



## Desenvolvimento de software para o manejo da irrigação utilizando a evapotranspiração da cultura

*Leoncio Gonçalves Rodrigues<sup>a</sup>, Romulo Pereira da Silva<sup>b</sup>, Ana Célia Maia Meireles<sup>c</sup>, Carlos Wagner Oliveira<sup>d</sup> e Francisca Laudeci Martins Souza<sup>e</sup>*

**Resumo:** O semiárido possui um regime pluviométrico irregular, associado a alta evaporação, altas temperaturas e baixa precipitação. Por essas características, a irrigação é o único meio de viabilizar cultivos em períodos fora da estação chuvosa. A irrigação requer um manejo adequado para ser sustentável. O manejo, no entanto, consiste no uso de métodos repetitivos e

---

a Tecnólogo em Irrigação e Drenagem. Estudante de Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável pela UFCA – Universidade Federal do Cariri. [leonmeid@gmail.com](mailto:leonmeid@gmail.com). <http://orcid.org/0000-0002-8770-9172>.

b Bacharel em Ciência da Computação. Estudante de Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável pela UFCA – Universidade Federal do Cariri. [romulo.almeida@aluno.ufca.edu.br](mailto:romulo.almeida@aluno.ufca.edu.br). <http://orcid.org/0000-0002-9671-5451>.

c Doutora em Engenharia Civil. Professora na UFCA – Universidade Federal do Cariri. [ana.meireles@ufca.edu.br](mailto:ana.meireles@ufca.edu.br).

d Doutor em Engenharia de Biosistemas. Professora na UFCA – Universidade Federal do Cariri. [carlos.oliveira@ufca.edu.br](mailto:carlos.oliveira@ufca.edu.br).

e Doutora em Educação. Professora na UFCA – Universidade Federal do Cariri. [laudecimartins@gmail.com](mailto:laudecimartins@gmail.com).

dispendiosos que conduzem a erros que interferem na irrigação. Essas rotinas e processos de manejo, podem ser utilizadas no desenvolvimento de softwares, que tornam a tarefa mais simples. Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa desenvolver um software que otimize as rotinas, facilitando o manejo. Para tanto, foram utilizadas as linguagens Java e SQL. O desenvolvimento foi realizado na Interface de Desenvolvimento de softwares NetBeans 8.2 adotando-se o padrão Model-View-Control, o banco de dados utilizado foi Apache Derby. A partir das tecnologias empregadas, e a condução dos testes dos componentes e funções, obteve-se como resultado o software de manejo para irrigação localizada “Irrigasertão”. O software desenvolvido racional uso dos recursos hídricos.

**Palavras-chave:** Água. Temperatura. Solo. Clima.

## **Software development for the management of irrigation located in the semi-arid using the evapotranspiration of culture**

*Leoncio Gonçalves Rodrigues<sup>a</sup>, Romulo Pereira da Silva<sup>b</sup>, Ana Célia Maia Meireles<sup>c</sup>, Carlos Wagner Oliveira<sup>d</sup> & Francisca Laudeci Martins Souza<sup>e</sup>*

**Abstract:** The semiarid region has an irregular rainfall regime, associated with high evaporation, high temperatures and low precipitation. Due to these characteristics, irrigation is the only means of making crops possible during periods outside the rainy season. Irrigation requires proper management to be sustainable. Management, however, consists of using repetitive and expensive methods that lead to errors that interfere with irrigation. These routines and management processes can be used in software development, which make the task simpler. Given the above, the objective of this research was to develop software that optimizes routines, facilitating management. For

- a Irrigation and Drainage Technologist. Master's student in Sustainable Regional Development at UFCA – Federal University of Cariri. [leonmeid@gmail.com](mailto:leonmeid@gmail.com). <http://orcid.org/0000-0002-8770-9172>.
- b Bachelor of Computer Science. Master's student in Sustainable Regional Development at UFCA – Federal University of Cariri. [romulo.almeida@aluno.ufca.edu.br](mailto:romulo.almeida@aluno.ufca.edu.br). <http://orcid.org/0000-0002-9671-5451>.
- c Ph.D. in Civil Engineering. Professor at UFCA – Federal University of Cariri. [ana.meireles@ufca.edu.br](mailto:ana.meireles@ufca.edu.br).
- d Ph.D. in Biosystems Engineering. Professor at UFCA – Federal University of Cariri. [carlos.oliveira@ufca.edu.br](mailto:carlos.oliveira@ufca.edu.br).
- e Ph.D. in Education. Professor at UFCA – Federal University of Cariri. [laudecimartins@gmail.com](mailto:laudecimartins@gmail.com).

this, the languages Java and SQL were used. The development was carried out in the NetBeans 8.2 Software Development Interface, adopting the Model-View-Control standard, the database used was Apache Derby. From the technologies used, and the conduction of the tests of the components and functions, the management software for localized irrigation “Irrigasertão” was obtained as a result. The software developed rational use of water resources.

