-dezembro, 2019.

MATIELLO, J. B. O café: do cultivo ao consumo. São Paulo: Globo, 1991. 320p. (Coleção do Agricultor. Grãos. Publicações Globo Rural)

MELO, D. P. et al. Aplicativo web para cálculo de balanço hídrico no manejo da irrigação. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v. 11, n. 2, p. 1302 - 1309, 2017.

MIGLIACCIO, K. W. et al. Smartphone apps for irrigation scheduling. American Society of Agricultural and Biological Engineers, Michigan, v. 59, n. 1, p. 291-301, 2018.

OLIVEIRA, R. M. et al. PROMAI - Programa para Manejo da Irrigação. In: X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil – ISSN: 1984-9249. 8 a 11 de outubro de 2019, Vitória – ES. p. 1-6.

SAS INSTITUTE. Statistical Analysis systems user's guide. Version 9.3. Cary: SAS Institute Inc., 2011.

SENEDUANGDETH, D.; OUNMANY, K.; PHOMMAVONG, S.; PHOUXAY, K; HATHALONG, K. Labor employment opportunities in coffee production in Southern lao people's democratic republic. *Journal of Asian Rural Studies*, v. 2, n. 1, p. 16-36, 2018.

SILVA FILHO, A. M. Avaliação de Usabilidade: Separando o joio do trigo. *Revista Espaço Acadêmico*, ano 10, n. 112, set., 2010.

SOAD, G. W. Avaliação de qualidade em aplicativos educacionais móveis. 2017. 147 f. Dissertação (mestrado em Ciências da Computação e Matemática) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

A produção do café conilon (*Coffea canephora*) tem se destacado no cenário produtivo no Brasil, devido principalmente à geração, difusão e transferência de tecnologias e agregação de esforços das diferentes instituições e elos da cadeia do café. Porém, o cultivo dessa espécie é realizado em áreas onde a deficiência hídrica é o principal fator limitante ao crescimento e à produção, o que torna necessário realizá-lo sob irrigação. Nesse sentido, o desenvolvimento de um aplicativo com a finalidade de calcular o tempo de irrigação pode ser uma ferramenta útil no controle de gasto de água.

No desenvolvimento do aplicativo foram empregadas duas técnicas de levantamento de requisitos: a entrevista e a análise de documentos. 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.

Na entrevista, observou-se que a maioria dos participantes possui *smartphone* com internet, e eles demonstraram interesse em utilizar um aplicativo que os auxilie no manejo de irrigação em suas propriedades. Com os dados das entrevistas e da análise documental foi desenvolvido um aplicativo para *smartphones* para fornecer aos produtores de café conilon informações confiáveis sobre quando e quanto irrigar, possibilitando o manejo da irrigação.

No teste de usabilidade do aplicativo, todos os critérios avaliados, obtiveram porcentagem de satisfação acima de 80%, independente da tarefa avaliada, sendo considerados dessa maneira, como pontos fortes do aplicativo, e nenhum ponto foi considerado fraco, de acordo com os princípios da norma ISO 9241. Já na avaliação da confiabilidade do aplicativo, foi verificado que os dados apresentados pelo aplicativo Irriga Café foram semelhantes ao gerados pela planilha IRRIFES.

Portanto, foi desenvolvido um aplicativo para manejo de irrigação do café conilon, considerado um produto eficiente e eficaz para atender a necessidade do usuário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, P. E. P. de, Guimaraes, D. P., Landau, E. C., Coelho, E. A., Faria, C. M. de. (2014). *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).
- Albuquerque, P. E. P. (2010). *Estratégias de Manejo de Irrigação: Exemplos de cálculos*. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2010. 35 p.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- Arantes, K. R., Faria, M. A., Rezende, F. C. (2009). Recuperação do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) após recepa, submetido a diferentes lâminas de água e parcelamento da adubação. *Acta Scientiarum – Agronomy*, 31:313-319.
- Araújo, F. (2018). *Vantagens e desvantagens do PHP*. 2009. Disponível em: <<http://www.inforlogia.com/vantagens-e-desvantagens-do-php/>>. Acesso em: 11 set. 2019.
- Araujo, G. L., Reis, E. F., Moraes, W. B., Garcia, G. O., Nazário, A. A. (2018). Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. *Irriga*, 16:115-124.

