







*Dedico esse trabalho a Deus, por iluminar e guiar meus passos.  
Dedico a meus pais José Calixto Barbacovi e Edit Lídia Barbacovi,  
que me ensinaram o verdadeiro sentido da vida.  
A meus irmãos Tiago e Luciana Barbacovi e seus familiares.  
Dedico também a minha namorada Beatrís Fabisiak e seus familiares.  
Aos meus amigos e colegas.  
Vocês são pessoas muito importante na minha vida  
e foram as que mais me incentivaram e confiaram em mim.  
Estavam sempre ao meu lado, apoiando, consolando,  
dando forças nos momentos difíceis e de fraqueza.  
Nos momentos alegres e descontração,  
fazendo-me esquecer dos problemas e ser feliz.  
Incentivaram-me em todos os momentos a permanecer  
na luta e acreditar nos meus sonhos.  
Dedico a essas pessoas maravilhosas.*

## AGRADECIMENTOS

Á Deus, por guiar e iluminar meus passos;

Á minha família por não medirem esforços e estarem sempre ao meu lado. Pelo apoio, incentivo, pela mão estendida nos momentos de fraqueza e pelo sorriso nas horas alegres;

O Prof. Dr. Mario Santos Nunes, pela oportunidade da orientação, apoio, confiança e dedicação à elaboração deste trabalho;

Á os Professores Jardes Bragagnolo, pela amizade e ajuda na implantação e condução do experimento, Raquel Paula Lorensi pela amizade e apoio e Jeferson Rocha pela amizade e apoio na correção da monografia;

Á todos os professores que durante está longa jornada proporcionaram-me o conhecimento, a manifestação do caráter e afetividade educacional no processo de formação profissional e pessoal;

À Universidade, seu Corpo Docente, Direção e Adm\*inistração, pela oportunidade de fazer o Curso de Engenharia Agrícola;

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

Muito obrigado!

## RESUMO

A irrigação é uma tecnologia importante na produção de alimentos. Através de manejos de irrigação é possível fornecer água às culturas no momento certo e na quantidade adequada. Boa parte dos produtores irrigantes, não utiliza manejo de irrigação ocasionando desperdício de água e fontes de energia. O objetivo desse trabalho foi comparar lâminas por diferentes metodologias: Tensiômetro, Hidrofarm, Forno Elétrico e Tanque Classe A, para o manejo da irrigação na cultura do milho (*Zea mays L.*). O experimento constituiu-se de quatro parcelas manejadas por seu respectivo método e uma parcela de Testemunha. Ao entorno constava a área de refúgio. Devido ao entorno da área experimental ser composta por mata a circulação de correntes de ar são reduzidas, ocasionando uma mínima evapotranspiração diária. Desse modo, introduziu-se os métodos de Hargreaves & Samani e Thornthwaite para comparação dos dados via demanda evaporativa. A umidade do solo, medida pelo método padrão do Forno Elétrico, ao aproximar-se do valor crítico ao desenvolvimento da cultura do milho (20%), processava-se os dados de todos os métodos calculando as lâminas brutas e o tempo de rega, para posteriormente irrigar as parcelas. A metodologia do Hidrofarm foi a que mais se ajustou com a metodologia padrão do Forno Elétrico, seguido pelo Tensiômetro. Os dados via demanda evaporativa não se ajustaram devido ao seu grau de significância ser muito elevado. Observou-se variabilidade espacial e temporal de crescimento, desenvolvimento e componentes de produção. Conclui-se que os métodos de manejo via solo se ajustaram ao método padrão do Forno Elétrico e podem ser utilizados no manejo das irrigações. Já os métodos via demanda evaporativa não são recomendados no manejo das irrigações locais.

**Palavras-chave:** Irrigação. Tensiômetro. Hidrofarm. Forno Elétrico. Tanque Classe A.

## ABSTRACT

Irrigation is an important technology in food production. Through irrigation management can provide water to crops at the right time and in the proper amount. Much of the irrigation producers, does not use irrigation management resulting in waste of water and energy sources. The aim of this study was to compare blades for different methodologies: Tensiometer, Hidrofarm, Electric Oven and Class A pan, for the management of irrigation in maize (*Zea mays* L.). The experiment consisted of four plots managed by the respective method and a portion of Witness. The environment included the refuge area. Due to the vicinity of the experimental area is composed of kills the movement of air currents are reduced, resulting in minimal evaporation rate. Thus introduced the methods of Hargreaves & Samani and Thornthwaite to comparison data via evaporative demand. Soil moisture measured by the standard method of the Electric Oven, when approaching to the critical value of the development of the corn crop (20%), was processed, the data of all the methods calculating gross blades and watering time, later to irrigate the plots. The methodology of Hidrofarm was the one that set the standard with Electric Oven methodology, followed by Tensiometer. Data via evaporative demand did not fit because of their degree of significance is very high. Observed spatial and temporal variability of growth, development and production of components. We conclude that the methods of handling the soil set the standard method of Electric Oven and can be used in the management of irrigation. Already methods via evaporative demand are not recommended in the management of local irrigation.

**Keywords:** Irrigation. Tensiometer. Hidrofarm. Electric oven. Class A Tank.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Área de realização do experimento.....	21
<b>Figura 2</b> – Desenho esquemático das parcelas do experimento.....	22
<b>Figura 3</b> – Latossolo Vermelho Aluminoférrico Típico. ....	23
<b>Figura 4</b> – Implantação do experimento e detalhes da semeadora com vista frontal (A) e vista lateral (B).....	25
<b>Figura 5</b> – Tensiômetros instalados no experimento da cultura do milho em diferentes profundidades.....	26
<b>Figura 6</b> – Hidrofarm e sensor de umidade do solo.....	27
<b>Figura 7</b> – Forno Elétrico usado na secagem das amostras de .....	28
<b>Figura 8</b> – Tanque Classe A.....	29
<b>Figura 9</b> – Amostras de 100 sementes de milho.....	37
<b>Figura 10</b> – Estufa de secagem (A) e amostras de milho preparadas para a secagem (B).....	38
<b>Figura 11</b> – Comparativo lâmina bruta.....	39
<b>Figura 12</b> – Índice de área foliar ( $\text{cm}^2/\text{cm}^2$ ) medidos nas parcelas manejadas por cada método durante o ciclo de desenvolvimento do híbrido AG 8780.....	43
<b>Figura 13</b> – Evolução temporal da altura de planta ao longo do ciclo de desenvolvimento do híbrido AG 8780 PRO 3 CR.....	45
<b>Figura 14</b> – Evolução temporal do número de folhas por planta ao longo do ciclo de desenvolvimento do híbrido AG 8780 PRO 3 CR.....	47

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01</b> – Valores médios da lâmina bruta para diferentes metodologias.....	40
<b>Tabela 02</b> – Regressão das determinações de lâmina bruta pelo método do Forno Elétrico com as demais metodologias.....	40
<b>Tabela 03</b> – Valores médios de índice de área foliar ( $m^2.m^{-2}$ ) do híbrido AG 8780 PRO 3 CR, durante o ciclo de desenvolvimento para cada método de manejo.....	42
<b>Tabela 04</b> – Valores médios de altura de planta (cm) do híbrido AG 8780 PRO 3 CR durante parte do seu ciclo de desenvolvimento para cada método de manejo.....	44
<b>Tabela 05</b> – Valores médios de número de folhas por planta do híbrido AG 8780 PRO 3 CR, durante o seu ciclo de desenvolvimento para cada método de manejo.....	46
<b>Tabela 06</b> – Valores médios dos componentes de produção para a variedade AG 8780 PRO 3 CR aos 143 DAE.....	47