**Keywords:** Water. Temperature. Soil. Weather.

## **Desarrollo de software para la gestión del riego mediante evapotranspiración de cultivos**

*Leoncio Gonçalves Rodrigues<sup>a</sup>, Romulo Pereira da Silva<sup>b</sup>, Ana Célia Maia Meireles<sup>c</sup>, Carlos Wagner Oliveira<sup>d</sup> y Francisca Laudeci Martins Souza<sup>e</sup>*

**Resumen:** La región semiárida tiene un régimen de lluvias irregular, asociado con alta evaporación, altas temperaturas y bajas precipitaciones. Por estas características, el riego es el único medio de posibilitar los cultivos durante los períodos fuera de la temporada de lluvias. El riego requiere una gestión adecuada para ser sostenible. El manejo, sin embargo, consiste en utilizar métodos repetitivos y costosos que conducen a errores que interfieren con el riego. Estas rutinas y procesos de gestión se pueden utilizar en el desarrollo de software, lo que simplifica la tarea. Dado lo anterior, el objetivo de esta investigación fue desarrollar un software que optimice las rutinas, facilitando así la gestión. Para ello se utilizaron los

---

a Técnico en Riego y Drenaje. Estudiante de Maestría en Desarrollo Regional Sustentable en UFCA - Universidad Federal de Cariri. [leonmeid@gmail.com](mailto:leonmeid@gmail.com). <http://orcid.org/0000-0002-8770-9172>.

b Licenciado en Ciencias de la Computación. Estudiante de Maestría en Desarrollo Regional Sustentable en UFCA - Universidad Federal de Cariri. [romulo.almeida@aluno.ufca.edu.br](mailto:romulo.almeida@aluno.ufca.edu.br). <http://orcid.org/0000-0002-9671-5451>.

c Doctorado en Ingeniería Civil. Profesor de la UFCA - Universidad Federal de Cariri. [ana.meireles@ufca.edu.br](mailto:ana.meireles@ufca.edu.br).

d Doctor en Ingeniería de Biosistemas. Profesor de la UFCA - Universidad Federal de Cariri. [carlos.oliveira@ufca.edu.br](mailto:carlos.oliveira@ufca.edu.br).

e Doctor en Educación. Profesor de la UFCA - Universidad Federal de Cariri. [laudecimartins@gmail.com](mailto:laudecimartins@gmail.com).

lenguajes Java y SQL. El desarrollo se realizó en la interfaz de desarrollo de software NetBeans 8.2, adoptando el estándar Model-View-Control, la base de datos utilizada fue Apache Derby. A partir de las tecnologías empleadas, y de la realización de las pruebas de los componentes y funciones, se obtuvo como resultado el software de gestión de riego localizado “Irrigasertão”. El software permitió un uso racional de los recursos hídricos.

**Palabras clave:** Agua. Temperatura. Suelo. Clima.

## **1. Introdução**

A irrigação é uma técnica que visa a aplicação da água para as culturas, devido à falta ou má distribuição das águas das chuvas. Dentre as técnicas de irrigação, destaca-se a localizada por seu alto desempenho, eficiência e uniformidade de distribuição de água, onde a água é aplicada diretamente sob a zona das raízes da planta, reduzindo assim as perdas e melhorando o desempenho do sistema (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006; MANTOVANI, BERNARDO; PALARETTI, 2009).

A região semiárida do Brasil tem seu balanço hídrico deficitário, com coeficiente de aridez variando de 0,2 a 0,5 (ARAÚJO, 2012). As altas temperaturas e as baixas umidades relativas do ar no período mais seco do ano dificultam o cultivo agrícola, inclusive para os que recorrem a sistemas irrigados (COELHO et al., 2012). Ao concentrar sua aplicação de água sob a zona radicular, a irrigação localizada torna-se uma tecnologia estratégica para produção agrícola no semiárido. Entretanto, irrigar não consiste apenas em aplicar água para as plantas, é preciso saber o quanto e quando aplicar (BERNARDO et al., 2019).

O manejo da irrigação é crucial para o sucesso das atividades agrícolas irrigadas, sendo capaz de evitar problemas como salinização e sodificação (BERNARDO et al., 2019). Conforme a Food and Agriculture Organization (FAO), no mundo há 412 milhões de hectares comprometidos com a salinidade e 618 milhões de hectares com problemas de sodicidade. Esses solos tornam-se improdutivos e economicamente inviáveis de recuperação. Medeiros, Gheyi e Nascimento (2012), afirmam que os solos das regiões secas são mais planos e rasos, o que contribui para o acúmulo de sais no perfil do solo.