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR: 9241-11: Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores: parte 11 – orientações sobre usabilidade*. Rio de Janeiro, 2002. 21 p.
- Barreto, A. C., Figueirêdo, V. B. (2010). *Utilização e calibração do tensiômetro digital no manejo de irrigação na cultura da manga*. In: Congresso Nacional de irrigação e Drenagem, 20, Uberaba - MG. Anais... Uberaba - MG: ABID, 2010. (CD-ROM).
- Bautista, F., Bautista, D., Carranza, C. D. (2009). Calibration of the equations of Hargreaves and Thornthwaite to estimate the potential evapotranspiration in semi-arid and subhumid tropical climates for regional applications. *Atmosfera*, 22:331-348.
- Bevan, N. (1998). *European Usability Support Centres: Support for a More Usable Information Society*. In: European Telematics: Advancing the Information SOCIETY of tap Annual Concertation Meeting, 1998. proceedings [...] barcelona, february.
- Bonomo, D. Z., Bonomo, R., Pezzopane, J. R. M., Souza, J. M. (2014). Alternativas de Manejos de águas em cultivos de Conilon. *Coffee Science*, 9:537-545.
- Bonomo, R., Souza, J. M. (2016). *Uso eficiente da água na irrigação do cafeeiro Conilon*. In: Café conilon: o clima e o manejo da planta. Partelli, F. L., Bonomo, R. (eds.). Alegre, ES: CAUFES, 2016. p. 93-110.
- Camargo, A. P. (1989). *Prescrição de regas para o cafezal em área de seca prolongada de inverno*. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Anais, 15, p. 65-70. 1989, Maringá, PR, 1989.
- Coelho, E. F., Coelho Filho, M. A., Oliveira, S. L. (2005). Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. *Bahia Agrícola*, 7:57-60.
- Companhia Nacional de Abastecimento. (2019). CONAB – *Acompanhamento da safra brasileira de café*, v. 5– Safra 2019, n. 3 - Terceiro levantamento. Brasília: CONAB, p. 48.
- Companhia Nacional de Abastecimento. (2018). CONAB - *Indicadores da agropecuária*. Ano XXVII, n. 1. Brasília: CONAB. 118 p.
- Dadalto, G. G., Barbosa, C. A. (1997). *Zoneamento agroecológico para a cultura do café no Estado do Espírito Santo*. Vitória, ES: Seag, 28 p.

- Dalmago, G. A., Heldwein, A. B., Nied, A. R., Grimm, E. L., Pivetta, C. R. (2006). Evapotranspiração máxima da cultura de pimentão em estufa plástica em função da radiação solar, da temperatura, da umidade relativa e do déficit de saturação do ar. *Ciência Rural*, 36:785-792.
- Damatta, F. M., Ramalho, J. D. C. (2006). Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18:55-81.
- Damatta, F. M., Rena, A. B. (2002). Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno Sol. In: Zambolim, L. (Ed.). *O estado da arte de tecnologias na produção de café*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, p. 93-135.
- Dias, F. S. (2006). Avaliação de sistemas de informação: revisão de publicações científicas no período de 1985-2005. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 160 p.
- Dumas, J. S., Redish, J. C. (1999). *A practical guide to usability testing* (revised edition). Exeter, UK: Intellect. 404 p.
- Embrapa. (2015). *Notícias*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2574254/cafe-e-a-segunda-bebida-mais-consumida-no-brasil-em-03/11/2015>. Acesso em: 14 jan 2020.
- Feitosa, L. R. (1986). *Carta agroclimática do Espírito Santo*. Vitória, ES: Emcapa.
- Fernandes, A. L. T., Partelli, F. L., Bonomo, R., Golynski, A. (2012). A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 42:231-240.
- Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A., Ferrão, M. A. G., Verdin Filho, A. C., Volpi, P. S., Muner, L. H., Lani, J. A., Prezotti, L. C., Ventura, J. A., Martins, D. S., Mauri, A. L., Marques, E. M. G., Zucateli, F. (2012). *Café conilon: técnicas de produção com variedades melhoradas*. 4. ed. revisada e ampliada. Vitória, ES: Incaper. 74 p.
- Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A. da, Ferrão, M. A. G., de Muner, L. H. (2019). *Café Conilon*. 3 ed. atual. e expandida. Vitória, ES: INCAPER. 974 p.
- Ferrão, R. G. (2007). *Café Conilon*. Vitória. ES: INCAPER. 60 p.

