

The image shows a software interface with a window titled 'Dados da Cultura'. It contains a table with the following data:

Data	Chuva	KC	ETM	ETMAc	Irrigação	Irrigaç
01/01/2018	4.2	0.35	0.88	0.88	0.0	0.0
02/01/2018	0.6	0.35	0.9	1.18	0.0	0.0
03/01/2018	0.0				0.0	0.0
04/01/2018	0.0				0.0	0.0
05/01/2018	0.0				0.0	0.0
06/01/2018	0.0				0.0	0.0
07/01/2018	0.0				0.0	0.0

Overlaid on the table is a dialog box with a question mark icon, the text 'Irigar', and two buttons labeled 'Sim' and 'Não'.

SOFTWARE PARA O CÁLCULO DA IRRIGAÇÃO POR MÉTODO NUMÉRICO

Autores: Ivan Madalner¹, Daniel Boemo², Tayllon Gustavo Cardoso Machado³, Renato Schopf³, Elizandro Salbego³, Vagner Machado Fagundes⁴.

¹ Instituto Federal farroupilha – *Campus* São Vicente do Sul – e-mail: ivan.maldaner@iffarroupilha.edu.br

² Docente área de Informática do Instituto Federal Farroupilha – *Campus* São Vicente do Sul – e-mail: daniel.boemo@iffarroupilha.edu.br

³ Estudantes do curso de agronomia do Instituto Federal Farroupilha – *Campus* São Vicente do Sul – e-mail: tayllonmachado@gmail.com

e-mail: renatoschopf97@gmail.com

e-mail: elizandrosalbego@gmail.com

⁴ Estudante do curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal Farroupilha – *Campus* São Vicente do Sul – e-mail: vagner_mf_@hotmail.com

SOFTWARE PARA O CÁLCULO DA IRRIGAÇÃO POR MÉTODO NUMÉRICO

*Ivan Maldaner
Daniel Boemo
Tayllon Gustavo Cardoso Machado
Renato Schopf
Elizandro Salbego
Vagner Machado Fagundes*

RESUMO

O momento ideal para a irrigação é uma dificuldade enfrentada pelos produtores rurais. Diante deste contexto, desenvolveu-se um software para atender a demanda local, voltado para a cultura da soja (*Glycine Max L. Merrill*) cuja programação se dá em linguagem JAVA. O software é empregado para cálculos diários da Evapotranspiração, por meio do uso dos dados meteorológicos de estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Baseando-se nas informações horárias medidas pela estação meteorológica automática do INMET, os dados se apresentam configurados em planilhas com a finalidade de fornecer parâmetros necessários para o cálculo da Evapotranspiração de referência (ET₀). Em relação à funcionalidade do sistema, permite o uso seguro na região de São Vicente do Sul, sendo que apenas a latitude do município é utilizada pelo sistema nos cálculos de declinação solar, portanto, o software é de uso local. Afim de manutenções e benefícios futuros, o software segue padrões que visam à edição de fórmulas, para implementação de novas funcionalidades, utilizando Framework MVC.

Palavras-chave: *Glycine Max L. Merrill*. Evapotranspiração de referência. Software.

1 INTRODUÇÃO

No estado do Rio Grande do Sul, mais de 60% da produção total de grãos vem das culturas de milho e soja, à qual apresenta destaque com 5,5 milhões hectares, semeados na safra 2017/18 segundo a CONAB (2018). Com base nos estudos realizados por pesquisadores da área, a cultura da soja apresenta alta correlação com os fatores meteorológicos, sendo a disponibilidade hídrica um fator preponderante para atingir elevado teto produtivo (FONTANA et al, 2001).

O planejamento técnico da safra tem como gargalo a dificuldade em prever os acontecimentos climáticos, principalmente a pluviosidade e a estiagem. As condições meteorológicas variam a cada ano, sendo modificadas desde a semeadura até a colheita. O manejo das áreas irrigadas é uma incógnita constante, tornando-se um obstáculo ao produtor, em questão à quantidade e o momento ideal para a irrigação integral ou complementar às chuvas.

A necessidade de uma estimativa precisa da evapotranspiração para o cálculo do volume de irrigação é comum entre os produtores. Busca-se, portanto, modelos matemáticos e mecânicos, os quais possibilitam estimar estas taxas, sendo o modelo de Penman-Monteith um dos sugeridos pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), como o método padrão (FONTANA et al, 2001).