A pouca água para promover a lixiviação, associado a baixa permeabilidade dos solos, favorece o acúmulo de sais nas

camadas superficiais. O manejo da irrigação é essencial no semiárido por garantir melhor uso da água e diminuir o risco de salinidade (MARQUES et al., 2014). Apesar de o manejo ser um processo repetitivo e dispendioso, traz vários benefícios. De acordo com Penteado (2010), o manejo da irrigação possibilita um aumento da produção, redução de custos de produção, economia de água e energia. No Brasil, segundo a Agência Nacional das Águas (ANA), são mais de 7 milhões de hectares irrigados, sendo que somente no nordeste do Brasil são mais de 1,1 milhão de hectares. O manejo da irrigação tem objetivo de garantir a sustentabilidade dessas áreas (BRASIL, 2020).

O avanço da tecnologia fez com que, cada vez fosse mais comum, a utilização de programas computacionais, para otimizar procedimentos, como no manejo irrigação (NAIME et al., 2009). Todo procedimento pode ser transcrito para algoritmo, de forma a otimizar processos (CLARO; CARVALHO; LORENA, 2016). Um programa é um conjunto de algoritmos compilados em um arquivo executável que permite a execução de tarefas previamente definidas (CLARO; SOBRAL, 2008). Os processos bem definidos do manejo da irrigação permitem a produção de aplicações facilmente. Diversas linguagens podem ser usadas para criar programas, a exemplo do Java, que é uma linguagem orientada a objetos que usa uma máquina virtual para execução de seus *bytecodes* (CLARO; SOBRAL, 2008).

O objetivo desta pesquisa foi construir um programa que auxilie no manejo da irrigação localizada, permitindo uma melhor tomada de decisão, tornando os processos mais simples e ágeis. O software de manejo da irrigação localizada foi nomeado de IrrigaSertão, desenvolvido em linguagem Java, e se encontra disponível para descarregar gratuitamente<sup>14</sup>, onde sua distribuição e modificação está autorizada.

---

14 IrrigaSertão. Disponível em: <http://irmea.blogspot.com/2020/06/irrigasertao-software-de-manejo-da.html>. Acesso em: 20 abr. 2021.

## **2. Materiais e métodos**

O software foi desenvolvido em ambiente de desenvolvimento NetBeans® versão 8.2, durante o período de Março a Outubro de 2020<sup>15</sup>. A linguagem empregada foi o Java, e o banco de dados (BD) utilizado foi o Apache Derby<sup>16</sup>, com comunicação em linguagem SQL e embarcado na aplicação.

No desenvolvimento foi utilizado o modelo MVC (*Model-View-Control*) como padrão de persistência de dados e comunicação entre as entidades, banco de dados e interface gráfica do usuário. Para tanto, o primeiro passo foi o levantamento dos requisitos do sistema e a definição das funcionalidades. O levantamento dos requisitos, foi feito através de busca na literatura sobre as principais formas de manejo da irrigação, adotando-se o manejo da irrigação baseado na evapotranspiração de referência.

A aplicação foi desenvolvida para manejo da irrigação localizada gotejamento e microaspersão. De acordo com Bernardo et al. (2019), a irrigação localizada é aplicação de água diretamente sob a zona radicular da cultura, havendo dois tipos principais de irrigação localizada a microaspersão e o gotejamento. A irrigação por microaspersão consiste na aspersão de água sob a copa das plantas em raio específico umedecendo a zona radicular das culturas, enquanto, o gotejamento consiste na aplicação de água, gota a gota, diretamente na zona radicular das plantas, esses sistemas operam sob baixa pressão e alta frequência (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

Adotou-se esse modelo de irrigação por sua alta eficiência e menor requerimento hídrico. Nesse contexto, a associação de um

---

15 O programa não foi registrado junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). A publicação desse artigo é o único meio utilizado pelos autores para o reconhecimento de sua autoria.

16 Apache Derby: é um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional Java que pode ser embutido em programas. Sendo um sistema Open Source.

manejo adequado, quando se utiliza um programa computacional permite extrair o máximo desempenho de um sistema de irrigação. Diagramas de classes em linguagem UML<sup>17</sup> (*Unified Model Language*) foram criados para auxiliar o desenvolvimento, e para a criação dos diagramas foi adotado o software StarUML<sup>18</sup>.

A figura no **ANEXO I** apresenta um dos diagramas de classes do pacote *model*, nele não estão representadas as classes do pacote *control*, pacote DAO (responsável por gerenciar a conexão com a data source para obter e armazenar informações), e classe conexão, para não gerar ambiguidade. Assim, com o diagrama de classes, foram definidas todas as funcionalidades do programa, passando para o processo programação. As equações necessárias para o manejo da irrigação foram inseridas no programa.

A evapotranspiração potencial de referência é definida com a taxa de evapotranspiração de um gramado sem restrição hídrica, em crescimento ativo e cobrindo todo o solo, com altura de 0,12 m, resistência de superfície constante de 10 m s<sup>-1</sup> e albedo de 0,23 (ALLEN et al.,1998; BERNARDO et al.,2019). Silva et al., (2017) afirma que há diversos métodos para o cálculo da evapotranspiração, sendo os principais o método de Hargreaves e Samani (1982) e Penman-Monteith (1998). Para o cálculo da evapotranspiração potencial de referência (ET<sub>o</sub>), utilizou a equação proposta por Hargreaves e Samani (1982), versão corrigida pelo Instituto Nacional do Semiárido (INSA) conforme ilustra a Eq.1.

