

MATHEUS GONÇALVES GARCIA

**CONTROLE E SUPERVISÃO DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO COM DADOS DIÁRIOS
VIA EQUAÇÃO DE HARGREAVES-SAMANI**

Orientador: Gerson Ovidio Luz Pedruzi

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Viçosa como requerimento
ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em
Automação Agrícola e Industrial.**

**VIÇOSA
2018**

CONTROLE E SUPERVISÃO DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO COM DADOS DIÁRIOS VIA EQUAÇÃO DE HARGREAVES-SAMANI

RESUMO

Em busca do constante aumento de produtividade vinculado a sustentabilidade ambiental, faz-se necessário cada vez mais o uso eficiente dos recursos naturais, principalmente da água. A partir desta narrativa, objetivou-se com este trabalho elaborar e avaliar a utilização de um sistema para manejo de irrigação via equação de Hargreaves-Samani automático, bem como, estimar o quanto de economia um bom manejo de irrigação pode gerar em pequenas propriedades rurais, com pequenos sistemas de irrigação por aspersão, que normalmente funcionam apenas por estimativa de evapotranspiração diária fixa no controle da irrigação. O sistema funciona via um sensor PT100 para captura dos dados de temperatura e um Controlador Lógico Programável (CLP) para fazer o controle do tempo de irrigação baseado na Evapotranspiração crítica (Etc) calculada via sistema supervisório elaborado no *software* Elipse Scada. Para simulação de resultados foram utilizados dados da estação automática localizada dentro da Universidade Federal de Uberlândia, que foram obtidos via Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Através destes dados, foram calculados os valores das horas de economia no funcionamento da motobomba, e da quantidade de água utilizada. Com os valores de economia em horas, foram calculados os tempos necessários para retorno do investimento, considerando os custos de implantação. Pelas simulações, foi possível economizar 16 % no manejo utilizando apenas a temperatura e 24,1% no manejo envolvendo a temperatura e pluviômetro. O tempo de retorno de investimento estimado foi entre 2,5 e 3 anos.

Palavras- sistema supervisório, irrigação, Hargreaves-Samani, manejo.

EVALUATION OF IRRIGATION MANAGEMENT WITH DAILY DATA VIA HARGREAVES-SAMANI EQUATION

ABSTRACT

In search of the constant increase of productivity linked to environmental sustainability, it is necessary increasingly the efficient use of natural resources, especially water. From this narrative, the purpose of this work was to elaborate and evaluate the use of a system for irrigation management using an automatic Hargreaves-Samani equation, as well estimate how much profit a good irrigation management can generate in small rural properties, with small sprinkler irrigation systems, which normally only work by estimating fixed daily evapotranspiration in irrigation control. The system works via a PT100 sensor for temperature data capture, and a Programmable Logic Controller (PLC) to control the irrigation time based on the critical Evapotranspiration (Cet), calculated using the supervisory system developed in the Elipse Scada software. For simulation of results, data from the automatic station located inside the Federal University of Uberlândia were used, which were obtained through the National Institute of Meteorology (INMET). Through these data, the values of saving hours in the operation of the motor pump and the amount of water used were calculated. With the savings values in hours, the time required to return the investment was calculated, considering the implementation costs. By the simulations, it was possible to save 16% in the management using only the temperature and 24.1% in the management involving the temperature and rain gauge. The estimated investment payback time was between 2.5 and 3 years.

Keywords: supervisory system, irrigation, Hargreaves-Samani, management.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	4
2. OBJETIVO	6
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
3.1. Caracterização da área experimental.....	6
3.2. Sistemas de manejo de irrigação.....	7
3.2.1. Sistema tradicional	7
3.2.2. Sistema de manejo de <i>Hargreaves-Samani</i>	8
3.2.3. Equipamentos e <i>softwares</i> utilizados no sistema proposto.	9
3.2.4. Sistema de controle e supervisão	10
3.2.5. Simulação do sistema	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4.1. Comparação dos sistemas de irrigação	11
4.2. Análise econômica.....	13
4.3. Sistema supervisorio	15
5. CONCLUSÕES	17
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

1. INTRODUÇÃO

Com o constante crescimento dos seres humanos no cenário mundial, se faz necessário cada vez mais a utilização de recursos ambientais básicos para a manutenção da vida no planeta terra. Segundo o IBGE, estima-se que até o ano de 2047 a população brasileira chegue a mais de 230 milhões de habitantes, um aumento de mais de 10% em relação aos 209 milhões atuais (IBGE/2018).

Com esse aumento populacional, são necessárias ao menos duas ações básicas: redução no desperdício de recursos, como água e energia elétrica, e aumento na produção de alimentos. Dentre essa necessidade, um dos setores mais criticados é o setor da Agricultura, que é um dos maiores utilizadores de recursos, principalmente a água. (Adaptado de EMBRAPA, 2018).

Dentre os ramos da agricultura, existe a irrigação. A agricultura irrigada consiste na utilização de técnicas de aplicação de água de forma controlada sobre o solo, que tem como objetivo, a redução das perdas de produção de alimentos por estresse hídrico. Segundo MONTOVANI E.C. et al. (2009), a agricultura irrigada possibilita uma maior produção, por permitir mais de um plantio por ano, consequentemente aumento a produtividade.