## LISTA DE ABREVIATURAS

Qo	Irradiância Solar	W.m <sup>-2</sup> ;
Tmax	Temperatura máxima	°C;
Tmín	Temperatura mínima	°C;
Tmed	Temperatura média	°C;
NDP	Dias do Mês	adm**;
LL	Lâmina Líquida	mm;
CC	Capacidade de Campo	cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> de solo;
Mi	Momento de Irrigar (valor das medias de umidade do solo)	adm* adm*;
Pc	Profundidade do sistema radicular	cm;
LB	Lâmina Bruta	mm;
Ei	Eficiência do sistema de irrigação	%;
A	Área molhada do microaspersor	m <sup>2</sup> ;
R	Raio molhado	m;
IP	Intensidade de aplicação	l.m <sup>2</sup> ou mm.h <sup>-1</sup> ;
Q	Vazão do microaspersor	l.h <sup>-1</sup> ;
ΔT	Tempo de rega	h;
U	Umidade do solo	% (b.u);
P1	Peso do recipiente	g;
P2	Peso do recipiente + peso da amostra úmida	g;
P3	Peso do recipiente + peso da amostra seca	g;
ETP	Evapotranspiração Potencial	mm.dia <sup>-1</sup> ;
ECA	Evaporação do Tanque Classe A	mm.dia <sup>-1</sup> ;
Kp	Coefficiente do Tanque Classe A	mm.dia <sup>-1</sup> ;
ETC	Evapotranspiração da Cultura	mm.dia <sup>-1</sup> ;
Kc	Coefficiente da Cultura	adm*;
Tens	Tensioômetro	adm*;
Hidr	Hidrofarm	adm*;
F. Elét.	Forno Elétrico	adm*;
TCA	Tanque Classe A	adm*;

H & S	Hargreaves & Samani	adm*;
Thorn	Thorntwaite	adm*;
R <sup>2</sup>	Coeficiente de determinação ajustado	adm*;
P	Nível de significância usado pelo teste T	adm*;
Ns	Não houve ajuste da equação	adm*;
NPL	número de plantas por m <sup>2</sup>	N.m <sup>-2</sup> ;
NE	número de espigas por planta	adm*;
NGE	número de grãos por espiga	adm*;
PMG	massa seca média do grão	g;
DP	Desvio Padrão	adm*;
CV	Coeficiente de Variação	%;
Eq	Equação	adm*;
Ta	Temp. média anual mensal	°C;
N	Fotoperíodo do mês em questão	adm*;
NDP	Dias do período em questão	dias;
DAE	Dias Após Emergência	adm*.

\*adm\* adimensional.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1. OBJETIVO.....	16
1.2. OBJETIVO ESPECIFICO.....	16
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
2.1. TENSÍMETRO.....	17
2.2. HIDROFARM.....	17
2.3. FORNO ELÉTRICO.....	18
2.4. TANQUE CLASSE A.....	19
2.5. MÉTODO DE HARGREAVES & SAMANI.....	19
2.6. MÉTODO DE THORNTHWAITE.....	20
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>20</b>
3.1. LOCAL.....	20
3.2. PARCELAS DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	21
3.3. CLIMA.....	22
3.4. SOLO.....	23
3.5. CULTIVAR.....	24
<b>3.5.1. Híbrido AG 8780 PRO 3 CR.....</b>	<b>24</b>
3.6. SEMEADURA.....	24
3.7. ADUBAÇÃO.....	25
3.8. CONTROLE FITOSSANITÁRIO.....	25
3.9. COLETA DE DADOS DE UMIDADE DO SOLO E DEMANDA EVAPORATIVA.....	26
<b>3.9.1. Tensiômetro.....</b>	<b>26</b>
<b>3.9.2. Hidrofarm.....</b>	<b>27</b>
<b>3.9.3. Forno Elétrico.....</b>	<b>28</b>
<b>3.9.4. Tanque Classe A.....</b>	<b>29</b>
<b>3.9.5. Método de Hargreaves &amp; Samani.....</b>	<b>30</b>
<b>3.9.6. Método de Thornthwaite.....</b>	<b>30</b>
3.10. MANEJO DAS IRRIGAÇÕES.....	31
<b>3.10.1. Tensiômetro.....</b>	<b>32</b>
<b>3.10.2. Hidrofarm.....</b>	<b>33</b>

<b>3.10.3. Forno Elétrico.....</b>	<b>34</b>
<b>3.10.4. Tanque Classe A.....</b>	<b>34</b>
<b>3.10.5. Método de Hargreaves &amp; Samani.....</b>	<b>35</b>
<b>3.10.6. Método de Thornthwaite.....</b>	<b>35</b>
<b>3.11. PARAMETROS DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PLANTA..</b>	<b>36</b>
<b>3.11.1. Índice de Área Foliar.....</b>	<b>36</b>
<b>3.11.2. Altura de Planta.....</b>	<b>36</b>
<b>3.11.3. Número de Folhas por Planta.....</b>	<b>37</b>
<b>3.11.4. Produção.....</b>	<b>37</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>38</b>
<b>4.1. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DE LÂMINA BRUTA ACUMULADA PARA OS DIFERENTES MÉTODOS.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2. COMPONENTES DE PRODUÇÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.1. Índice de Área Foliar.....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.2. Altura de Planta.....</b>	<b>43</b>
<b>4.2.3. Número de Folhas por Planta.....</b>	<b>45</b>
<b>4.2.4. Produção.....</b>	<b>47</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>50</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um dos fatores de maior influência no quesito de limitação de produtividade. Em regiões onde as precipitações são irregulares ou abaixo do ideal, pode ocorrer redução da produtividade das culturas, principalmente, quando a falta de água ocorre no período crítico do desenvolvimento das plantas. Nesses casos a irrigação é uma tecnologia que pode reduzir os riscos de perda ou redução da produção, além de propiciar um maior número de safras durante o ano.

O manejo das lâminas de irrigação contribui significativamente para o sucesso do empreendimento. Muitos sistemas são bem dimensionados, mas apresentam déficit econômico em função da aplicação inadequada da água, devido a não consideração dos critérios de solo, planta e atmosfera que indicam o momento e a quantidade ideal da lâmina irrigada. Lâminas deficitárias podem submeter as plantas a um processo de estresse hídrico que conduza a uma redução da produção final. Em contrapartida, lâminas excessivas, além de serem motivo de perda de água e energia, também influenciam no processo erosivo da área através do escoamento superficial. (PARIZI, 2007).

De acordo com Soares (2010), a irrigação tem como objetivo o fornecimento de água às culturas, de modo a atender suas exigências hídricas nas diferentes fases de seu desenvolvimento, sendo que tais exigências dependem fundamentalmente das condições climáticas vigentes e da disponibilidade de água no solo. A utilização desordenada e o mau gerenciamento dos recursos hídricos geram prejuízos de tal magnitude que, segundo a mesma autora, problemas sociais e ambientais de grande relevância advêm de aspectos relativos tanto à disponibilidade quanto à qualidade da água.

A inadequada distribuição da água pode determinar baixa eficiência da irrigação, levando a efeitos desfavoráveis como: baixa produtividade por unidade de água aplicada; baixa produtividade por área; diminuição da área total irrigada; efeitos prejudiciais ao meio ambiente, e lucratividade menor com a agricultura irrigada (SCHONS, 2010).

O manejo de irrigação é um método para avaliar e calcular quando irrigar e quanto aplicar de lâmina d'água nas culturas. É necessário ter bons conhecimentos

da necessidade hídrica das culturas e das características físico-hídricas do solo.

Segundo Soares (2010) esse é o único meio para otimizar a produção agrícola e conservação da água, além de ser a chave para melhorar o desempenho e a sustentabilidade de sistemas de irrigação.

Avaliando-se a necessidade de água dos cultivos, em termos médios, para produzir uma tonelada de grãos são utilizadas mil toneladas de água, sem se considerar a perda pela ineficiência dos sistemas de irrigação e o seu manejo inadequado. Portanto, a quantidade de água necessária para determinada cultura é um dado básico que deve ser conhecido para projetar, planejar e praticar um sistema de irrigação e um manejo adequado (GOMES, 2007).

Atrasos na irrigação de quatro dias pode ser suficiente para causar uma queda de produtividade de 20%, comparando-se com outras áreas irrigadas a uma tensão de água no solo de -0,4bar.