Com intuito em suprir a necessidade de pesquisa na estimativa da evapotranspiração da cultura da soja, sugeriu-se o desenvolvimento de uma ferramenta que possibilite este cálculo. O emprego de softwares computacionais facilita o manejo agrícola para o produtor, por possibilitar a determinação da lâmina de irrigação e o momento correto para a aplicação da mesma.

Visando desenvolver um software para atender a demanda local, firmaram-se parcerias com acadêmicos do curso de Agronomia e Análise e Desenvolvimento de Sistemas, do IFFar, para iniciar a programação de um Software, em função das fórmulas de cálculos das variáveis agroclimáticas empregadas no manejo da irrigação.

As equações levam em consideração as variáveis meteorológicas, medidas em estações automáticas do INMET, sediadas em municípios consideradas estratégicas geograficamente, para abranger todo o território nacional.

O software apresenta programação baseada na linguagem JAVA, à qual facilita o entendimento do usuário, possibilitando o cálculo diário da Evapotranspiração, por meio do uso dos dados disponíveis na internet. Para a coleta destes dados de forma semiautomática, o sistema busca os dados meteorológicos utilizando além destes, a capacidade de armazenamento de água do solo, em que o pivô de irrigação por aspersão se encontra, expresso pela CAD.

Partindo das demandas de produtores rurais e técnicos da área agrícola com relação momento ideal para a irrigação, objetivou-se através deste estudo descrever o desenvolvimento de um software para o cálculo da irrigação, os resultados obtidos, os desafios encontrados para seu desenvolvimento e a sua funcionalidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Na busca por maior produtividade das culturas agrícolas, os produtores rurais estão buscando tecnologias que proporcionem melhores resultados na agricultura. A irrigação é uma delas, reduzindo as possibilidades de um déficit hídrico no ciclo das culturas agrícolas, evitando prejuízos nas lavouras, além de contribuir para o planejamento da atividade agrícola (RICHETTI, 2015).

A irrigação permite que o agricultor possa contornar os problemas climáticos ocasionados pela falta de água. A perda de água para a atmosfera, por meio da evaporação do solo e da transpiração das plantas, tem relação direta com as variáveis meteorológicas, sendo denominado evapotranspiração (ET), fundamental no ciclo hidrológico, por ser o processo oposto à chuva. A evapotranspiração é controlada pelo balanço de energia, pela demanda atmosférica, pelo suprimento de água do solo às plantas, pela dimensão da área foliar do dossel e pelas características fisiológicas das plantas (MENDONÇA et al., 2003).

O método de Penman exige variáveis meteorológicas como temperatura média diária, velocidade do vento, umidade relativa e radiação solar. A ET_0 é a quantidade de água que seria utilizada por uma extensa superfície vegetada com grama, com altura de 10 cm, crescimento ativo, cobrindo todo o solo e sem restrição hídrica. Para se estimar a Evapotranspiração máxima da cultura (ET_c) calcula-se, introduzindo o conceito de Coeficiente cultural (K_c), relacionando a ET_0 com o estágio de desenvolvimento das plantas, determinado por um maior ou menor dossel foliar, variando por tanto o coeficiente de cultura (K_c), constituindo o K_c de uma função da área foliar, pois quanto maior a área foliar maior será a ET_c , chegando ao máximo no florescimento (VAREJÃO-SILVA, 2006).

O método de estimativa da evapotranspiração de Penman combina os aspectos aerodinâmicos e termodinâmicos. Diversos autores consideram o método de Penman como o mais representativo e que apresenta vantagens sobre os demais métodos de cálculo da evapotranspiração de referência (RADIN et al., 2000).

Considerando os aspectos apresentados, Rebouças Neto et al. (2016) explora a necessidade do uso de irrigações bem planejadas e controladas, sendo fundamental no manejo e dimensionamento da irrigação o uso de ferramentas para facilitar esse processo. A tecnologia surge auxiliando na implementação de novas estratégias

para a sistematização dos cálculos, para estimar a demanda hídrica das culturas, através de modelos em linguagem computacional simples e acessível aos potenciais usuários da irrigação. A automação é uma ferramenta que contribui, para a tomada de decisão da programação e quantificação das irrigações, em tempo quase que real, incitando assim, o uso de computadores e “softwares” no dimensionamento da reposição de água demandada pelas plantas no processo de evapotranspiração, determinada por fatores meteorológicos.