De acordo com dados publicados no documento ATLAS Irrigação - Uso da Água na Agricultura Irrigada publicado pela Agência Nacional de Águas (ANA), com avaliação realizada em 2017, a irrigação é responsável pela retirada de 969 m³/s e pelo consumo de 745 m³/s da água utilizada do Brasil. Estes valores correspondem a 46,1% da retirada total e 67,1% do consumo total. Os gráficos com os valores percentuais da utilização de água do Brasil estão disponíveis na Figura 1.

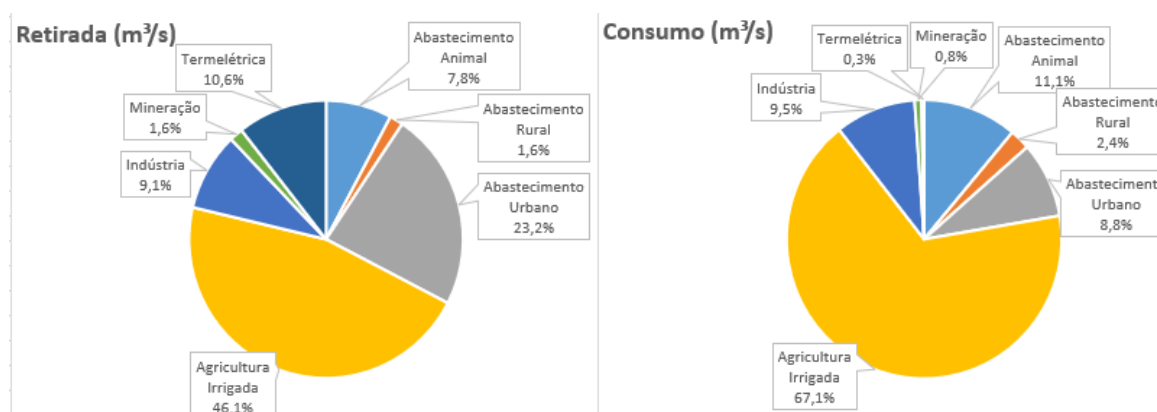


Figura 1: Tipos de utilização da água do Brasil comparando a retirada e o consumo. Fonte: ANA/2017.

Devido a essa grande utilização de água, principalmente na agricultura, aumentam-se também, infelizmente, os desperdícios, tanto de água aplicada no solo, quanto o consumo de energia elétrica

utilizada no funcionamento do sistema. Grande parte dos produtores não realiza o manejo adequado, aplicando quantidades de água acima ou abaixo da necessidade da lavoura. (NAANDANJAIN, 2018).

Atualmente no Brasil, grande parte das propriedades rurais não contam com um sistema de manejo adequado (seja ele via solo, clima ou planta). A maioria dos locais simplesmente realiza um projeto (que considera as piores condições climáticas possíveis para a região) e estipula um tempo de funcionamento considerando tais condições.

Utilizando como exemplo um estudo feito no cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L), a realização de um manejo adequado aumenta a produtividade em até 20%, além e reduzir a lâmina de água aplicada em até 40% (Adaptado de EMBRAPA, 2015).

De acordo com o documento: “Manejo de irrigação: Como, Quando e Quanto Irrigar?”, desperdícios na irrigação, causados por falta de manejo, podem representar de 15% a 25% do custo médio total de produção. (Agência Nacional de Águas, 2016).

Pode-se visualizar na Tabela 1 um exemplo prático destes valores desperdiçados.

Tabela 1: Volume necessário de água comparada com o volume aplicado (Bernardo et al., 2006).

Cultura	Área Cultivada (ha)	Água necessária por cultura (mm/mês)	Horas de trabalho do motor no mês de maior consumo	Volume de água m ³ /ciclo		
				Aplicado	Necessário	Desperdiçado
Café	250	83,3	296,7	296700	208250	42,47%
Soja	100,8	138,46	406	163699	139567	17,29%
Tomate	67,2	135	382,3	102762	90720	13,27%

Segundo dados disponibilizados pela CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais) (2016) um desperdício médio de 20% da água aplicada em excesso pode representar até 25% a mais de energia elétrica sendo utilizada.

A utilização de um sistema de monitoramento junto com um sistema de automação garante diversos benefícios para o produtor como: redução no consumo de energia elétrica e água (devido a aplicação de acordo com a necessidade da planta e não por valores pré-definidos), redução no custo com mão de obra (antes responsável pela abertura e fechamento dos registros), aquisição de dados para criação de uma média histórica pontual, que pode inclusive auxiliar em outros processos de manejo dentro da propriedade rural.

De forma geral, é possível reduzir principalmente os desperdícios e otimizar a utilização dos recursos e da mão de obra. Isso implica em uma redução dos custos, aumento da produtividade e consequentemente aumento da eficiência e lucratividade da propriedade rural.

2. OBJETIVO

Avaliar os custos de irrigação por manejo com equação de Hargreaves-Samani, a partir da temperatura ou da temperatura e índice pluviômetro, e comparar os resultados com o manejo convencional, baseado em aplicação fixa de água.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área experimental

O trabalho em questão foi desenvolvido em uma propriedade rural no município de Uberlândia – MG com coordenadas geográficas: -18.90369, -48.36891. O clima da região é considerado como Tropical, e de acordo com a classificação de Köppen e Geiger, o clima é classificado como Aw (que remete a um clima tropical com estação seca). De acordo com os dados da normal climatológica obtida no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) a temperatura média anual no município é de 22,3°C e a precipitação fica em torno de 1600 mm por ano.