**Eq. 1:**

$$ET_o = 0,0023(t_{med} + 17,8) * (t_{max} - t_{min})^{0,5} * (Ra * 0,408)$$

---

17 UML: é uma linguagem padrão para elaboração da estrutura de projetos de software.

18 StartUML: é uma ferramenta UML do MKLab, que permite a construção de diagramas em UML para estruturação de projetos de software.

Em que:  $t_{med}$ : é a temperatura média (em °C);  $t_{max}$ : é a temperatura máxima (em °C);  $t_{min}$ : é a temperatura mínima (em °C);  $R_a$ : é a radiação extraterrestres, em  $MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$ .

Os valores de  $R_a$  foram embarcados no programa. Para o cálculo do armazenamento de água no solo foram utilizadas as equações de 2 a 7, descritas por Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009) e Bernardo et al., (2019).

**Eq. 2:**

$$DTA = \frac{Cc - Pm}{10} \times Da \times 100$$

**Eq. 3:**

$$DRA = DTA \times f$$

**Eq. 4:**

$$CTA = \frac{CC - PM}{10} \times Da \times Zr$$

**Eq. 5:**

$$CRA = CTA \times f$$

**Eq. 6 :**

$$IRN = CRA$$

**Eq. 7:**

$$ITN = \frac{IRN}{EF \times (1 - RL)}$$

Em que:  $CC$ : é a capacidade de campo (em %);  $PM$ : é o ponto de murcha (em %);  $Da$ : é a densidade do solo (em  $g\ cm^{-3}$ );  $Zr$ : é a profundidade efetiva do sistema radicular (em cm);  $f$ : é o fator de disponibilidade hídrica, adimensional;  $DTA$ : é a disponibilidade total de água (em  $mm\ cm^{-1}$ );  $DRA$ : é a

disponibilidade real de água (em mm); CTA: é a capacidade total de água (em mm); CRA: é a capacidade real de água (em mm); IRN: é a irrigação real necessária (em mm); ITN: é a irrigação total necessária (em mm); EF: é a eficiência de irrigação (em %); RL: é a razão de lixiviação de água no solo, adimensional.

A evapotranspiração potencial de uma cultura é obtida através da multiplicação da ETo pelo coeficiente de cultivo (Kc) de uma dada planta, expressa o potencial de evapotranspiração de uma cultura sob condições ideais (BERNARDO et al., 2019).

Para determinação da evapotranspiração potencial da cultura (ETc), a irrigação total necessária (ITNc), o volume de água por planta (Vp) e o tempo de aplicação foram utilizadas as respectivas equações de 8 – 11, citadas por LOPES et al., (2019); SOUSA et al., (2019).

**Eq. 8:**

$$ETc = ETo \times Kc \times Kr$$

**Eq. 9:**

$$ITNc = \frac{ETc}{\left(\frac{RL}{100}\right) \times (1 - RL)}$$

**Eq. 10:**

$$Vp = ETc \times Sp \times sf$$

**Eq. 11:**

$$Ta = \frac{Vp}{Qa}$$

Em que: Kc: é o coeficiente de cultura, adimensional; Kr: é o coeficiente de redução para irrigação localizada, adimensional; Qa: é a vazão do emissor (em L.h-1); Sp: é o espaçamento entre plantas (em m); Sf: é o espaçamento entre fileiras de plantas.

A porcentagem de área molhada para irrigação por microaspersão e localizada, são determinadas pelas equações 12 e 13 respectivamente, propostas por Bernardo, Soares e Mantovani (2009).

**Eq. 12:**

$$PwG = \left( NEP \times \frac{Se \times W}{Sp \times Sf} \right) \times 100$$

**Eq. 13:**

$$PwM = \left( \frac{NEP}{2} \right) \times \frac{Se \times (Se + w)}{Sp \times Sf}$$

Estruturas condicionais foram empregadas para desvio de fluxo, e assim definir a escolha da Eq.12 ou Eq.13. Para o coeficiente de redução foi adotada a equação 14, proposta por Keller e Bliesner (1990).

**Eq. 14:**

$$Kr = \frac{Pw}{100}$$

Em que: PwG: é a porcentagem de área molhada para irrigação gotejamento, %; PwM: é a porcentagem de área molhada para irrigação microaspersão; NEP: é o número de emissores por planta; Se: é o espaçamento entre emissores para obtenção de faixa molhada contínua (em m); Sp: espaçamento entre plantas (em m); Pw: é a porcentagem de área molhada, gotejamento ou microaspersão.