Segundo Buske (2013) existem três fatores que devem ser considerados na programação das estratégias de irrigação: o momento apropriado da aplicação, a quantidade necessária em cada aplicação e o consumo total de água da cultura durante o seu ciclo. Portanto, em regiões onde a água é um fator limitante, principalmente, para o estudo da eficiência do manejo da irrigação, deve-se priorizar os retornos econômicos ao irrigante, cuja quantidade de água e a época de aplicação são de grande importância para se obter a máxima produção econômica (SOARES, 2010).

Nas regiões onde a insuficiência ou a má distribuição das chuvas, em alguns períodos do ano, inviabiliza a exploração agrícola econômica, a irrigação justifica-se como recurso tecnológico indispensável ao aumento da produtividade das culturas, além de contribuir para a utilização mais intensa de recursos produtivos ociosos na propriedade rural (TURCO et al., 2009).

Segundo Moreira et al. (2012), a irrigação é uma tecnologia importante na produção de alimentos. O objetivo é fornecer água às culturas no momento certo e na quantidade adequada. Através de um manejo adequado, a irrigação deve proporcionar maior eficiência de uso de água, aumentando a produtividade das culturas, diminuindo os custos de produção e, conseqüentemente, proporcionando maior retorno dos investimentos.

Grande parte dos sistemas de irrigação são projetados de maneira satisfatória. Soares (2010) salienta que as baixas produtividades obtidas em lavouras de milho em condições irrigadas, são devido a erros no manejo inadequado da cultura e da irrigação.

Boa parte dos brasileiros, usuários da agricultura irrigada, pouco utiliza estratégias de uso e manejo racional da água de irrigação, e o monitoramento automático para esse fim é incipiente. A metodologia é um fator contribuinte para a ausência do manejo de irrigação, embora disponível, ainda não foi apresentada aos produtores de forma acessível, de modo que facilite a sua adoção. Lâminas de água em excesso na irrigação tem como consequência, o desperdício de água e energia gasta com bombeamento desnecessário. Por exemplo, um milímetro de lâmina de água excedente em uma área irrigada de 100 ha, representa a condução desnecessária de 100 m<sup>3</sup> de água, que pode consumir, de 3 a 8 kWh de energia elétrica. Contudo, deve-se, manejar a irrigação para se evitar o mau uso de fatores de produção como a água e definir o momento exato e a quantidade da mesma a ser aplicada na área irrigada para atender as necessidades hídricas da cultura (MOREIRA et al., 2012).

### 1.1. OBJETIVO

Comparar a lâmina bruta por diferentes metodologias para o manejo da irrigação na cultura do milho.

### 1.2. ESPECÍFICO

- Comparar a lâmina bruta estimada por diferentes métodos de manejos:
- Métodos de umidade do solo: Tensiômetro, Hidrofarm, Forno Elétrico;
- Método via demanda evaporativa: Tanque Classe A;
- Avaliar a altura de plantas, índice de área foliar, número de folhas por planta, e produção final da cultura do milho.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. TENSÍOMETRO

O monitoramento do nível de umidade no solo, através do tensiômetro, nas zonas de maior concentração das raízes, é recomendado com uma das formas pertinentes para verificação da efetividade das irrigações. Segundo Azevedo e Silva (1999) esse acompanhamento pode ser realizado, indiretamente, por meio de medidas da tensão em que a água se encontra retida no solo. Com essas medidas, tanto superficiais quanto em profundidade, é possível identificar se o solo está suficientemente seco para o reinício das irrigações ou suficientemente úmido para interromper sua aplicação.

De acordo com os autores já citados, o tensiômetro pode medir variações pequenas na umidade disponível resultantes de compactação ou tipo do solo, densidade radicular e outros fatores. Utilizado em trabalhos de pesquisa, em que medidas precisas da força de retenção e da umidade do solo são exigidas.

Ainda segundo os autores, a necessidade cada vez maior de elevar a produção por unidade de área cultivada, aumentando a rentabilidade da agricultura irrigada, faz do tensiômetro um instrumento útil para controle da irrigação, pelas valiosas informações fornecidas, relacionadas à energia de retenção da água pelo solo na zona de raízes.

### 2.2. HIDROFARM

A determinação correta do momento de acionamento do sistema de irrigação pode ser feita de várias formas. O método mais eficiente é através do monitoramento da umidade do solo. Isso pode ser feito com o hidrofarm, medidor eletrônico de umidade de solo, portátil, que informa o usuário instantaneamente sobre a condição de umidade com precisão. (FALKER, 2009).

O hidrofarm é eficiente na obtenção de uma curva parcial de retenção de água no solo. Segundo Gomes et al. (2013) é um excelente instrumento de campo para o

monitoramento da água no solo durante o ciclo de uma determinada cultura, visando o manejo de irrigação ou à realização do monitoramento do balanço hídrico no solo.

O manejo da irrigação pela umidade do solo é mais eficiente em relação aos métodos que controlam as características climáticas e atmosféricas. Segundo Falker (2009) as diversas ferramentas disponíveis no mercado para se medir a umidade do solo é de difícil uso e instalação. A retirada de amostras indeformadas, representa custos laboratoriais e um certo tempo até a elaboração dos resultados. O hidrofarm apresenta uma boa precisão e possibilita ter em mãos o resultado de forma instantânea, agilizando a tomada de decisão.

### 2.3. FORNO ELÉTRICO

O método do forno elétrico tem por objetivo reduzir o consumo de energia e o tempo de secagem do solo. Segundo Fonseca et al. (2009a) é um método com grande potencial de utilização pelos produtores e técnicos para medir a umidade do solo, é simples, rápido, e de baixo custo de aquisição e execução. Tem seu funcionamento à base de energia elétrica e a fonte de geração do calor é através das resistências de aquecimento.

De acordo com esses autores, não há diferença estatística entre o método do forno elétrico e o método padrão de estufa. Ainda segundo esses autores, o método do forno elétrico é um método confiável e eficiente para a determinação da umidade do solo, tanto para um solo com textura arenosa quanto para um de textura argilosa.

Estudando dois solos, um de textura argilosa e outro arenosa, Oliveira et al. (2008) secaram as amostras a uma temperatura de 160 °C durante 30 minutos, e concluíram que não houve diferença estatística entre os dois métodos, ou seja, os teores de água determinados com o forno elétrico foram iguais ao método padrão de estufa.

## 2.4. TANQUE CLASSE A

O tanque classe A tem formato cilíndrico geralmente com diâmetro igual a 120 cm e 30 cm de altura, fundo plano, em chapa galvanizada nº 22. Para uma leitura precisa, utiliza-se um poço tranquilizador da água dentro do tanque. Geralmente as leituras são realizadas através de uma régua graduada. O tanque deve ser instalado a uma altura em torno de 10 cm do solo, deixando-se 5 cm de borda, portanto a altura máxima de água é igual 25 cm.

Contin (2008) afirma que o tanque classe A (TCA) foi um dos métodos de manejo da água de irrigação mais utilizados na estimativa da evapotranspiração de referência.

De acordo como mesmo autor, a grande utilização desse equipamento ocorre devido à sua praticidade e aos baixos custos de instalação e manutenção.

Ainda segundo este autor, esse método oferece resultados confiáveis na determinação da evapotranspiração de referência. Esse método mede sobre a evaporação de superfície de água-livre, o efeito integrado da radiação, velocidade do vento, temperatura e umidade relativa.

De acordo com Peixoto et al. (2010) o método do tanque classe A (TCA) foi desenvolvido para se ter uma forma prática de estimativa de  $E_{To}$ , aplicada ao manejo da irrigação. O tanque possui dimensões pequenas, com as paredes laterais expostas diretamente à radiação solar, e a água no tanque não oferece impedimento ao processo evaporativo.

## 2.5. MÉTODO DE HARGREAVES & SAMANI

Hargreaves analisou oito anos de dados de evapotranspiração de relva e observou através de regressões que para um passo de cálculo de cinco dias, 94% da variabilidade na Evapotranspiração,  $E_{To}$ , medido podia ser explicado através da temperatura média ( $T_e$ ) e da radiação solar ( $R_s$ ).

A fracção da radiação extraterrestre é a fonte principal de energia para evapotranspiração pode ser estimado a partir da diferença entre as temperaturas máximas,  $T_{max}$  e mínimas,  $T_{min}$  diárias (SHAHIDIAN, 2011).