A principal atividade econômica da propriedade é a produção de leite, composta por um sistema de irrigação por aspersão convencional, sem nenhum método de manejo e supervisão do processo. A propriedade tem área total de 9,4 hectares e destes, aproximadamente 2,6 hectares são irrigados. A área onde o sistema de irrigação está instalado pode ser visualizada na Figura 2.



Figura 2: Imagem de Satélite da pastagem irrigada. Fonte: Google Earth.

Toda a produção do pasto irrigado é destinada ao consumo na dieta do gado, sendo este confinado e a cultura utilizada é a do capim Mombaça (*Panicum maximum cv. Mombaça*). Na área irrigada, são utilizados aspersores do modelo LF 2400, da marca *Rain Bird*, modelo 21 graus com bocal prata. A pressão de serviço adotada para funcionamento dos aspersores é de 3,1 bar (aproximadamente 31 m.c.a), com vazão de aproximadamente 900 litros por hora. O aspersor utilizado pode ser visualizado na Figura 3.



Figura 3: Modelo do aspersor e um exemplar instalado na propriedade.

O espaçamento entre os aspersores é de 12 x 15 m (entre linhas e entre aspersores, respectivamente). A área irrigada possui 60 aspersores. Ela é dividida em 5 setores, com 12 aspersores cada. É irrigado um setor por dia, de segunda-feira a sexta-feira e não ocorre irrigação no fim de semana. De acordo com as características de projeto do sistema de irrigação da propriedade, a quantidade de água que precisa ser repostada semanalmente é fixa e tem valor de 35 milímetros (litro por metro quadrado). O sistema foi dimensionado para aplicar sobre o solo a lâmina de água de 5 milímetros por hora, sendo necessário, portanto, 7 horas de funcionamento por dia. O funcionamento de um setor com 12 aspersores implica em um consumo de 10800 litros de água por hora.

3.2. Sistemas de manejo de irrigação

3.2.1. Sistema tradicional

O sistema de manejo tradicional funciona com aplicação fixa de 35mm de água semanalmente, e é baseado na intensidade de aplicação de projeto de acordo com a temperatura e evapotranspiração média da região do triângulo mineiro. Para que isso ocorra, a motobomba funciona por um período de 7 horas diárias (pois sua intensidade de aplicação é de 5mm/hora), independente da temperatura ambiente e da época do ano. Como a propriedade possui cinco setores, cada setor é irrigado durante um dia da semana e nos finais de semana (sábado e domingo) não ocorre irrigação. O sistema no modelo tradicional é

acionado manualmente por um funcionário que trabalha na propriedade, tanto o ligamento quanto o desligamento. Como é um sistema controlado por uma pessoa, está passível de erros humanos como ligar e desligar nos horários incorretos, deixar funcionando mais tempo que o necessário, entre outros.

3.2.2. Sistema de manejo de *Hargreaves-Samani*

O sistema de manejo proposto funcionou a partir da obtenção da Evapotranspiração de Referência (Eto) via método de *Hargreaves-Samani*. Este método consiste do cálculo da Eto com base na radiação solar do dia 15 que chega na superfície do planeta no mês avaliado, da latitude do ponto de instalação e da temperatura. Como a avaliação é realizada diariamente, as leituras de temperatura também foram realizadas diariamente. O método de *Hargreaves-Samani* é considerado um manejo de irrigação via clima.

A equação de *Hargreaves-Samani* é dada pela equação 1.

$$Eto = 0,0023 * Ra * (Tmax - Tmin)^{\frac{1}{2}} * (Tmed + 17,8) \quad (1)$$

Onde,

Ra = Radiação Solar do dia 15 do mês avaliado, expressa no equivalente de evapotranspiração (mm/dia);

Tmax = Temperatura máxima observada no dia (°C);

Tmín = Temperatura mínima observada no dia (°C);

Tmed = Temperatura média observada no dia (°C);

Eto = Evapotranspiração de referência estimada por *Hargreaves-Samani* (mm/dia).

A radiação Ra é estimada através de tabela disponibilizada pela Embrapa baseada na data e na latitude do local. A tabela pode ser encontrada na internet com o nome: “Evapotranspiração de referência – método *Hargreaves-Samani*”, no formato xls. A tabela possui valores para a radiação de acordo com a latitude sul, variando de 0 a 34° S.

Como o local de instalação do equipamento fica no município de Uberlândia – MG, sua latitude aproximada é de 19°S, dessa forma, apenas os dados da latitude do local de instalação foram necessários e utilizados. Os valores de radiação para o local de instalação podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2: Variação da Radiação para a latitude fixa.

Lat. Sul	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
19	17,20	16,50	15,05	13,10	11,20	10,20	10,60	12,15	14,00	15,80	16,90	17,25

O valor de E_{to} calculado é então multiplicado pelo coeficiente de cultivo máximo da cultura (K_c). Esse coeficiente é tabelado e varia de acordo com a cultura plantada. De acordo com a literatura o valor do K_c para o capim Mombaça pode variar de 0,7 (EMBRAPA) a 1 (MUNIZ, 2011). Para o projeto avaliado, o K_c utilizado foi o de maior valor, no caso 1. A equação 2 demonstra o cálculo da E_{tc} .

$$E_{tc} = E_{to} * K_c \quad (2)$$

3.2.3. Equipamentos e softwares utilizados no sistema proposto.

Para aquisição, armazenamento e processamento dos dados obtidos de temperatura foram utilizados um relé programável do modelo CLW -02 / 12HR-D 3RD CLIC02 24VCC WEG, um sensor de temperatura modelo PT 100 com 3 fios e um conversor USB RS-485. Os equipamentos podem ser visualizados na Figura 4.