A comodidade para a realização das atividades do campo é exigida para facilitar os tratos culturais nas lavouras. A possibilidade de criar e validar um software para a realização dos cálculos do manejo da irrigação tornam muitos cálculos difíceis mais acessíveis, por meio da tecnologia, aliando fatores agrônômicos da relação do clima com as plantas.

De acordo com Barnes e Kolling (2009) a utilização da plataforma JAVA é a preferida devido a uma combinação de dois aspectos: projeto da linguagem e sua popularidade. Já que a própria linguagem JAVA fornece uma implementação limpa dos conceitos orientados a objetos importantes e, sua popularidade assegura um grupo imenso de recursos de suporte. Por tanto, o objetivo do trabalho é exibir o protótipo do Software desenvolvido para o cálculo da irrigação por método numérico.

3 METODOLOGIA

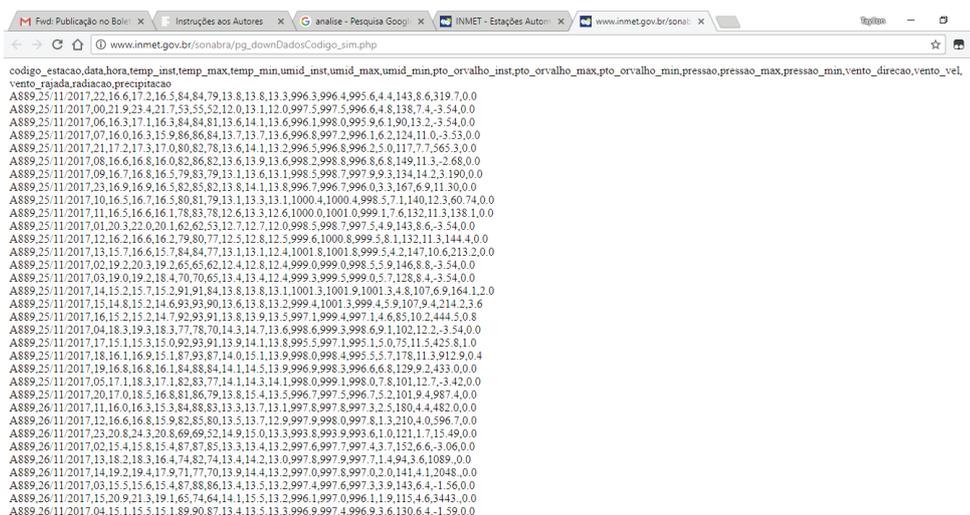
O desenvolvimento do software ocorreu no Instituto Federal Farroupilha (IFFar) *Campus* São Vicente do Sul, RS, por acadêmicos do curso de Agronomia em parceria com acadêmicos do curso de graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

O software considera a automação do manejo da irrigação por pivô central na cultura da soja, baseando-se nas informações horárias medidas pela estação meteorológica automática do INMET. O método do cálculo da estimativa da evapotranspiração ocorre diariamente, com base nos dados das 24 horas do dia anterior obtidos do INMET, com isso trabalha-se com um dia de atraso em relação a perda real de água para a atmosfera, porém baseado nessa informação o manejo considera a CAD do solo com perda de 25% da capacidade total de armazenamento de água no solo. Com taxa de 25 % de perdas as plantas não sofreram déficit hídrico, sendo o valor crítico abaixo deste. Por tanto o manejo ocorre diariamente para que quando necessário as irrigações sejam aplicadas no dia seguinte, sem comprometer a produtividade.

Os dados obtidos da plataforma do INMET apresentam configuração espacial em planilhas que serão disponibilizadas para a comunidade da região de acordo

com a Figura 1, onde apresentam alta complexidade de entendimento e dificuldade em realizar os cálculos. Estes dados meteorológicos são processados com a finalidade de obter os parâmetros necessários para o cálculo da Evapotranspiração de referência (ET₀) pelo método de Penman.

Figura 1 – Configuração dos dados importados do site do INMET para posterior processamento no banco de dados do software



Fonte: MACHADO (2018)

O software realiza os cálculos, com base na temperatura média diária do ar (°C), umidade relativa do ar média diária (%), velocidade média do vento a 2 m de altura (m s⁻²), temperatura do ponto de orvalho (°C), pressão de saturação do ar (hPa e kPa), pressão parcial do vapor d'água no ar (hPa e kPa), déficit de saturação do ar (hPa e kPa), radiação solar global (MJ m⁻² dia⁻¹), função aerodinâmica do ar na evapotranspiração (E_a, mm), constante psicrométrica (hPa°C) constante psicrométrica modificada (hPa°C) e a tangente à curva de saturação para a temperatura do ar (Δ, kPa °C).