## 2.6. MÉTODO DE THORNTHWAITE

De acordo com Nunes (2014) o método de thornthwaite foi desenvolvido com base em dados de evapotranspiração e dados de temperatura média mensal, para dias com 12 horas de brilho solar e mês com 30 dias.

Segundo esse mesmo autor, o método de thornthwaite é bastante utilizado na região sul do Brasil, pois baseia-se na temperatura, que é um dado normalmente coletado em estações meteorológicas.

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

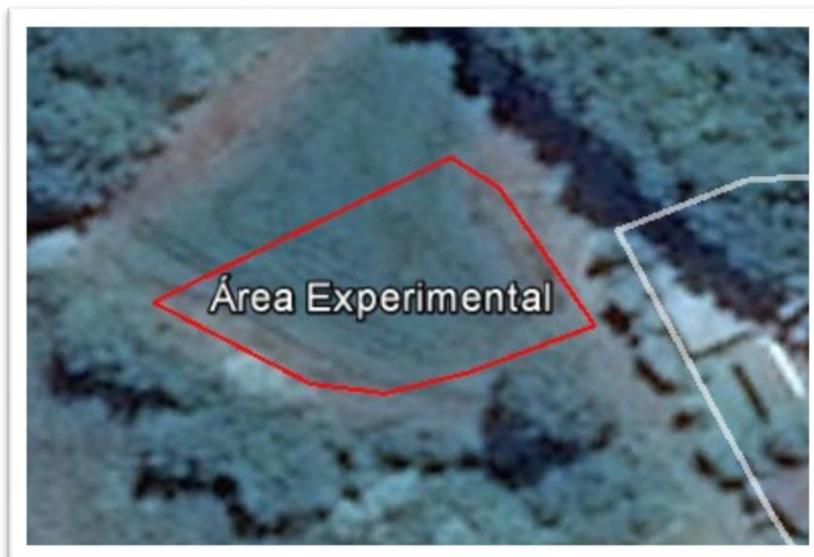
### 3.1. LOCAL

O experimento foi realizado na área experimental da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim, Campus II, localizada na RS-331, no município de Erechim–RS, nas coordenadas de latitude 27°36'41.80"S, longitude 52°13'41.20"O e altitude média de 694m. A área experimental corresponde 0,09 hectares, irrigada por micro aspersão.

No ano agrícola 2013/2014, o cultivo implantado na área experimental sob plantio direto foi a soja. Nesse mesmo ano, no período de outono/inverno, foi semeado azevém para cobertura do solo através do método de plantio direto, seguindo de dessecação e finalização da área para semeadura de milho.

No dia 20 de setembro de 2014 foi realizada a primeira dessecação do azevém. Para o desenvolvimento da cultura de milho, ocorreu a segunda dessecação no dia 28 de outubro de 2014. Na Figura 1, é apresentada a vista aérea, da área experimental.

Figura 1 – Área de realização do experimento.



Fonte: Google Earth (2014).

### 3.2. PARCELAS DA ÁREA EXPERIMENTAL

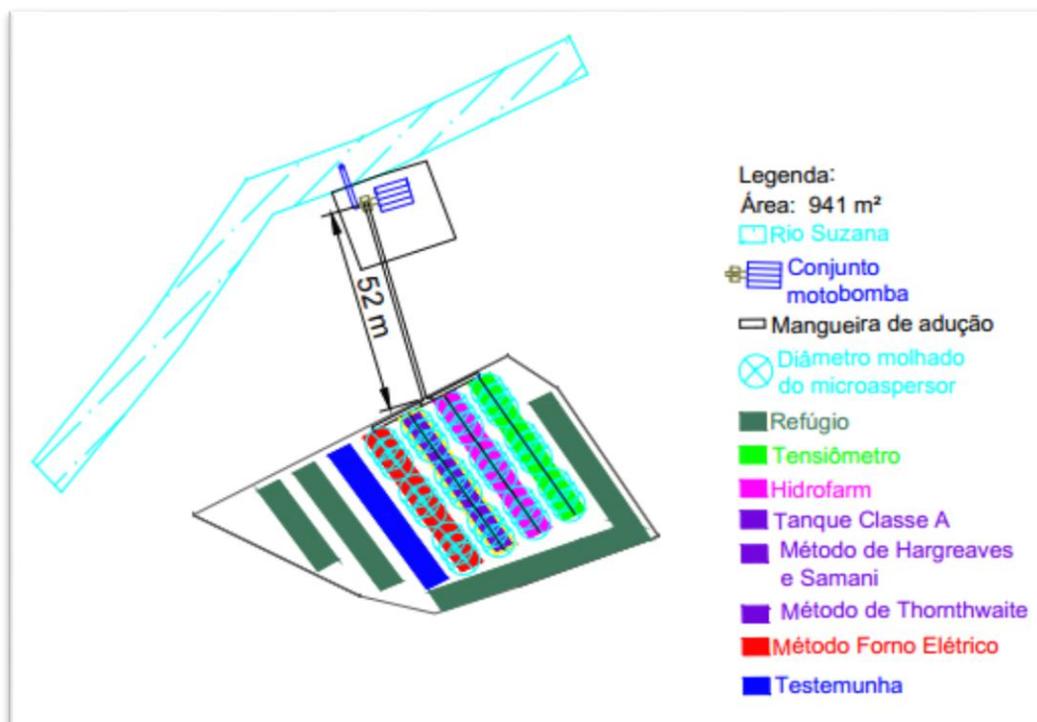
O experimento foi constituído por cinco parcelas, com dimensões iguais a 20 x 2,76 m, sendo estas protegidas com área de refúgio. Cada parcela foi dividida em três partes com seis metros de comprimento e, intervalos de um metro.

Cada parcela engloba um método de manejo de irrigação. A primeira com o método da tensiometria, a segunda com o método do hidrofarm, a terceira com a metodologia do tanque classe A, hargreaves & samani e thornthwaite, a quarta com o método padrão do forno elétrico e, a quinta refere-se a Testemunha.

Na Figura 2, está representado o desenho esquemático do experimento. Cada parcela identificada com sua respectiva cor e método de manejo de irrigação.

Após a implantação do experimento constatou-se que a parcela da Testemunha ficou situada em um lugar privilegiado, ou seja, a profundidade do solo em sua localização é superior as outras parcelas. Favorecendo uma maior retenção de umidade do solo.

Figura 2 – Desenho esquemático das parcelas do experimento.



Para interpretação dos resultados realizou-se análise de variância usando-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) ao nível de 5% de probabilidade de erro para interpretação do nível de significância. As medias das lâminas foram comparadas entre si pelo teste T ao nível de 5% de probabilidade de erro. Os componentes de produção foram comparados entre si pelo teste de Tuckey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

### 3.3. CLIMA

O município de Erechim se localiza ao norte do Rio Grande do Sul, na região do Alto Uruguai, especificamente na latitude 27° 38' 3" S e longitude 52° 16' 26" W, com área territorial de 409,06 km<sup>2</sup> e altitude média de 783 metros acima do nível do mar. Essa região pertence a zona climática designada pela letra C, com o tipo climático Cfa, segundo a classificação do clima de Köppen. Tal tipo climático se caracteriza por ser um clima subtropical úmido. Os meses que registram as maiores

temperaturas na cidade são dezembro, janeiro e fevereiro, com média de 28°C; e os que registram as menores são junho e julho, com média de 8°C.

A precipitação média anual é de 1777,8 mm, sendo abril o mês mais seco, quando ocorrem 118,2 mm. Em setembro, o mês mais chuvoso, a média fica em 206,8 mm.

### 3.4. SOLO

O município de Erechim está situado em uma porção do extenso Planalto Meridional do Brasil, no Centro – Norte do estado do Rio Grande do Sul. Assentado sobre a zona do Capeamento Basalto Arenítico do Paraná.

O solo predominante é o Latossolo Vermelho Aluminoférrico Típico (Figura 3). Apresenta-se no perfil A-Bw-C. São bem drenados (cor vermelha), normalmente profundos a muito profundos, porosos e bem estruturados.