Figura 4: Equipamentos utilizados no armazenamento e medição dos dados. Da esquerda para direita, CLP, PT100 e USB RS-485.

Uma bomba da marca Thebe acoplada a um motor elétrico da WEG com potência de 3 C.V, rotação de 3460 rpm e frequência de 60 Hz. A imagem do conjunto motobomba pode ser visualizado na Figura 5.



Figura 5: Conjunto Motobomba instalado na propriedade.

O sistema supervisorio foi elaborado no *software* Elipse Scada em sua versao de demonstracao. Essa versao e gratuita, poroem limitada, dentre algumas limitacoes esto: nao possibilita salvar projetos com mais de 20 tags de comunicacao, nao permite trabalhar com servidores em modo *Hot-standby* nem em dominios remotos, so permite a comunicacao com um driver de comunicacao de nivel 0 (zero), impossibilita acesso as configuracoes de dominio, entre outras restricoes (ELIPSE 2018).

3.2.4. Sistema de controle e supervisao

Os dados de temperatura maxima e temperatura minima do dia sao armazenados pelo sistema supervisorio. Com os valores de temperatura maxima e minima, calcula-se a temperatura media, alem disso o valor da radiao e selecionado de acordo com a data avaliada. Com o valor de Eto calculado, estima-se o valor da Evapotranspiracao da Cultura no periodo de 7 dias (tempo demandado para se iniciar um novo ciclo), a partir desse valor, o sistema supervisorio estimou o tempo de irrigacao, que implica no tempo de funcionamento da motobomba e o CLP aciona o sistema. O fluxograma da Figura 6 ilustra todo processo de controle.

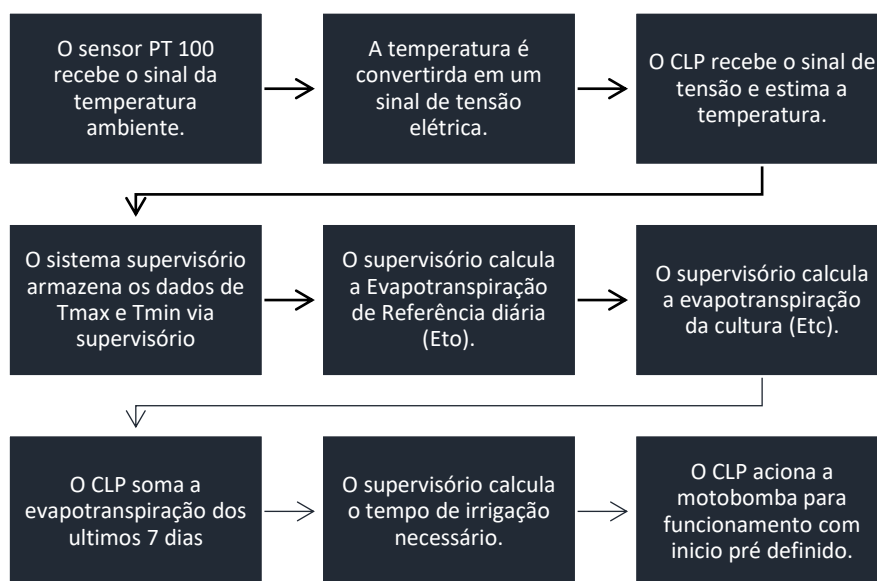


Figura 6: Fluxograma de funcionamento do sistema.

3.2.5. Simulação do sistema

Para fins de simulacao dos resultados que podem ser obtidos com o equipamento e estimativas de economia, foram utilizados os dados disponiveis no site do INMET para a cidade de Uberlândia-MG. A estacao automatica da cidade fica instalada dentro da Universidade Federal de Uberlândia, localizada em um raio de 23 km da fazenda onde o equipamento foi instalado. Dentre os dados disponibilizados pelo INMET, foram utilizados: temperatura maxima, temperatura minima e precipitacao. Os dados de precipitacao foram utilizados para determinar a quantidade de horas de economia que podem ser

conseguidas combinando o sistema de manejo com um pluviômetro. Os dados foram coletados de 1 de janeiro à 29 de novembro de 2018.

Como os dados são obtidos a cada hora, os dados de temperatura máxima e mínima diários foram determinados através de planilhas eletrônicas. Através da avaliação da data, o valor de R_a é determinado via Tabela 2, com os dados de temperatura e radiação foi calculada a E_{to} diária. O valor de E_{to} foi multiplicado pelo coeficiente K_c que tem seu valor igual a 1, determinando assim o valor da Evapotranspiração da cultura (E_{tc}) diária. Os valores de E_{tc} diários foram somados durante 7 dias consecutivos para cálculo da E_{tc} semanal. Com o valor da E_{tc} semanal, o sistema supervisor consegue determinar o tempo de funcionamento da motobomba na simulação.

Este tempo de simulação foi comparado com o tempo normal de funcionamento da motobomba e então foram calculadas as horas de economia de funcionamento diária. A partir da soma da economia diária e das datas, calculou-se a economia mensal. As horas de economia foram estimadas em duas situações distintas, a primeira com o manejo via equação de *Hargreaves-Samani* considerando apenas a medição da temperatura e desconsiderando a precipitação, a segunda utilizando o sistema de manejo via *Hargreaves-Samani*, porém com avaliação em simultâneo da precipitação, que era subtraída do tempo de irrigação, baseado no correspondente em horas de funcionamento da bomba.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Comparação dos sistemas de irrigação

Com a utilização da ferramenta de manejo na simulação, foram obtidos dados referentes a 326 dias entre 1 de janeiro de 2018 e 29 de novembro de 2018. Destes, em 288 dias (88,3%) houve economia de água e energia, pois o tempo de funcionamento da bomba poderia ser menor que 7h/dia. Em 38 dias (11,7%), a bomba deveria ter ficado ligada mais tempo que as 7h/dia, o que pode ter gerado estresse hídrico, e consequentemente ter comprometido a produtividade da forrageira da fazenda.