Empregou-se linguagem Java para o desenvolvimento do software, orientado a objetos. As fórmulas matemáticas usuais para determinar a Evapotranspiração e as demais informações importantes apresentadas na literatura foram adaptadas para a linguagem Java, sem grandes alterações, impedindo que houvesse inconsistência no resultado final.

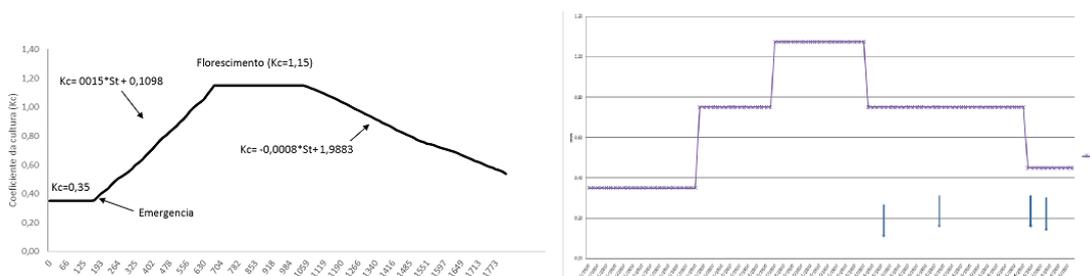
Desenvolveu-se uma interface para a entrada de dados de forma clara e objetiva para o usuário, assim como uma interface de demonstração dos resultados. Ao inserir os dados na primeira interface ocorre o processamento com base no banco de dados interno, criado para armazenar dados anteriores e para consulta do histórico, para a realização dos cálculos.

O processo de manejo da irrigação, no software, se deu pelo cálculo da Evapotranspiração máxima da cultura (ETc), sendo esta, a soja, calculada pela equação $ET_m = K_c \times ET_0$, onde o K_c é o Coeficiente de Cultura, e por sequência, ET_0 é a Evapotranspiração de referência.

O Coeficiente de Cultura (K_c) tem determinação através da interpolação dos dados de soma térmica acumulada diariamente pela cultura. A obtenção dos dados sobre o estágio fenológico da cultura se deu através da estação do INMET, através de ensaios de cultivares em anos anteriores, tornando este coeficiente confiável e com alta precisão.

A curva de representação do Coeficiente de cultura (K_c) para a soja em função da soma térmica acumulada (st) no decorrer do ciclo da cultura está representada na Figura 2. Observa-se de forma clara a atenuação da curva, quando comparada com outros modelos de K_c .

Figura 2 – Comparação dos modelos de equações para obtenção do Coeficiente de cultura (K_c) para a soja em função da soma térmica acumulada (st). Equações para a estimativa do K_c em função da soma térmica acumulada.



Fonte: MACHADO (2018).

O software necessita que o tecnico ou produtor que virá a utiliza-lo insira a Capacidade de água disponível do solo (CAD), determinada pela equação $CAD = (CC - PMP) / 10 \cdot D_{\text{solo}} \cdot \text{Profundidade efetiva de raízes}$, para isso, valores do Ponto de murcha permanente (PMP), Capacidade de campo (CC), densidade do solo (D_{solo}) devem ser previamente determinado em laboratório de física do solo. A Profundidade efetiva de raízes tem valor de 35 cm de média durante todo o ciclo da cultura da soja. Neste método a aplicação de irrigação se dará quando a CAD acumular a perda equivalente ao Fator de disponibilidade de água no solo (f), encontrado na literatura de acordo com as famílias de culturas, para as leguminosas como a soja, o valor é de 25%. Neste método a aplicação de irrigação se dará quando a CAD acumular a perda calculada em função do f (SALASSIER; SOARES; MANTOVANI, 1982).

Através da interpretação dos dados se dará o manejo da irrigação, o momento da aplicação e quantos milímetros de lâmina d'água devem ser aplicados. Após o processamento de dados, ocorre o armazenamento do mesmo em um banco de dados, possibilitando a busca dos dados dos dias anteriores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Software dispõe da capacidade de calcular o volume e momento da aplicação da lâmina de água, em lavouras de soja, por pivô central de irrigação, de acordo com os parâmetros adotados, realizando a estimativa da necessidade de água de forma confiável. O sistema apresenta a codificação das fórmulas matemáticas dividido em métodos para melhor desempenho e manutenção do software, conforme Figura 3 exemplificada a seguir.