Figura 3 – Latossolo Vermelho Aluminoférrico Típico.



Tem pouco incremento de argila em profundidade e apresentam transição difusa ou gradual entre os horizontes. Os Latossolos por serem solos muito intemperizados, têm predomínio de caulinitas e óxidos de ferro o que lhe confere

baixa CTC, acentuada acidez, baixa reserva de nutrientes e alta toxidez por Al. Devido as excelentes características físicas são altamente mecanizáveis e ao fato de ocorrerem em relevo suave ondulado os torna solos com boa aptidão agrícola, desde que corrigida a fertilidade.

### 3.5. CULTIVAR

#### 3.5.1. Híbrido AG 8780 PRO 3 CR

O híbrido tem alto potencial produtivo e estabilidade para a produção de grãos, com ciclo precoce, inserção de espiga e estatura média. Possui um sistema radicular e qualidade de colmo excelente, bom empalhamento e grão alaranjado. Pode ser cultivado na época do verão em toda a região sul do Brasil, com uma população de 65.000 – 75.000 plantas.ha<sup>-1</sup>. Disponível nas versões VT PRO 3™ e YeldGard VT PRO, oferece vantagens ao produto como: o alto potencial produtivo, estabilidade, sanidade das plantas e qualidade dos grãos. Ao produtor, oferece benefícios de um híbrido com performance produtiva diferenciada associada à estabilidade e segurança nos resultados.

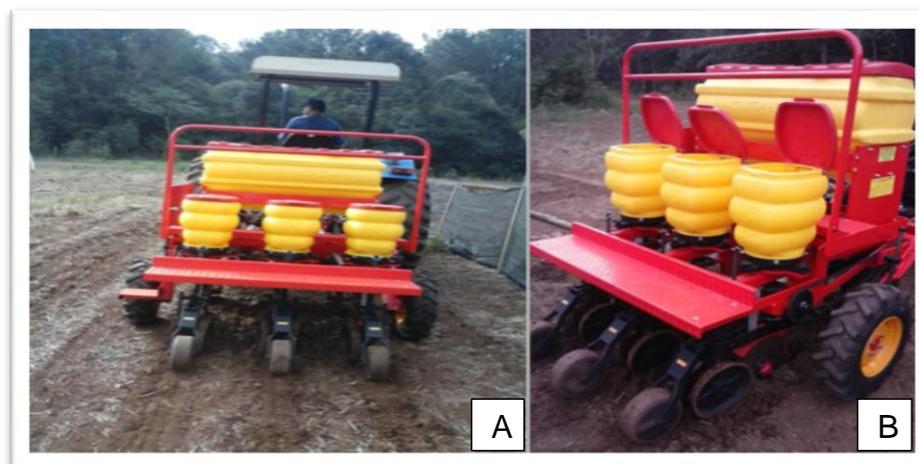
### 3.6. SEMEADURA

A semeadura foi realizada em sistema plantio direto com uma semeadora de três linhas, no dia 09 de outubro de 2014.

Utilizou-se espaçamento de 0,46 m entre linhas e 3,4 sementes de milho.metro linear<sup>-1</sup>, perfazendo uma população aproximada de 73,913 plantas.ha<sup>-1</sup>.

Na Figura 4, pode-se observar a semeadura do milho na área experimental, com detalhes da semeadora.

Figura 4 – Implantação do experimento e detalhes da semeadora com vista frontal (A) e vista lateral (B).



### 3.7. ADUBAÇÃO

A adubação de semeadura foi realizada concomitantemente à semeadura com  $495 \text{ kg.ha}^{-1}$ , da fórmula 05-20-20, respectivamente.

Posteriormente, procedeu-se a primeira adubação nitrogenada de cobertura, que foi realizada quando o milho apresentava quatro folhas totalmente expandidas, aos 27 dias após a semeadura (DAS), na quantidade de  $150 \text{ kg.ha}^{-1}$  de ureia (45% de N). A segunda aplicação de ureia ( $150 \text{ kg.ha}^{-1}$ ), foi realizada aos 48 dias após a semeadura (DAS), com oito folhas totalmente expandidas.

### 3.8. CONTROLE FITOSSANITÁRIO

Realizou-se o tratamento das sementes de milho precavendo-se do ataque de algumas pragas alvo em que a biotecnologia VT PRO 3™ não tem eficácia.

Para esse fim utilizou-se o inseticida Furadan 350 SC composto de Carbofurano  $350 \text{ g.L}^{-1}$  do grupo químico Metilcarbamato de Benzofuranila. De classe inseticida nematicida de ação sistêmica e formulação do tipo suspensão concentrada. Utilizou-se uma proporção de 150 ml do produto para 2 Kg de sementes.

### 3.9. COLETA DE DADOS DE UMIDADE DO SOLO E DEMANDA EVAPORATIVA

Neste item serão descritos os métodos utilizados para coleta de dados de umidade do solo e demanda evaporativa:

#### 3.9.1. Tensiômetro

Os tensiômetros ficaram dentro de um balde com água por um período de 24 horas. De modo que ocorresse a saturação do tubo de PVC e da cápsula de porcelana porosa. Para a implantação no solo nas profundidades de 10, 30 e 40 cm, fez-se um buraco com um trado, derramou-se água até o encharcamento do solo e fez-se a implantação dos tensiômetros.

As coletas dos dados foram feitas diariamente às 17:00 horas. Após, processou-se os dados, fazendo-se as médias de tensão de água no solo dos três tensiômetros obtendo a lâmina bruta de irrigação para a parcela correspondente. Os dados obtidos pelo tensiômetro eram comparados aos dados amostrado pelo forno elétrico.

Na figura 5 consta a bateria de tensiômetros instalados em diferentes profundidades.

Figura 5 – Tensiômetros instalados no experimento da cultura do milho em diferentes profundidades.



### 3.9.2. Hidrofarm

As coletas dos dados de umidade do solo foram realizadas diariamente às 17:00 horas.

Devido a área do experimento ser composta por um solo rochoso e raso, em alguns pontos com apenas 10 cm de profundidade, houve muita dificuldade de penetração da haste no solo. Essa haste é frágil e qualquer movimento brusco poderia quebrá-la. Sendo assim, no momento da coleta dos dados, fazia-se um buraco com um ferro e martelo, após introduzia-se a haste no solo pressionando as laterais do mesmo para que aumentasse o atrito ocasionando um maior contato entre haste e solo.

Processou-se os dados coletados comparando-os com os dados do forno elétrico, obtendo a lâmina bruta de irrigação para a parcela correspondente.

Na figura 6, pode-se observar o hidrofarm juntamente com o sensor.

Figura 6 – Hidrofarm e sensor de umidade do solo.



### 3.9.3. Forno Elétrico

Utilizou-se o método do forno elétrico como padrão para os outros métodos. A coleta de dados desse método corresponde aos mesmos perfis e horário dos métodos anteriormente citados.

Com o auxílio de um trado coletou-se as três amostras de solo, colocando-as dentro de sacolas amarradas para não permitir entrada de ar.

De cada amostra foi coletada uma amostra de 100g e colocadas dentro de recipientes de peso conhecido.

Ligava-se o forno elétrico, a uma temperatura de 105 °C por 5 minutos, aquecendo-o completamente. Só então, as amostras eram colocadas no forno elétrico e permaneciam por 15 minutos. Após esse tempo, as amostras eram revolvidas para uma secagem mais homogeneia, permanecendo por mais 15 minutos na secagem. Completado esse ciclo, as amostras foram retiradas do forno elétrico e colocadas para esfriar e após pesadas. Diminuindo-se o peso do solo úmido e o peso do solo seco, obteve-se a quantidade de água contida no solo.

Na figura 7 pode-se observar o forno elétrico utilizado para secar as amostras de solo.

Figura 7– Forno Elétrico usado na secagem das amostras de solo.