A razão de lixiviação controla o excesso de sais sob a zona radicular da cultura, pode ser realizada de forma natural pela precipitação pluvial ou artificial pelo acréscimo da lâmina de irrigação (MEDEIROS et al., 2016). A limitada lixiviação de sais no solo está entre os principais fatores que influenciam sua degradação. Em regiões semiáridas a alta evapotranspiração

promove um maior risco de salinização no solo, devendo desse modo aplicar uma lâmina extra para lixiviar os sais (SANTIAGO; MONTENEGRO; MONTENGRO, 2004).

Para a razão de lixiviação (RL) também foi empregado estruturas condicionai para as Eq.15 e Eq.16, onde para irrigações de baixas frequências à RL é direcionada para Eq.15 e para alta frequência pela Eq.16 (AYERS; WESTCOT, 1994).

**Eq. 15:**

$$RL = \frac{CEi}{(5 * CE_s) - CEi}$$

**Eq. 16:**

$$RL = \frac{CEi}{2 * CE_s}$$

Em que: CE<sub>i</sub>: é a condutividade elétrica da água de irrigação (em dS.m<sup>-1</sup>); CE<sub>s</sub>: é a condutividade elétrica do estrato de saturação do solo (em dS.m<sup>-1</sup>);

A precipitação efetiva foi determinada pelo método FAO/AGLW (DASTANTE,1978), sendo empregado estrutura condicional para Eq.17 e Eq.18.

**Eq. 17:** (para Ch ≤ 70mm)

$$Pe = 0.6 * Ch - 10$$

**Eq. 18:** (para Ch > 70mm)

$$Pe = 0.8 * Ch - 24$$

Em que: Pe: é a precipitação efetiva (em mm); Ch: é a chuva ocorrida mensal (em mm).

O coeficiente de uniformidade de água e o coeficiente de uniformidade de distribuição foram determinados pelas equações 19 e 20.

**Eq. 19:**

$$CUC = \left( 1 - \frac{\sum_n^1 Qa}{16 * Qm} \right) * 100$$

**Eq. 20:**

$$CUD = \left( \frac{Qn}{Qm} \right) * 100$$

Em que: CUC: é o coeficiente de uniformidade de Christiansen (em %); CUD: é o coeficiente de uniformidade de Distribuição (em %);  $\Sigma Qa$ : é o somatório da vazão dos emissores avaliados (em L h<sup>-1</sup>); Qm: é a vazão média dos emissores avaliados (em L h<sup>-1</sup>); Qn: é a vazão média dos 25% menores valores dos emissores avaliados (em L h<sup>-1</sup>).

O fator de disponibilidade hídrica foi determinado com base em valores tabelados propostos por Bernardo, Soares e Mantovani (2008). Foi criada no software a possibilidade de geração de gráficos a partir de dados de temperatura, evapotranspiração, coeficiente de cultivo, chuvas e coeficiente de uniformidade de distribuição, para a faixa de tempo de 7, 15 e 30 dias. Ao término da programação foram testadas as funções do software, corrigindo assim os erros encontrados.

### 3. Resultados e discussões

O software IrrigaSertão foi submetido a repetidos testes de unidade e teste de funções, ou seja, as funções inseridas “equações”, a estrutura e a programação foram testadas à medida que o software foi desenvolvido, até se obter o resultado esperado para as funções e ações definidas. Após a finalização do software, testes de unidade foram realizados de modo a verificar se os componentes do programa estavam comunicando-se adequadamente entre si, e retornado os resultados esperados para as entradas, onde o software demonstrou ser operacional. De

acordo com Rocha (2005), o teste de software é uma atividade trabalhosa e procura identificar os possíveis erros, sendo corrigidos ou tratados como exceções.

A qualidade de um programa está relacionada com a capacidade deste gerar resultados conforme a finalidade que foi desenvolvido sem gerar erros, assim como, a sua facilidade de utilização e desempenho. Por outro lado, um teste de software avalia a presença ou ausência de defeitos (MUNIZ et al., 2019). Assim, não importa o quanto minucioso foi um teste, sempre haverá a possibilidade da ocorrência de erros, sendo o principal objetivo de um teste reduzir ao mínimo.

As principais telas da aplicação são “ETo” que permite determinar a evapotranspiração de referência pela Eq.1 e a tela “Manejo” onde é realizado o manejo da irrigação propriamente. A figura presente no **ANEXO II** apresenta a tela da ETo com as diferentes entradas de dados testadas e a visualização gráfica desses dados. Como se pode observar a representação de dados em gráficos possibilita uma melhor leitura dos dados, e desta forma auxilia na tomada de decisão, por permitir abstrair melhor as informações.

Para Dias e Carvalho (2010), gráficos contribuem para a tomada de decisão, tornando mais ágil a apropriação do conhecimento pelo usuário e fornece novos conhecimentos através de objetos visuais. Portanto, a criação da função de gerar gráfico, tem a pretensão de facilitar este procedimento e apropriação do conhecimento. Foram disponibilizados a possibilidade de geração de gráficos para intervalos de 7, 15 e 30 dias. Outros softwares consideram ser os gráficos uma alternativa condizente para a otimização dos processos de manejo da irrigação, como o software SMAI (Sistema de Manejo para Irrigação) desenvolvido pela UNESP (FEITOSA et al. 2014).