Considerando a primeira simulação onde a precipitação não foi avaliada, apenas a variação de temperatura, conforme a equação de *Hargreaves-Samani*, foram economizados aproximadamente 261 horas de funcionamento da motobomba, conforme visualizado na Tabela 3.

Tabela 3: Economia em horas de funcionamento da motobomba comparando a ausência de manejo com o manejo via *Hargreaves Samani*, desconsiderando a precipitação.

Mês	Hrs. Econ.	Mês	Hrs. Econ.	Mês	Hrs. Econ.
Janeiro	-6,95	Maio	52,01	Setembro	11,96
Fevereiro	4,62	Junho	57,10	Outubro	-1,20
Março	9,95	Julho	51,59	Novembro	11,95
Abril	34,14	Agosto	36,21	Total	261,38

Pelo método convencional de irrigação sem manejo, ao longo dos 326 dias, aconteceu irrigação em 234 dias (excluindo finais de semana), o que implicaria em 1638 horas de funcionamento da bomba. Com o sistema de manejo exclusivo via temperatura a necessidade de funcionamento da motobomba cairia para 1376 horas e 37 minutos (1376,62 horas). Com esse tipo de manejo foi possível reduzir a necessidade de funcionamento da bomba em 16%.

Considerando a utilização de um pluviômetro para aquisição dos dados de precipitação e utilização em conjunto com o modelo de manejo de *Hargreaves-Samani*, obtém-se ao longo dos 326 dias uma estimativa de redução no consumo conforme a Tabela 4.

Tabela 4: Utilização do manejo via *Hargreaves-Samani* combinado com um pluviômetro para medição de precipitação.

Mês	Hrs Eco	Mês	Hrs Eco	Mês	Hrs Eco
Janeiro	8,65	Maio	53,73	Setembro	15,80
Fevereiro	22,50	Junho	57,10	Outubro	24,24
Março	24,51	Julho	51,59	Novembro	54,23
Abril	45,90	Agosto	37,01	Total	395,26

Pela combinação do método de *Hargreaves-Samani* com um pluviômetro foi possível reduzir a necessidade de horas de funcionamento da motobomba em 395 horas e 15 minutos (395,26 horas), portanto a necessidade de funcionamento da motobomba cairia para 1242 horas e 44 minutos (1242,74 horas). Com esse tipo de manejo foi possível reduzir a necessidade de funcionamento da bomba em 24,1%.

A Figura 7 demonstra a relação existente entre a temperatura média mensal e a economia em horas de funcionamento da motobomba.

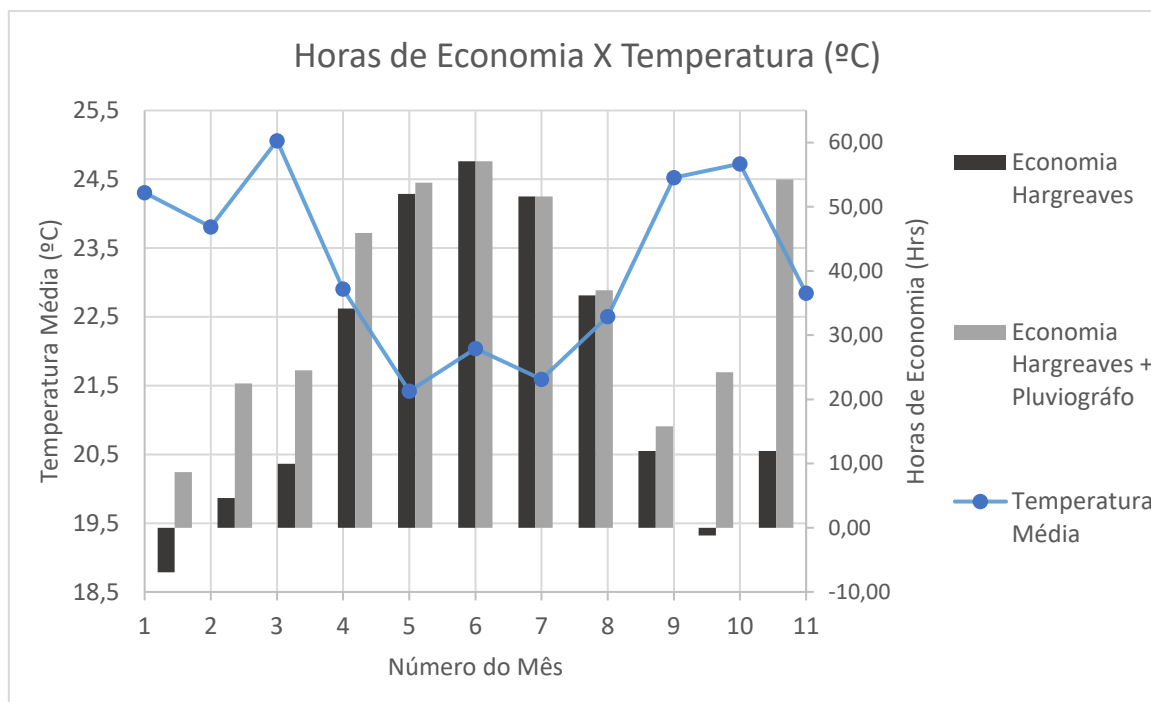


Figura 7: Relação entre temperatura e economia em horas dos métodos avaliados.