### 3.9.4. Tanque Classe A

O tanque classe A possui formato cilíndrico com 210 cm de diâmetro, 30 cm de altura e fundo plano, em chapa galvanizada nº 22. Para uma leitura precisa, utilizou-se um poço tranquilizador da água dentro do tanque, de modo que a leitura do nível da água fosse realizada por intermédio de um paquímetro. O tanque foi instalado a uma altura em torno de 10 cm do solo, deixando-se 5 cm de borda, portanto a altura máxima de água é igual 25 cm.

O contorno da área experimental é composto basicamente por mata, dificultando a circulação de correntes de ar. Sendo assim, o fator determinante para a evaporação da água do tanque tornou-se a radiação solar. A evaporação diária devido a esse fator foi mínima.

Na figura 8, pode-se observar o tanque classe A instalado na área experimental.

Figura 8 – Tanque Classe A.



Os dados de evapotranspiração do tanque classe A foram coletados diariamente às 17:00 horas. As leituras foram realizadas através de um paquímetro manual que ficava preso a borda do poço tranquilizador. Devido a posição vertical do paquímetro, valor zero na posição superior e quinze na inferior, os valores das leituras eram ao contrário de uma régua graduada instalada normalmente de

``cabeça para baixo´´. Com a ocorrência de precipitação, o volume de água no tanque subia e os valores de leitura do paquímetro diminuam e vice-versa.

Devido a mínima evapotranspiração diária do tanque classe A, acrescentou-se o método de hargreaves & samani e de thornthwaite com o objetivo de confrontar os dados de evapotranspiração dos três métodos, tendo-se uma maior confiabilidade nos dados obtidos. Os dados necessários para o dimensionamento de evaporação e das laminas de irrigação desses novos métodos foram coletados através da estação meteorológica automática de Erechim, localizada no Colégio Agrícola ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)).

### 3.9.5. Método de Hargreaves & Samani

Essa metodologia permite calcular de forma expedita e sem grande investimento na aquisição e manutenção de estações meteorológicas o consumo de água pelas plantas e o ajuste da dotação aplicada às necessidades reais das plantas (SHAHIDIAN, 2011).

É uma equação simples que necessita apenas da temperatura do ar, e coeficientes dependentes da latitude do local e época do ano. Esta equação, pode ser expressa da seguinte forma:

$$ETP=0,0023 \times Q_0 \times (T_{max}-T_{min})^{0,5} \times (17,8+T_{med}) \times NDP \quad \text{Eq (1)}$$

### 3.9.6. Método de Thornthwaite

Método empírico baseado apenas na Temperatura média do ar ( $T_{mar}$ ), sendo esta sua principal vantagem. Desenvolvido para condições de clima úmido e, por isso, normalmente apresenta subestimativa da ETP em condições de clima seco. Apesar dessa limitação, é um método bastante empregado para fins climatológicos, na escala mensal. Esse método parte de uma ET padrão ( $ET_p$ ), a qual é a ET para um mês de 30 dias e com  $N = 12h$  (média por dia). O método Thornthwaite pode ser determinado pelas seguintes equações (eq. 2 a 7).

$$ETp=16 \times \left(10 \times \frac{Tm}{I}\right)^a \quad (0 \leq Tm < 26,5 \text{ } ^\circ\text{C}) \quad \text{Eq (2)}$$

$$ETp=-4515,85+32,24 \times Tm-0,43 \times Tm^2 \quad (Tm \geq 26,5 \text{ } ^\circ\text{C}) \quad \text{Eq (3)}$$

$$I = 12 * (0,2 * Ta) ^{1,514} \quad \text{Eq (4)}$$

$$a=0,49239+0.17912 \times I-0,0000771 \times I^2+0,000000675 \times I^3 \quad \text{Eq (5)}$$

$$ETP=ETp \times COR \quad (\text{mm/mês}) \quad \text{Eq (6)}$$

$$COR=N/12 \times NDP/30 \quad \dots\dots\dots \quad \text{Eq (7)}$$

### 3.10. MANEJO DAS IRRIGAÇÕES

As lâminas de irrigação aplicadas em cada parcela foram determinadas, respectivamente, por cada método de manejo de irrigação (Tensiômetro, Hidrofarm, Forno Elétrico e Tanque Classe A).

O modelo de irrigação utilizado no experimento foi a microaspersão. Esse, por sua vez, não é recomendado e nem utilizado para a cultura do milho.

De acordo com Conceição (2004) a área irrigada por microaspersão no Brasil está crescendo gradativamente. Ainda, segundo esse autor, o maior uso desse tipo de irrigação ocorre em bananeiras, citros, coqueiros, mangueiras, videiras, viveiros de mudas, hortaliças, entre outras espécies.

Devido a área experimental ser pequena (941m<sup>2</sup>) e, as parcelas serem próximas umas das outras, a lâmina de irrigação de uma parcela determinada pelo seu método de manejo não poderia molhar as parcelas vizinhas. No entanto, um dos métodos mais apropriados para a realização do experimento foi a microaspersão.

Nos sistemas de irrigação localizada a água é aplicada próxima à região radicular da cultura, reduzindo as perdas por evaporação devido à diminuição do volume de solo umedecido. Esses sistemas são fixos e necessitam de equipamentos de filtragem da água para evitar o entupimento dos emissores. Na irrigação por

microaspersão a água é aplicada através do ar por meio de microaspersores, que podem ser fixados ao solo ou ficar suspensos em arames operando de forma inadvertida. Os microaspersores operam, normalmente, com pressão de serviço entre 10 mca e 35 mca, com uma faixa de vazões podendo variar de 20 L.h<sup>-1</sup> a 650 L.h<sup>-1</sup>, com diâmetros de bocais variando, normalmente, entre 0,7 mm a 3,0 mm. (AGROPOLO, 2015)

### 3.10.1. Tensiômetro

Através do tensiômetro monitora-se diariamente as condições de umidade na região das raízes das plantas.

A partir da medição da tensão da água no solo, possibilita-se manejar adequadamente a lâmina de irrigação, fornecendo água no momento oportuno e em quantidade suficiente para satisfazer as necessidades hídricas do vegetal (VICENTE, A. e VICENTE, S., 2004).

Com os dados coletados diariamente de tensão de água no solo pelo tensiômetro e comparando-se com os dados de umidade de solo obtido pelo forno elétrico, verificou-se o momento certo de irrigar.

Fez-se a média dos resultados, obtendo-se a porcentagem de umidade do solo. Esse valor será o momento de irrigar.

A lâmina líquida (LL), corresponde ao déficit de água existente no solo no momento do reinício da rega. Para estima-la usou-se a seguinte equação.

$$LL = 10 \times (CC - Mi) \times Pc \quad \text{Eq (8)}$$

Para os resultados de capacidade de campo, foi estimado um valor médio de 0,29 cm<sup>3</sup>.cm<sup>-3</sup> de água no solo, conforme resultados encontrados na região de Erechim (GIAROLA et al., 2002).

Para repor a quantidade de água necessária ao retorno à capacidade de campo, deve-se considerar além da lâmina líquida, a eficiência do sistema de irrigação, definindo assim o volume real de reposição ou Lâmina Bruta.

$$LB = LL \times 100/Ei \quad \text{Eq (9)}$$

Para a determinação do tempo de rega, seguiu-se os seguintes procedimentos:

- Através da tabela do fabricante, selecionou-se um microaspersor compatível com as características do experimento. Tendo-se o raio molhado, calculou-se a área molhada do mesmo.

$$A = \pi \times r^2 \quad \text{Eq (10)}$$

- Tendo-se a vazão do microaspersor selecionado, calculou-se a intensidade de precipitação.

$$IP = Q / A \quad \text{Eq (11)}$$

- Para o cálculo de tempo de rega, utilizou-se a seguinte equação.

$$\Delta T = LB / IP \quad \text{Eq (12)}$$

### 3.10.2. Hidrofarm

Por ser um Medidor Eletrônico de Umidade do Solo é um equipamento que permite identificar, de forma simples e direta, a umidade volumétrica do solo.

Foram realizadas três amostras por amostragem em diferentes profundidades do solo 10, 15 e 20 cm, respectivamente. Coletados os dados, fez-se a média dos mesmos, tendo-se o momento de irrigar.