Segundo Feitosa et al. (2014), o software SMAI é uma ferramenta útil para manejo da agricultura irrigada, para locais

onde os usuários disponham de poucas informações. Do mesmo modo o software desenvolvido, têm a vantagem de trazer funções extras como avaliação do sistema, determinação da razão de lixiviação, determinação da precipitação efetiva, registro de coeficiente de cultivo, cadastro de parcela e propriedades, entre outras. O SMAI apenas permite a obtenção da ETo pelo método de Penman Monteith, enquanto o software IrrigaSertão tem como base método de Hargreaves e Samani, mas possibilita a inserção de ETo de qualquer outro, não gerando a obrigatoriedade de o usuário utilizar seus recursos totais, podendo intercambiar com valores de outras aplicações.

Outra aplicação que permite a determinação da ETo e possibilita o manejo da irrigação é o CROPWAT da FAO. Surendran, Sushanth e Joseph (2017) utilizou o CROPWAT para estimativa da ETo e manejo da irrigação em estudos na Índia. Observa-se, que aplicações de manejo da irrigação podem ser utilizadas como uma ferramenta de auxílio à pesquisa, assim o software desenvolvido ganha vantagens por suas diversas funções.

A Embrapa disponibiliza o software IrrigaFácil, o qual apresenta similitude com o software desenvolvido, entretanto este dispõe de menos funcionalidades como: estimativa da precipitação efetiva, avaliação do sistema, determinação da razão de lixiviação do sistema, geração de gráficos.

Segundo Alencar et al., (2007), para se obter sucesso em uma pastagem deve ser considerado o manejo da irrigação. Da mesma forma, Amaral e Silva (2008) também consideram a importância do manejo da irrigação para cultura do gergelim, demonstrando a importância da determinação da ETo e uso do Coeficiente de cultivo. A aplicação objeto de estudo desta pesquisa, possibilita a obtenção desses dois pontos apresentados pelos autores. Albuquerque, Faria e Coelho (2010) apresentam a utilização do software IrrigaFácil no documento 128 lançado pela

Embrapa, demonstrando o uso do software e suas funcionalidades. Observa-se desse modo, que a aplicação tem aplicação prática sendo fomentada inclusive pela Embrapa.

Diversos estudos, sob o desenvolvimento e uso de softwares para manejo da irrigação vem sendo conduzidos nos últimos tempos. Ferreira et al, (2017) demonstra o uso do software Intecentimetro® e verificou que sem seu uso o irrigante aplica uma lâmina de 20% superior à necessária. Melo et al., (2017) empregando o software IrrIFES para calcular o balanço hídrico no manejo da irrigação verificou que seu emprego tornou o processo mais simples. Valnir Junior et al., (2017) desenvolveu um software para manejo da microirrigação e verificou sua viabilidade em campo. Nesse sentido, fica evidente a importância do desenvolvimento de softwares par manejo da irrigação.

A aplicação desenvolvida segue o padrão presente em aplicações similares como SMAI, IRRIGA e CROPWAT. As aplicações desenvolvidas buscam na literatura os processos definidos para o manejo da irrigação, o que acaba conduzindo a um padrão de desenvolvimento. Junior et al., (2017) desenvolveu um software de manejo da irrigação com características parecidas e concluiu em seu teste que a utilização do software trouxe maior praticidade na operacionalização e manejo da irrigação. Nesse sentido, espera-se que o software IrrigaSertão alcance os resultados semelhantes ou melhores, por sua similaridade com outras aplicações e disponibilidade de funções.

#### **4. Conclusões**

O software desenvolvido permite o manejo da irrigação com base na evapotranspiração de referência, o que pode trazer diversos benefícios ambientais e econômicos para o produtor, contribuindo para sustentabilidade ao preservar o uso dos recursos hídricos e diminuir riscos ao solo como salinidade e sodicidade. O IrrigaSertão poderá ser empregado para

monitoramento local da evapotranspiração de referência e manejo da irrigação em função dos dados meteorológicos disponíveis.

## Referências

- ALBUQUERQUE, P. E. P.; FARIA, C. M.; COELHO, E. A. **Utilização do software IrrigaFácil para manejo de irrigação**. Sete Lagoas: Embrapa, 2011.
- ALENCAR, C. A. B.; CUNHA, F. F. MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; ROCHA, W. S. D.; ARAÚJO, R. A. S. Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 98-108, set. 2020.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 301 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- AMARAL, J. A. B.; SILVA, M. T. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do gergelim por manejo de irrigação. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 25-33, 2008.
- ARAÚJO, J. C. Recursos hídricos em regiões semiáridas. *In*: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. **Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações**. Campina Grande: INSA, 2012. p. 30-39.
- AYERS, R. S.; WESTCOT. FAO. **Water quality for agriculture**. Rome: FAO, 1985, 174 p. (Irrigation and Drainage Paper n° 29).
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. **Manual de Irrigação**. 9. ed. Viçosa: UFV, 2019. 545 p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

BRASIL. Agência Nacional das Águas. **Atlas da Irrigação**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <http://atlasirrigacao.ana.gov.br/>. Acesso em: 21 set. 2020.