Figura 3 – Tela das codificações das fórmulas para cálculo da evapotranspiração por Penman-Monthein.

```
public class Calculo {  
  
    public int diaAno(int ano, int mes, int dia) {}  
  
    private double latitude = -29.72;  
    private double jz;  
  
    // private int diaAno = 328;  
    private double y = 0.66;  
  
    // Cálculo da declinação solar  
    private double declinacaoSolar(int ano, int mes, int dia) {}  
  
    // Cálculo da variável D  
    public double d(int ano, int mes, int dia) {}  
  
    // Cálculo da variável Hn  
    public double hn(int ano, int mes, int dia) {}  
  
    // Cálculo do k0  
    public double k0(int ano, int mes, int dia) {}  
  
    // Cálculo R0/K0  
    public double rg_k0(double rg_MJ,int ano, int mes, int dia) {}  
  
    // Cálculo do *Q - K0  
    public double q_ko(double temperatura, double rg_MJ, double e,int ano, int mes, int dia) {}  
  
    // Cálculo do Et0  
    public double et0(double temperatura, double rg_MJ, double e, double es, double s, double u2,int ano, int mes, int dia) {}  
  
    // Cálculo do Etm  
    public double etm(double temperatura, double rg_MJ, double e, double es, double s, double u2, double kc,int ano, int mes, int dia) {}  
}
```

Fonte: MACHADO (2018)

Quanto ao manejo, o sistema proporciona ao agricultor facilidade no entendimento e também informa automaticamente quando existe a necessidade de irrigar, por meio de um aviso na interface como apresentado na Figura 4, facilitando a interação do usuário com o software. O sistema demonstra nesta tela os dados diários e dos dias anteriores para consulta ao manejo, assim como um histórico das irrigações acumuladas para a determinada área de soja.

Figura 4 – Software para o manejo da irrigação com tela de aviso da necessidade por irrigação

The screenshot shows a software window titled 'Dados' with a sub-window 'Dados da Cultura'. It contains a table with the following data:

Data	Chuva	KC	ETM	ETMAc	Irrigação	IrrigaçãoAC
01/01/2018	4.2	0.35	0.88	0.88	0.0	0.0
02/01/2018	0.6	0.35	0.9	1.18	0.0	0.0
03/01/2018	0.0				0.0	0.0
04/01/2018	0.0				0.0	0.0
05/01/2018	0.0				0.0	0.0
06/01/2018	0.0				0.0	0.0
07/01/2018	0.0				0.0	0.0

An alert dialog box is overlaid on the table, titled 'Irrigar', with a question mark icon and two buttons: 'Sim' and 'Não'. Below the table are five buttons: 'AdicionarON', 'AdicionarOFF', 'Editar', 'Excluir', and 'Cancelar'.

Fonte: MACHADO (2018)

A calibração dos dados contidos no sistema se dá através do emprego do software nas lavouras comerciais de agricultores da região, os quais apresentam interesse em manejar suas áreas irrigadas por pivô central através desta ferramenta.

O processo de funcionalidade do sistema permite o uso seguro na região de São Vicente do Sul, sendo que apenas a latitude do município é utilizada pelo sistema nos cálculos de declinação solar, portanto, o software é de uso regional sem perdas em informações para os cálculos. O emprego do aplicativo em outras regiões pode apresentar distorções nos resultados, devido à mudança da latitude usada nos cálculos, assim estamos trabalhando para aprimorar o software para o uso em outras regiões do Estado.

Outra atribuição de fundamental importância na sistematização do manejo utilizada no sistema é a coleta de dados da estação automática, a qual se dá automaticamente pelo site do INMET, pelo software. Esse processo evita perda de dados durante a fase de coleta e inserção no programa computacional. Tal funcionalidade inclusa no sistema se configura como um diferencial a outros programas de manejo da irrigação.

Foram realizados manejos em lavouras experimentais e comerciais do município de São Vicente do Sul, na área experimental de fitotecnia do IFFar-SVS e em conjunto com produtores parceiros. Com base no uso software apresentou boa

dinâmica e confiabilidade nos dados obtidos, como pode ser observado na Figura 5. Assim, foi possível a verificação do comportamento do programa na aplicabilidade nas lavouras de soja, apresentando dados resultantes confiáveis. A Figura 5 mostra o manejo da irrigação de soja no pivô central da área experimental do IFFar-SVS, onde se apresentam os dados relevantes ao produtor, como a data, precipitação, o Kc para acompanhamento do estágio da cultura, a ETM diária e acumulada e a irrigação.