Percebe-se que utilizando apenas o manejo via temperatura por *Hargreaves-Samani* nos meses com maior precipitação (janeiro, fevereiro, março, setembro, outubro e novembro) a economia em horas de funcionamento da bomba é bem menor, quando comparada com o manejo de *Hargreaves-Samani* com pluviômetro. Mesmo desconsiderando a precipitação, percebe-se uma boa economia em horas de funcionamento da bomba nos meses mais frios do ano (abril, maio, junho, julho e agosto).

Entre abril e agosto quando a temperatura é mais baixa e a precipitação é mínima, percebe-se muita proximidade entre as horas de economia via *Hargreaves-Samani* e entre *Hargreaves-Samani* com pluviômetro. Isso ocorre devido à ausência de precipitação, deixando o manejo vinculado exclusivamente a variação de temperatura.

4.2. Análise econômica

Convertendo o valor em cavalo vapor (C.V) para Quilowatt, tem-se 0,7355 kW por C.V. Como a motobomba é de 3 C.V, logo sua potência é de 2,2065 kW (considerando que o motor trabalhe em plena carga). Sabe-se que o custo do kWh na propriedade é 0,579 R\$/kWh, dessa forma a economia em R\$ durante o período avaliado pode ser visualizado na Tabela 5.

Tabela 5: Estimativa de Economia de água e energia.

Tipo de Manejo	Custo Kwh (R\$)	Economia (Hrs)	Economia (R\$)	Economia Água (m ³)
<i>Hargreaves-Samani</i>	R\$0,58	261,4	R\$333,93	2822,91
<i>Hargreaves-Samani</i> + Pluviômetro	R\$0,58	395,3	R\$504,97	4268,81

Os custos com compra equipamentos para implementação podem ser visualizados na Tabela 6.

Tabela 6: Custos com compra de equipamentos com o pluviômetro.

Produto	Valor (R\$)
Fonte 24 Vcc - 127 - 200 Volts	R\$ 100,00
Clic 02 12Hr 3rd 24 Vcc	R\$ 750,00
PT 100 3F TP SR-003	R\$ 60,00
Transdutor	R\$ 160,00
Conversor USB RS485	R\$ 45,00
Resistência Elétrica	R\$ 10,00
Pluviômetro	R\$ 300,00
Total de Gastos	R\$ 1.425,00

Considerando as duas simulações avaliadas, tem-se os seguintes prazos para retorno do investimento conforme a Tabela 7.

Tabela 7: Tempo de retorno do investimento, considerando as simulações.

Tipo de Manejo	Economia 326 Dias (R\$)	Custo Implantação	Tempo Retorno (Meses)
<i>Hargreaves-Samani</i>	R\$333,93	R\$ 1.125,00	36,61
<i>Hargreaves-Samani</i> com Pluviografo	R\$504,97	R\$ 1.425,00	30,67

Percebe-se que o investimento se paga com aproximadamente 3 anos apenas com o manejo via *Hargreaves-Samani* e com aproximadamente 2 anos e meio para o manejo utilizando *Hargreaves-*

Samani em combinação com o pluviômetro. Porém, essa simulação foi desconsiderando qualquer aumento no valor da tarifa de energia elétrica.

Além disso, a aplicação do sistema automatizado de controle via *Hargreaves-Samani* consegue diminuir o uso da mão de obra no manejo da irrigação e melhorar a produtividade da propriedade por aplicar a quantidade de água necessária durante o desenvolvimento da cultura, diminuindo a existência de problemas como saturação do solo e déficit hídrico.

4.3. Sistema supervisorio

O sistema supervisorio foi composto por uma tela de simulação que calculava a evapotranspiração da cultura automaticamente, baseado nas temperaturas máxima e mínima. Para acessar ao sistema é necessário entrar com um usuário, conforme demonstrado na Figura 8.