CLARO, D. B.; SOBRAL, J. B. M. **Programação em Java**. Florianópolis: Pearson Education, 2008. 89 p.

CLARO, D.; CARVALHO, C. P. L. F.; LORENA, A. C. **Introdução à Computação**. Rio de Janeiro: Ltc, 2016. 200 p.

COELHO, F. E.; SILVA, T. S. M.; SILVA, A. J. P.; PALIZOTO, I.; CONCEIÇÃO, B. S.; SANTOS, D. B. Sistemas de irrigação de baixo custo para agricultura familiar de assentamentos ribeirinhos do semiárido. *In*: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. **Recursos hídricos em regiões semiáridas**: estudos e aplicações. Campina Grande: INSA, 2012. Cap. 5, p. 100-115.

DASTANTE, N. G. **Effective rainfall in irrigated agriculture**. Rome: FAO, 1978. (FAO, Irrigation and Drainage Paper, 25).

DIAS, M. P; CARVALHO, J. O. F. A Visualização da Informação e a sua contribuição para a Ciência da Informação.

**DataGramZero**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 5, p. 1-16, out. 2007.

FAO (Italia). **Status of world soil resources**. Roma, 2015. 184 p.

FEITOSA, D. G.; MARIANO, J. C. Q.; HERNANDEZ, F. B. T.; SANTOS, G. O.; TEIXEIRA, A. H. C. Software SMAI 2.0 para estimativa da evapotranspiração de referência diária e horária. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM,

2014, Brasília. **Anais [...]**. Brasília, DF: Conird, 2014. p. 1-6.

FERREIRA, F. E. P.; PEREIRA, S. B.; MARTINEZ, M. A.; SOARES, A. R.; CUNHA, F. F. Uso do software Intecerímetro® no manejo da irrigação da cultura do milho. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 1, n. 32, p. 1-7, abr. 2017. Semestral.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Estimating potential evapotranspiration. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 108, p. 225-230, 1982.

KELLER, J.; BLIENSNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinold, 1990. 652 p.

LOPES, L. C.; VIEIRA, H. D.; VIERA, 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, set. 2020.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2009. 355 p.

MARQUES, F. A. **Solos do Nordeste**. Recife: Embrapa, 2014. 8 p.

MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R.; COSTA, A. R. F.; TOMAZ, H. V. Q. Manejo do solo-água-planta em áreas afetadas por sais. *In*: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; FILHO, E. G. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCT Sal, 2016. Cap. 20, p. 319-335.

MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R.; NASCIMENTO I. B. Salinidade de solo e da água e seus efeitos na produção agrícola. *In*: GHEYI, H. R. PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O.

**Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações.**

Campina Grande: INSA, 2012. Cap. 10, p. 190-218.

MELO, D. P.; VIEIRA, G. H. S.; MIRANDA, L. Q.;

REDIGHIERI, T. Aplicativo web para cálculo de balanço hídrico

no manejo da irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura**

**Irigada**, Fortaleza, v. 11, n. 2, p. 1302-1309, mar. 2017.

MUNIZ, A.; BOAS, C. V.; CABRA, B.; COLARES, R. **Jornada**

**ágil de qualidade: aplique práticas no início do ciclo para**

potencializar a aplicação contínua de softwares de qualidade. Rio

de Janeiro: Brasport, 2019. 189 p.

NAIME, J. M *et al.* **Programa para manejo da irrigação de**

**precisão em culturas perenes.** São Carlos: Embrapa, 2009. 4 p.

PENTEADO, S. R. **Manejo da Irrigação.** 2. ed. Voçosa: UFV,

2010. 208 p.