- Ferreira, E. P. B., Partelli, F. L., Didonet, A. D., Marra, G. E. R. (2013). Crescimento vegetativo de *Coffea arabica* L. influenciado por irrigação e fatores climáticos no Cerrado Goiano. *Semina*, 34:3235-3244.
- Gonzalez, G. C. (2017). Um estudo sobre o uso do mecanismo de dicas no ensino de conceitos básicos de programação. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 56 p.
- Guandique, M. E. G. (1993). Balanço hídrico no solo e consumo de água pela cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 94 p.
- Haaksma, T. R., Jong, M. D. T., Karreman, J. (2018). Users’ personal conceptions of usability and user experience of electronic and software products. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 61:116-132.
- Hargreaves, G. H., Samani, Z. A. (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied Engineering in Agriculture*, 01:96-99.
- Incaper. (2013). – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. *Programa de assistência técnica e extensão rural proater – Santa Teresa-ES. 2011 – 2013. 33 p.*
- Incaper – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. (2017). *INCAPER inaugura novas estações meteorológicas no estado*. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/Not%C3%ADcia/incaper-inaugura-novas-estacoes-meteorologicas-no-estado>>. Acesso em: 19 jan. 2020.
- Incaper - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnicas e Extensão Rural. (2018). *Cafeicultura: café conilon*. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/cafeicultura-conilon>>. Acesso em: 14 maio 2019.
- Iso 9241-210. (2010). *Ergonomics of human system interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems* Ergonomie de l'interaction homme–système, Partie 210: Conception centrée sur l'opérateur humain pour lês systèmes interactifs, Switzerland. 11 p.
- Lampert, E., Binelo, M. O., Carvalho, P. (2017). 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, 1:1-9.

- Leite, A. F. (2006). *Metodologia de desenvolvimento de Software*. 2006. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/metodologia-de-desenvolvimento-de-software/1903>. Acesso em: 04 ago. 2020.
- Lima, R. A. DE S. (2019). Aplicativo para o manejo de irrigação e indicadores de déficit hídrico em videira. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Campos dos Goytacazes, RJ. 74 p.
- Lopes, L. C. L., Vieira, H. D., Vieira, G. H. S., Souza, E. F. (2019). Projeto de aplicativo móvel capaz de fornecer informações para o manejo de irrigação do café conilon. *Irriga*, 24:874-889.
- Lopes, L. C. L., Vieira, H. D., Vieira, G. H. S., Souza, E. F. (2020). *Validação do aplicativo irriga café*. in press.
- Lopes, M. P., Soares, L. T. M., Almeida, A. O. (2017). *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. p. 1-5
- Maia, M. A. Q., Barbosa, R. R., Williams, P. (2019). Usabilidade e experiência do usuário de sistemas de informação: em busca de limites e relações. *Ciência da Informação em Revista*, 6:34-48.
- Mariano, J. C. K. (2011). *Software para cálculo da evapotranspiração de referência diária pelo método de penman-monteith*. CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, XXI. Petrolina (PE) 20 a 25 de novembro.
- Martins, C. C., Soares, A. A., Busato, C., Reis, E. F. (2007). Manejo da irrigação por gotejamento no cafeeiro (*Coffea arabica* L.). *Bioscience Journal*, 23: 61-69.
- Martins, C. (2006). Crescimento inicial do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) sob diferentes lâminas de irrigação. *Engenharia na Agricultura*, 14: 193-201.
- Matiello, J. B. (1991). O café: do cultivo ao consumo. São Paulo: Globo, 320p. (Coleção do Agricultor. Grãos. Publicações Globo Rural)
- Melo, D. P., Vieira, G. H. S., Miranda, L. Q., Redighieri, T. (2017). Aplicativo web para cálculo de balanço hídrico no manejo da irrigação. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 11:1302 -1309.