Para determinar a lâmina líquida, lâmina bruta, área molhada do microaspersor, intensidade de precipitação e tempo de rega, utilizou-se dos mesmos parâmetros, equações e cálculos citados anteriormente no método da tensiometria.

### 3.10.3. Forno Elétrico

Após a secagem das amostras de solo, obteve-se o peso das amostras de solo secas. Conhecendo-se o peso do recipiente e o peso das amostras de solo úmido calculou-se a porcentagem da umidade do solo das três amostras.

$$U=(P2-P3/P3-P1)\times 100 \quad (13)$$

Após esse procedimento, fez-se a média da umidade das três amostras de solo.

Contudo, se o valor da umidade do solo ficou próximo ao valor médio crítico para a cultura do milho, processava-se os dados, incluindo os dados dos outros métodos de manejo de umidade do solo obtendo-se o momento de irrigar. Após calculava-se as lâminas de irrigação a serem aplicadas com os mesmos parâmetros, equações e cálculos utilizados nos outros métodos de manejo de irrigação via solo citados anteriormente.

### 3.10.4. Tanque Classe A

Os dados coletados foram anotados e dispostos em uma tabela do excell. A evaporação diária foi calculada diminuindo-se a medida do paquímetro de um dia com a medida do dia anterior.

No instante em que a umidade do solo aproximava-se do valor crítico para o desenvolvimento da cultura do milho (20%), valor estipulado entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP) equivalentes a 0,29 e 0,14  $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$  de água no solo respectivamente, Giarola et al., (2002), somava-se a evaporação acumulada tendo-se o valor de evaporação do tanque classe A (ECA).

Para o cálculo da Evapotranspiração potencial utilizou-se a seguinte equação:

$$ETP = ECA \times Kp \quad \text{Eq (14)}$$

Tendo-se o valor da ETP, calculou-se a Evapotranspiração da Cultura.

$$ETC = ETP \times Kc \quad \text{Eq (15)}$$

Para elevar o solo a capacidade de campo é necessário uma certa quantidade de água, ou seja, uma lâmina bruta.

$$LB = ETC \times 100/Ei \quad \text{Eq. (16)}$$

Para a determinação do tempo de rega, seguiu-se os seguintes procedimentos:

- Através da tabela do fabricante, selecionou-se um microaspersor compatível com as características do experimento. Tendo-se o raio molhado, calculou-se pela equação 10 a área molhada do mesmo.
- Tendo-se a vazão do microaspersor selecionado, calculou-se a intensidade de precipitação pela equação 11.
- Para o cálculo de tempo de rega, utilizou-se a equação 12.

#### **3.10.5. Método de Hargreaves & Samani**

Através da estação meteorológica automática Erechim-A828, Código OMM: 86954, Registro: 14 UTC, aberta em 26 de novembro de 2006 e localizada nas coordenadas latitude:  $-27.657710^{\circ}$  e longitude:  $-52.305805^{\circ}$  com uma altitude de 777 metros. Obteve-se os dados meteorológicos como a irradiação solar, temperatura máxima, temperatura mínima e dias percorridos do mês. De posse desses dados foi possível determinar a evapotranspiração da cultura através da equação 1, e posteriormente sua lâmina bruta pela equação 16.

#### **3.10.6. Método de Thornthwaite**

Tendo-se os dados fornecidos pela estação meteorológica automática como temperatura média, temperatura média anual e fotoperíodo, estimou-se a evapotranspiração da cultura pelas equações 2 a 7, e sua lâmina bruta pela equação 16.

A seguir são apresentados os resultados experimentais do crescimento e desenvolvimento do milho como índice de área foliar (IAF), altura de planta e número de folhas por planta.

### 3.11. PARAMETROS DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA PLANTA

As coletas dos dados foram realizados sempre com a mesma unidade e com nove plantas por parcela, perfazendo um total de 45 plantas por coleta. Estas tiveram início aos 7 dias após a emergência (DAE) e posteriormente a cada 15 dias. Os dados de campo analisados foram: área foliar (para estimar o índice de área foliar), altura de plantas e número de folhas.

#### 3.11.1. Índice de Área Foliar

As determinações de área foliar tiveram início aos 7 DAE para o cultivar de milho AG 8780 PRO 3 CR. As determinações foram realizadas nas parcelas do experimento. As medidas foram realizadas em três folhas/planta, durante todo o ciclo da cultura.

A estimativa do índice de área foliar foi determinada através da média do comprimento das folhas, pela média da largura das folhas, fator de correção 0,75, número de folhas e número de plantas/m<sup>2</sup>, sendo:

$$IAF = (\text{comp.médio} \times \text{larg.média}) \times 0,75 \times n^{\circ} \text{folhas} \times m^{\circ} \text{pl.} / 10000 \quad \text{Eq. (17)}$$

#### 3.11.2. Altura de Planta

Para realização de medidas de altura de plantas (cm), utilizou-se uma trena graduada medindo-se a distância vertical entre a superfície do solo até a inserção da última folha, obtendo-se assim a altura média por planta.

### 3.11.3. Número de Folhas por Planta

A determinação do número de folhas foi realizada mediante a contagem do número de folhas fotossinteticamente ativas. As folhas que apresentavam senescência abaixo de 10% não eram contabilizadas, ou seja, considerava-se folhas fotossinteticamente ativas entre 10 e 100% (NUNES, 2011).

### 3.11.4. Produção

A determinação da produtividade foi realizada mediante coleta de nove espigas de milho por parcela, perfazendo um total de 45 espigas de milho, ao final do seu ciclo vegetativo.

Destas 9 espigas que correspondiam a uma parcela do experimento, sendo a mesma dividida em três partes, tendo-se 3 espigas de milho por parte da parcela, foram debulhadas separadamente em um recipiente, misturadas e coletadas 100 sementes, (figura 9), que foram pesadas obtendo-se seu peso úmido em gramas.

Figura 9 – Amostras de 100 sementes de milho.



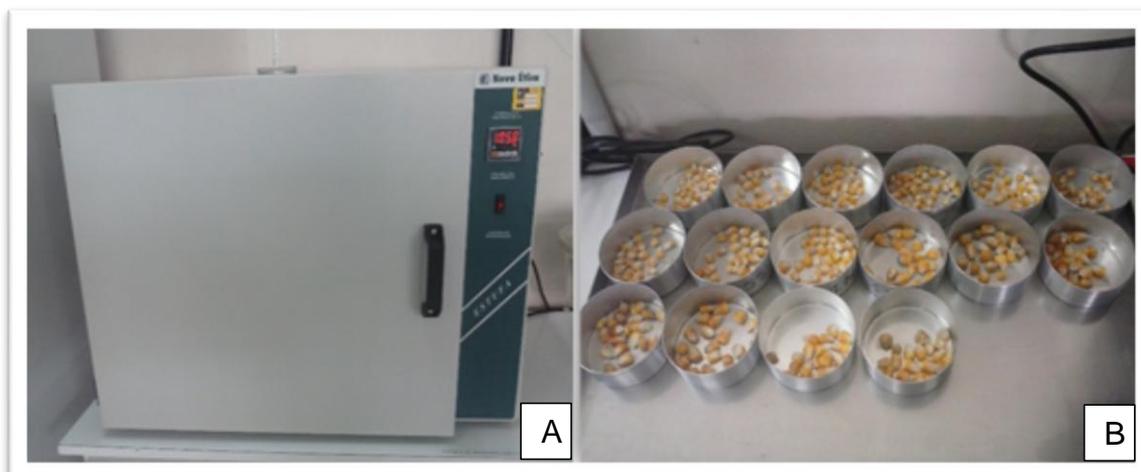
As amostras foram secas em estufa a 105 °C até seu peso constante, (figura 10).

A estimativa da produtividade dos grãos ( $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) foi realizada através da equação a seguir adaptada de (NUNES, 2011).

$$\text{Produção} = 10 \times n^{\circ} \frac{\text{plantas}}{\text{m}^2} \times n^{\circ} \frac{\text{espigas}}{\text{planta}} \times n^{\circ} \frac{\text{grãos}}{\text{espiga}} \times \text{msg} \times 1.15 \quad \text{Eq. (18)}$$

O fator 10, foi utilizado para transformar a produção de  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$  para  $\text{Kg}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Figura 10 – Estufa de secagem (A) e amostras de milho preparadas para a secagem (B).