A Figura 5 apresenta o manejo de teste da área experimental do IFFar-SVS, neste estão explícitos os dados de Kc, ETM e irrigação. O período em questão consta da data de semeadura do início do mês de dezembro com uma irrigação, sendo necessária no dia 10 de dezembro na safra 2017/18. A partir do dia da irrigação o sistema segue acumulando a evapotranspiração até atingir o valor dos 25% da CAD do solo, para então realizar uma nova irrigação.

Figura 5 – Interface de apresentação dos resultados de utilização e manejo da cultura da soja em São Vicente do Sul.

Data	Chuva	KC	ETM	ETMAc	Irrigação	IrrigaçãoAC
01/12/2017	0.0	0.53	1.89	9.27	0.0	0.0
02/12/2017	3.6	0.35	1.41	7.08	0.0	0.0
03/12/2017	10.4	0.37	0.83	0.0	0.0	0.0
04/12/2017	20.6	0.38	0.76	0.0	0.0	0.0
05/12/2017	0.0	0.4	1.36	1.36	0.0	0.0
06/12/2017	0.0	0.41	1.52	2.88	0.0	0.0
07/12/2017	0.0	0.44	2.52	5.4	0.0	0.0
08/12/2017	0.0	0.46	2.5	7.9	0.0	0.0
09/12/2017	0.2	0.48	2.63	10.33	0.0	0.0
10/12/2017	0.6	0.5	3.79	13.52	13.52	13.52
11/12/2017	0.0	0.52	3.34	3.34	0.0	13.52

Fonte: MACHADO (2018).

A fim de manutenções e benefícios futuros, o software deverá seguir os padrões que visam à edição de fórmulas, para implementação de novas funcionalidades, utilizando Framework MVC. Essas funcionalidades tendem desde uso em distintas regiões, locais distantes das estações do INMET, uso em outras culturas irrigadas, sempre se buscando o emprego da informática para sistematizar ao máximo o manejo da irrigação nas culturas.

Com este estudo, verificou-se que o software apresentou benefícios para os produtores e técnicos da área agrícola, tornando o manejo da irrigação da cultura da soja em São Vicente do Sul facilitado por meio desta ferramenta. A simplificação do manejo da irrigação com a utilização de dados meteorológicos, quando aplicados diretamente no software aumenta a confiabilidade nos cálculos e ainda facilita que produtores mesmo leigos em irrigação, possam manejar suas áreas com segurança. Além disso, possibilita o aumento da renda do produtor, sem que ocorram desperdícios de água e energia, assim evitando agressões ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

BARNES, D. J.; KOLLING, M. **Programação orientada a objetos com JAVA**. São Paulo: Companion Website, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: CONAB**. 2018. Brasília. Vol. 5 - SAFRA 2017/18- N. 7.

FONTANA, D. C. et al. **Modelo de estimativa de rendimento de soja no Estado do Rio Grande do Sul**. Pesquisa Agropecuária Brasileira: 1977. Brasília. Vol. 36, n. 3 (mar. 2001), p. 399-403, 2001.

MENDONÇA, J. C. et al. **Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) na região Norte Fluminense, RJ**. Rio de Janeiro: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.2, p.275-279, 2003.

RADIN, B., SANTOS, A.O., BERGAMASCHI, H., ROSA, L.M.G., BERGONCI, J.I. **Estimativa da evapotranspiração da cultura do milho pelo método Penman-Monteith modificado**. Santa Maria: Revista Brasileira de Agrometeorologia, 2000. V.8, n.2, p. 185-191.

REBOUÇAS NETO, M. O. et al. **Automação e manejo da irrigação na cultura da melancia**. Pouso Alegre/MG: Revista Agrogeoambiental., 2016. v. 8, n. 4, p. 93-104.

RICHETTI, A.; FLUMIGNAN, D. L.; ALMEIDA, A. C. S. **Viabilidade econômica da soja irrigada na safra 2015/ 2016, na região sul de Mato Grosso do Sul**. Dourados: Comunicado técnico, 2015.

SALASSIER, BERNARDO; SOARES, ANTONIO A.; MANTOVANI, EVERALDO C. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 1982.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Recife: Versão digital 2 (Instituto Nacional de Meteorologia- INMET), 2006.