- Migliaccio, K. W., Morgan, K. T., Vellidis, G., Zotarelli, L., Fraisse, C., Zurweller, B. A., Andreis, A. H., Crane, J. H., Rowland, D. L. (2018). Smartphone apps for irrigation scheduling. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 59:291-301.
- Milani, A. (2006). MySQL: Guia do programador. 1. ed. São Paulo: Novatec. 400 p.
- Mota, F. M. (2015). Dinâmica temporal de índices de vegetação e elementos meteorológicos no café conilon. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus. 70 p.
- Moumane, K., Idri, A., Abran, A. (2016). Usability evaluation of mobile applications using ISO 9241 and ISO 25062 standards. *SpringerPlus*, 5:1:15.
- Muto, C. A. (2006). PHP e MySQL: Guia introdutório. 3. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 335p.
- Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. Boston: Academic Press. 358 p.
- Nóbrega, N. E. F., Silva, J. G. F., Ramos, H. E. dos A., Pagung, F. dos S. (2008). Balanço hídrico climatológico e classificação climática de Thornthwaite e Köppen para o município de Marilândia - ES. In: Congresso nacional de irrigação e drenagem, 18, 2008, São Mateus. O equilíbrio do fluxo hídrico para uma agricultura irrigada sustentável: anais... São Mateus: ABID. 6 p.
- Oliosi, G. (2015). *Microclima e produtividade do cafeeiro conilon em sistema agroflorestal com Cedro Australiano*. Tese (Doutorado em Scientiae) – Universidade Federal de Viçosa. 76 p.
- Oliveira, R. M., Reis, R. A., Silva, R. P., Oliveira, G. O. N., Reis, I. M. C. (2019). PROMAI - Programa para Manejo da Irrigação. In: X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil – ISSN: 1984-9249. 8 a 11 de outubro, Vitória – ES. p. 1-6.
- Ortolani, A. A., Camargo, M. B. P. (1987). Influência dos fatores climáticos na produção. In: Castro, P. R. C., Ferreira, S. O., Yamada, T. Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba: Associação Brasileira de Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.71-81.
- Pereira, A. R., Villa Nova, N. A., Sediyaama, G. C. (1997). Evapo(transpi)ração. Piracicaba: FEALQ, 183 p.