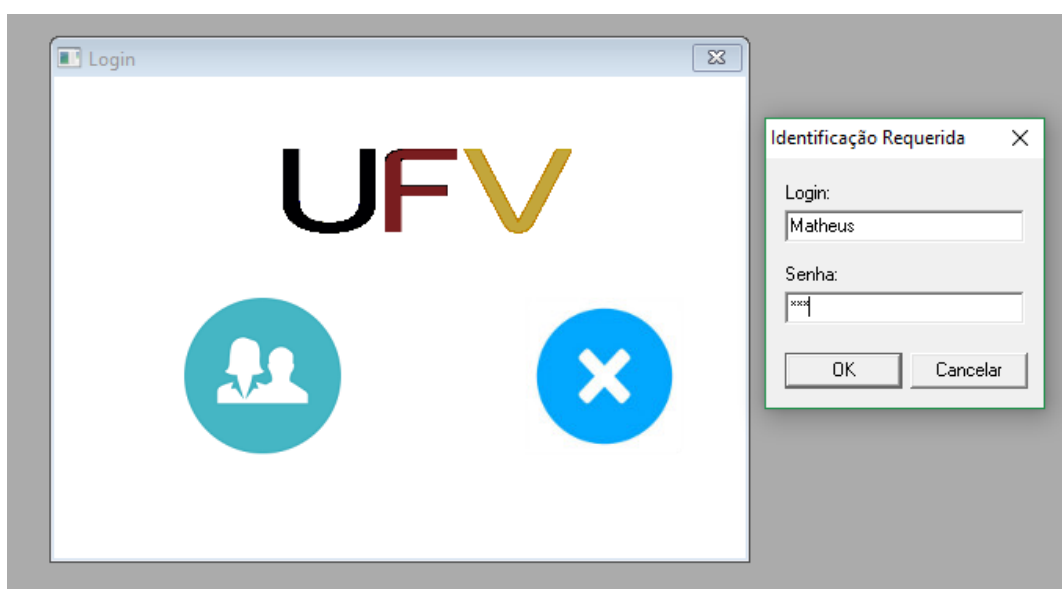


Figura 8: Entrada de usuário no sistema supervisorio.

Ao entrar no sistema sua interface permite inserir para simulações os valores de temperatura máxima, temperatura mínima, da evapotranspiração dos 6 dias anteriores e da radiação. O sistema conta com uma animação que altera a cor da motobomba e outra animação que faz a água que sai do aspersor ficar em movimento. Além disso, o sistema permite ter acesso a gráficos, aos botões liga e desliga e alarmes na parte inferior. A tela principal pode ser visualizada na Figura 9.



Figura 9: Tela principal do sistema supervisorio.

Os dados da Tabela 8 foram utilizados para teste do supervisorio, sendo que a linha 7 corresponde ao dia cujos dados foram inseridos no sistema, das demais linhas foram utilizados os dados da Etc calculada. O teste do sistema supervisorio pode ser visualizado na Figura 10.

Tabela 8: Dados para teste do sistema supervisorio.

Data de Avaliação	Linha	Radiação (mm/dia)	Tmáx (°C)	Tmin (°C)	Prec. (mm)	Dia da Semana	Etc Calculada (mm/dia)
05/06/2018	1	10,2	26,8	17,8	0	Terça-Feira	2,82
06/06/2018	2	10,2	27,6	17,8	0	Quarta-Feira	2,97
07/06/2018	3	10,2	28,4	19,5	0	Quinta-Feira	2,92
08/06/2018	4	10,2	25,7	14,8	0	Sexta-Feira	2,95
09/06/2018	5	10,2	29,7	17	0	Sábado	3,44
10/06/2018	6	10,2	28,9	19,4	0	Domingo	3,03
11/06/2018	7	10,2	27	18,8	0	Segunda-Feira	2,73

O valor da radiação de 10,2 se refere ao encontrado na Tabela 2 no período de junho. Os gráficos referentes aos resultados encontrados pelo sistema supervisorio podem ser visualizados na Figura 11.

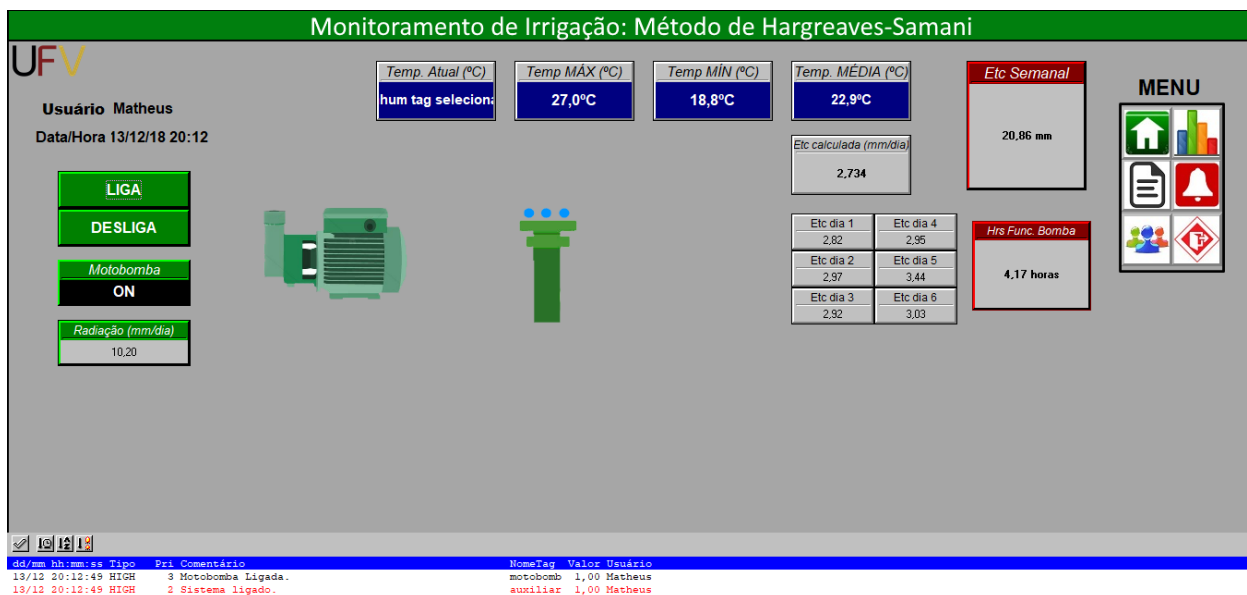


Figura 10: Utilização do sistema supervisorio para cálculo da Etc com Tags do tipo equation.