ROCHA, A. D. **Uma ferramenta baseada em aspectos para**

**apoio ao teste funcional de programas.** 2005. 120 f. Dissertação

(Mestrado em Ciências da Computação e Matemática

Computacional) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

SANTIAGO, F. S.; MONTENEGRO, A. A.; MONTENEGRO,

S M. G. L. Avaliação de parâmetros hidráulicos e manejo da

irrigação por microaspersão em área de assentamento. **Engenharia**

**Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 632-643, dez. 2004.

SOUSA, V. F.; NUNES, G. M. V. C.; ZONTA, J. B.; ARAÚJO,

E. C. E. **Tecnologias para a produção de melancia irrigada na**

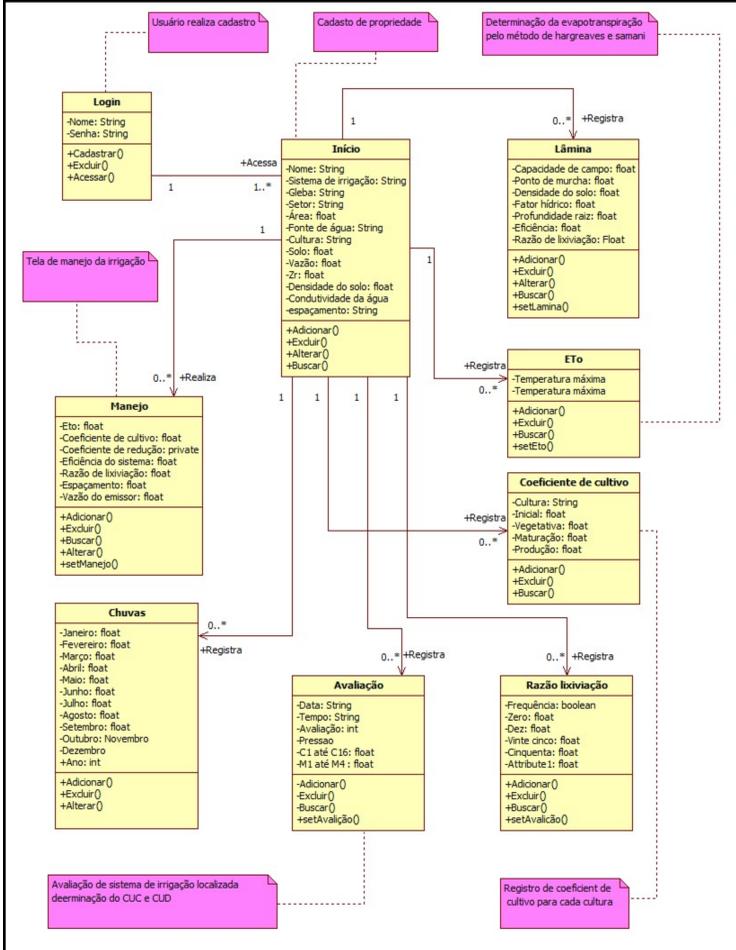
**Baixada Maranhense.** Cocais: Embrapa, 2019. 21 p.

SURENDRAN, U.; SUSHANTH, C. M.; JOSEPH, G. M. FAO-

CROPWAT model-based estimation of crop water need and appraisal of water resources for sustainable water resource management: Pilot study for Kollam district – humid tropical region of Kerala, India. **Current Science**, Kozhikode, v. 112, n. 1, p. 76-86, 10 jan. 2017.

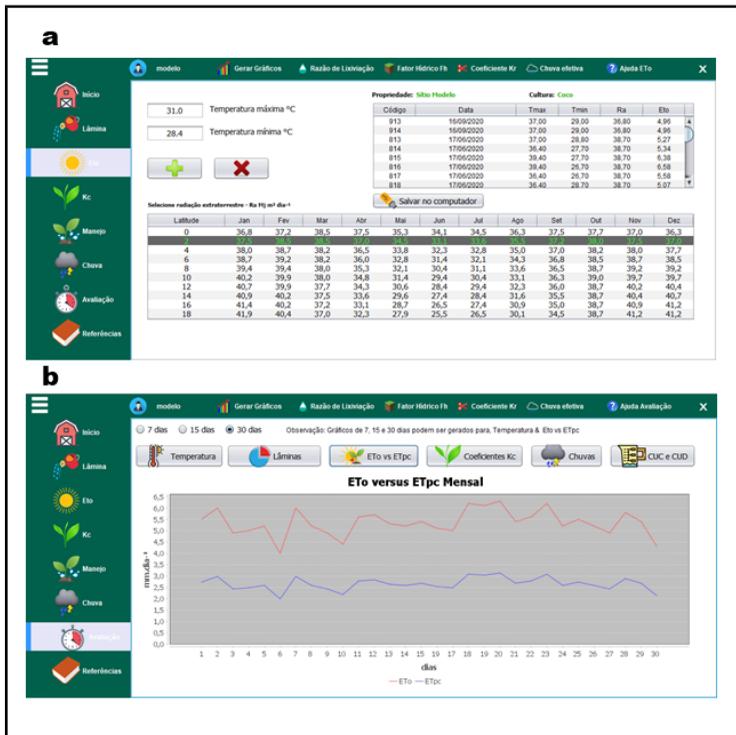
VALNIR JÚNIOR, M.; RIBEIRO, F. C.; ROCHA, J. P. A; LIMA, S. C. R. V; CARVALHO, C. M.; GOMES FILHO, R. R.  
Desenvolvimento de um *software* para o manejo da microirrigação.  
**Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 2, p. 1324-1330, 27 mar. 2017.

ANEXO I – Diagrama de classes, contendo as classes Modelo do programa IrrigaSertão



Fonte: Autores.

ANEXO II – Tela de registro da ETo (a”) e tela com representação gráfica dos dados na tela de registro (b)



Fonte: Autores.