- Pereira, L. L. (2015). Perfil da organização produtiva dos cafeicultores das microrregiões serrana. Rio de Janeiro: Appris, 49 p.
- Pereira, A. R., Angelucci, L. R., Sentelhas, P. C. (2002). *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas*. Editora Agropecuária.
- Pezzopane, J. R. M., Castro, F. S., Pezzopane, J. E. M., Saraiva, G. S., Bonomo, R. (2009). *Caracterização do atendimento hídrico para o café conilon no estado do espírito santo*. In: VI Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Vitória, ES. p. 1-4.
- Phpgroup. *What is PHP?* (2017). Disponível em: <<https://secure.php.net/manual/en/intro-what-is>>. Acesso em: 11 set. 2019.
- Rena, A. B., Maestri, M. (2000). Relações hídricas no cafeeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 7:34-41.
- Resende, M., Curi, N., Rezende, S. B., Corrêa, G. F. (1995). Pedologia: base para distinção de ambientes. Viçosa: NEPUT, 304 p.
- Rodrigues, S., Ferreira Filho, G. S., Almeida, W. A., Campos Neto, A. F. (2010). Desenvolvimento do café arábica (*Coffea arabica*) submetido a diferentes lâminas de irrigação, nas condições do estado de Rondônia. *Global Science and Technology*, 3:44-49.
- Rodrigues, W. P., Martins, L. D., Partelli, F. L., Lidon, F. C. (2016). Interação de altas temperaturas e déficit hídrico no cultivo de café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner). In: Café conilon: o clima e o manejo da planta. Partelli, F. L.; Bonomo, R. (eds.). Alegre, ES: CAUFES, p. 39-56
- Santinato, R., Fernandes, A. L. T., Fernandes, D. R. (1996). Irrigação na cultura do café, Ed. Arbore, Campinas, 146 p.
- Sas Institute. (2011). Statistical Analysis systems user's guide. Version 9.3. Cary: SAS Institute Inc.
- Schimitz, D. (2009). Desenvolvendo sistemas com flex e PHP. Curitiba: Novatec. 294 p.
- Seneduangdeth, D., Ounmany, K., Phommavong, S., Phouxay, K., Hathalong, K. (2018). Labor employment opportunities in coffee production in Southern lao people's democratic republic. *Journal of Asian Rural Studies*, 2:16-36.
- Silva Filho, A. M. (2010). Avaliação de Usabilidade: Separando o joio do trigo. *Revista espaço acadêmico*, 10:112-116.

- Silva, G. G., Freire, R., Gonçalves, M. M., Sauthier, G. (2015). Análise da usabilidade conforme as recomendações da norma ISSO 9241 - Um estudo de caso. *Design Interaction*, 1:256-261.
- Silva, M. G., Oliveira, I. de S., Carmo, F. F., Lêdo, E. R. F., Silva Filho, J. A. (2015). Estimativa da evapotranspiração de referência pela equação de Hargreaves-Samani no estado do Ceará. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 9:132-141.
- Soad, G. W. (2017). *Avaliação de qualidade em aplicativos educacionais móveis*. Dissertação (mestrado em Ciências da Computação e Matemática) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 147 p.
- Soares, A. R., Mantovani, E. C., Soares, A. A., Coelho, M. B., Rena, A. B., Batista, R. O. (2006). Efeito de diferentes lâminas de irrigação no crescimento e produção do cafeeiro. *Engenharia na Agricultura*, 14:107-114.
- Solomon, K. H. (1990). Irrigation systems and their water application efficiencies. *Agribusiness Worldwide*, 12:16-24.
- Thepadia, M., Martinez, C. J. (2012). Regional calibration of solar radiation and reference evapotranspiration estimates with minimal data in Florida. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 138:111-119.
- Tomaz, P. (2008). Evapotranspiração. São Paulo: Livro Digital.
- Vermeiren, L., Jobling, G. A. (1997). Irrigação localizada. Campina Grande: UFPB, 184 p. (Estudos FAO. Irrigação e drenagem, 36).
- Vicente, M. R., Mantovani, E. C., Fernandes, A. L. T., Neves, J. C. L. (2017). Efeitos da irrigação na produção e no desenvolvimento, do cafeeiro na região oeste da Bahia. *Coffee Science*, 12: 544 - 551.
- Vicente, M. R., Mantovani, E. C., Fernandes, A. L. T., Sedyama, G. C., Santinato, R., Figueredo, E. M., Alvarenga, M., Moreira, W. V. (2005). *Avaliação de sistemas de irrigação por pivô central e gotejamento, utilizados na cafeicultura da região Oeste da Bahia*. In: 4º Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Brasília. Anais. p. 1-4.
- Welling, L., Thomson, L. (2005). *PHP e MySQL: Desenvolvimento Web*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 711 p.