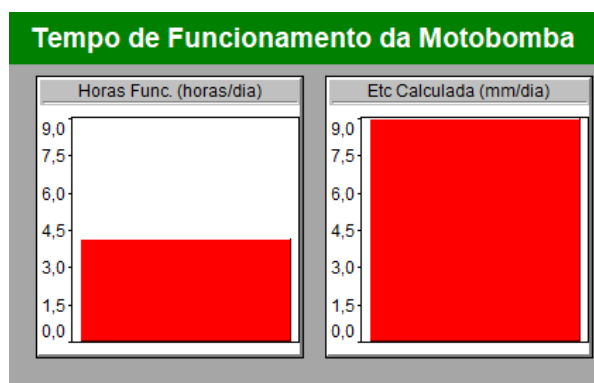


Figura 11: Gráficos obtidos com o sistema supervisorio.

Percebe-se, portanto, o cálculo correto e facilidade no uso do sistema supervisorio.

5. CONCLUSÕES

O sistema de manejo por Hargreaves-Samani, apesar de simples, consegue ajudar de forma satisfatória na economia de água e energia elétrica na irrigação de pequenas propriedades, podendo ser uma alternativa mais simples a sistemas extremamente complexos compostos por estações meteorológicas completas que demandam elevado investimento.

Ambos os sistemas reduziram as horas necessárias de funcionamento da motobomba, o manejo com *Hargreaves-Samani* reduziu em 16% e o manejo com *Hargreaves-Samani* com pluviômetro reduziu em 24,1%.

De acordo com os resultados obtidos na simulação, percebeu-se melhores resultados em horas de economia entre os meses de abril e agosto, que são os meses mais frios e secos, quando a precipitação é extremamente baixa, sendo em alguns meses até inexistente. A presença do pluviômetro consegue aumentar em 8,1% o resultado de horas de economia, comparando o manejo de Hargreaves-Samani com o manejo Hargreaves-Samani com pluviômetro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Manejo da Irrigação: Como, quando e quanto irrigar? Capacitação para gestão das águas. 2015, 115p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – Relatório da ANA apresenta situação das águas no Brasil no contexto da crise hídrica – 2017- Disponível em: < <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/relatorio-da-ana-apresenta-situacao-das-aguas-do-brasil-no-contexto-de-crise-hidrica>> Acesso em 25 de Novembro de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas Irrigação – Uso da água na agricultura irrigada. Brasília: 2017.

AGRICULTURA É RESPONSÁVEL POR MAIS DE 70% DO DESPERDÍCIO DE ÁGUA TRATADA NO PAÍS. Disponível em: < <http://glo.bo/1exgc4G>>. Acesso em 14 de novembro de 2018.

EMBRAPA. Tabelas completas de informações das culturas. Disponível em: < <http://www.ler.esalq.usp.br/disciplinas/Folegatti/leb1571/Tabelas%20completas.pdf>>. Acessado em 30 de novembro de 2018.

EMBRAPA – Embrapa hortaliças, como plantar batata. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/hortalicas/batata/irrigacao>>. Acessado em 3 de dezembro de 2018.

EMBRAPA – O desafio do uso da água na agricultura brasileira. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agua-na-agricultura/sobre-o-tema>>. Acessado em 11 de dezembro de 2018.

IBGE - Projeção da População 2018: número de habitantes do país deve parar de crescer em 2047. Disponível em: < <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/21837-projecao-da-populacao-2018-numero-de-habitantes-do-pais-deve-parar-de-crescer-em-2047>>. Acessado em 14 de outubro de 2018.

INMET – Normal climatológica do Brasil 1981-2010 – Temperatura média compensado bulbo seco (°C). Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>> acessado em 13 de novembro de 2018.

JUNIOR, J.C.F.B et al. Métodos de estimativa de evapotranspiração de referência diária para a microrregião de Garanhuns, PE. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental v.16, n.4, p.380–390, 2012.

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

MUNIZ, R.D. – *Determinação dos fluxos de energia, vapor d'água, estoque de carbono e disponibilidade de forragem do capim mombaça..119p.* Tese de mestrado, UENF, Campos dos Goytacazes – RJ, 2011.

NAANDANJAIN – 4 Cuidados importantes para um projeto de irrigação – 2018 – Disponível em: <https://naandanjain.com.br/4-cuidados-importantes-para-um-projeto-de-irrigacao/> . Acessado em 4 de dezembro de 2018.

PEDRUZZI, G. O. L, Controle de Nível de Tanques Conectados Utilizando CLP CLIC-02 e ELIPSE SCADA; Monografia (Bacharel em Engenharia Elétrica) - Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2014

SCADA, E. – Manual do Usuário do Elipse Scada- Elipse Software, versão 2.29. 2010.

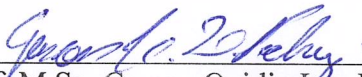
MATHEUS GONÇALVES GARCIA

CONTROLE E SUPERVISÃO DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO COM DADOS DIÁRIOS VIA EQUAÇÃO DE HARGREAVES- SAMANI


Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT554 - Trabalho de Conclusão de Curso e cumprimento do requisito parcial para obtenção do Certificado de Especialista em Automação e Controle de Processos Agrícolas e Industriais.

Aprovada em 17/12/2018.


COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. M.Sc. Gerson Ovidio Luz Pedruzi - Orientador
Universidade Federal de Viçosa



Prof. Dr. Alexandre Santos Brandão - Membro
Universidade Federal de Viçosa



Prof. Dr. Mauro de Oliveira Prates - Membro
Universidade Federal de Viçosa