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentadas e discutidas as comparações dos resultados de lâmina bruta acumulada para os diferentes métodos de manejo.

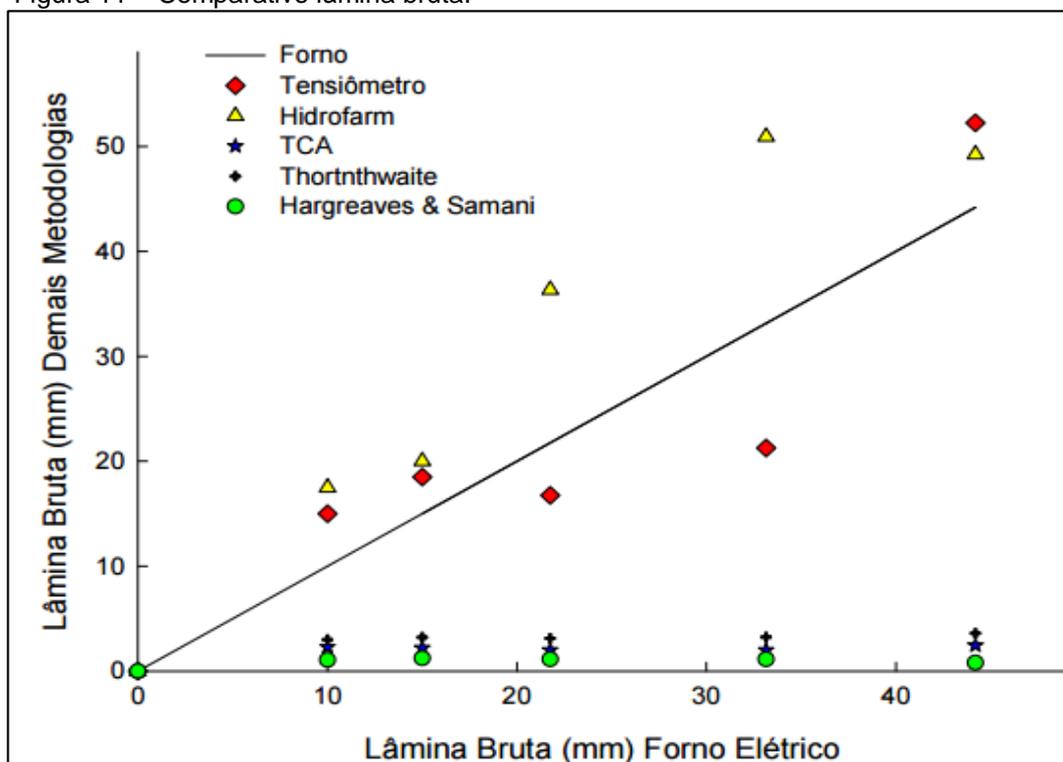
### 4.1. COMPARATIVO DOS RESULTADOS DE LÂMINA BRUTA ACUMULADA PARA OS DIFERENTES MÉTODOS.

Conforme apresentado na figura 11 pode-se identificar o comparativo entre os métodos utilizados para determinação de lâmina bruta.

Observa-se considerável discrepância entre os resultados obtidos através dos métodos. Destaca-se os valores via demanda evaporativa, resultados que subestimaram os encontrados pelo método forno elétrico (padrão). A maior aproximação entre as leituras de lâmina obtidas pelos equipamentos ocorreu para o método do hidrofarm e tensiômetro.

A média das lâminas bruta pelo método do Forno Elétrico foi de 24,82 mm enquanto que a do hidrofarm e tensiômetro foram de 34,80 e 24,75 mm, respectivamente.

Figura 11 – Comparativo lâmina bruta.



De acordo com a tabela 01 pode-se identificar os resultados médios das lâminas brutas pelas metodologias aplicadas.

Tabela 01 – Valores médios da lâmina bruta para diferentes metodologias.

Período	Métodos de manejo de irrigação					
	Tensiômetro	Hidrofarm	F. Elétrico	TCA	H & S	Thorn
17/11	15,00 a	17,50 a	10,00 a	2,30 b	1,06 b	3,00 b
22/11	52,25 a	49,25 a	44,20 a	2,45 b	0,78 b	3,61 b
28/11	21,25 a	50,93 a	33,15 a	2,00 b	1,13 b	3,23 b
05/12	16,75 a	36,35 a	21,75 a	2,00 b	1,13 b	3,13 b
09/02	18,50 a	20,00 a	15,00 a	2,20 b	1,23 b	3,22 b
Média	24,75	34,80	24,82	2,19	1,06	3,24
D.P	15,54	15,73	13,88	0,19	0,17	0,23

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferenciam pelo teste de T, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Analisando a tabela 01, observa-se diferença estatística entre os métodos de manejo de irrigação via solo e clima. Sendo que estes não se diferenciaram entre si. O fator determinante para o ocorrido foi a dificuldade de passagem de correntes de ar devido a área experimental ser circundada por mata, o que ocasionou uma mínima evapotranspiração diária.

A maior média de lâmina bruta foi observada no método do hidrofarm com 34,8 mm, devido ao solo ser raso e com profundidade variando entre 10 e 20 cm.

A maior lâmina bruta observada entre os métodos foi a do tensiômetro com 52,25 mm no dia 22/11, e para o mesmo período a menor lâmina foi a do método de hargreaves & samani com 0,78 mm.

De acordo com a tabela 02 pode-se identificar as correlações das determinações de lâmina bruta pelo método do forno elétrico com as demais metodologias.

Tabela 02 – Análise de regressão da lâmina bruta pelo método do forno elétrico com as demais metodologias

Metodologias	Equação	R <sup>2</sup>	P <sub>value</sub>
Tensiômetro	$Y = 0,5488 + 0,9706x$	0,77	0,013*
Hidrofarm	$Y = -1,8137 + 2,1492x - 0,0212x^2$	0,94	0,006*
TCA	$Y = 1,0580 + 0,0371x$	0,28	0,160ns
Thornthwaite	$Y = 1,4404 + 0,0608x$	0,41	0,100ns
H & S	$Y = 0,6396 + 0,0120x$	0,00	0,409ns

Nível de significância de 5% de probabilidade de erro;

Conforme a Tabela 02, a metodologia do hidrofarm foi a que mais se ajustou com a metodologia padrão do forno elétrico, seguido pelo tensiômetro.

Já os resultados do coeficiente ( $R^2$ ) encontrados pelas metodologias do tanque classe A, hargreaves & samani e thornthwaite foram os menores (0,28, 0,00 e 0,41), portanto, não houve ajuste na equação devido ao seu nível de significância ser superior a 10% de probabilidade de erro.

Nunes (2014) comparando métodos via solo e demanda evaporativa para manejo de irrigação encontrou valores de ( $R^2$ ) para tanque classe A, hargreaves & samani e thornthwaite de 0,33; 0,45 e 0,47, respectivamente.

Mendonça et al (2003), comparando métodos de estimativa de evapotranspiração encontrou resultados do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para os métodos de hargreaves & samani e tanque classe A de 0,49 e 0,43.

Schafer (2009) estudando métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) encontrou um coeficiente de correlação anual de thornthwaite de 0,85.

## 4.2. COMPONENTES DE PRODUÇÃO

A seguir são apresentados e discutidos os parâmetros de Índice de área foliar, altura de plantas, número de folhas por plantas e produtividade da cultura do milho.

### 4.2.1. Índice de Área Foliar

Os valores experimentais médios obtidos na determinação do índice de área foliar (IAF) para a cultura do milho em cada parcela manejada por seu respectivo método de manejo são apresentados na Tabela 03.

Tabela 03 – Valores médios de índice de área foliar ( $\text{m}^2.\text{m}^{-2}$ ) do híbrido AG 8780 PRO 3 CR, durante o ciclo de desenvolvimento para cada método de manejo.

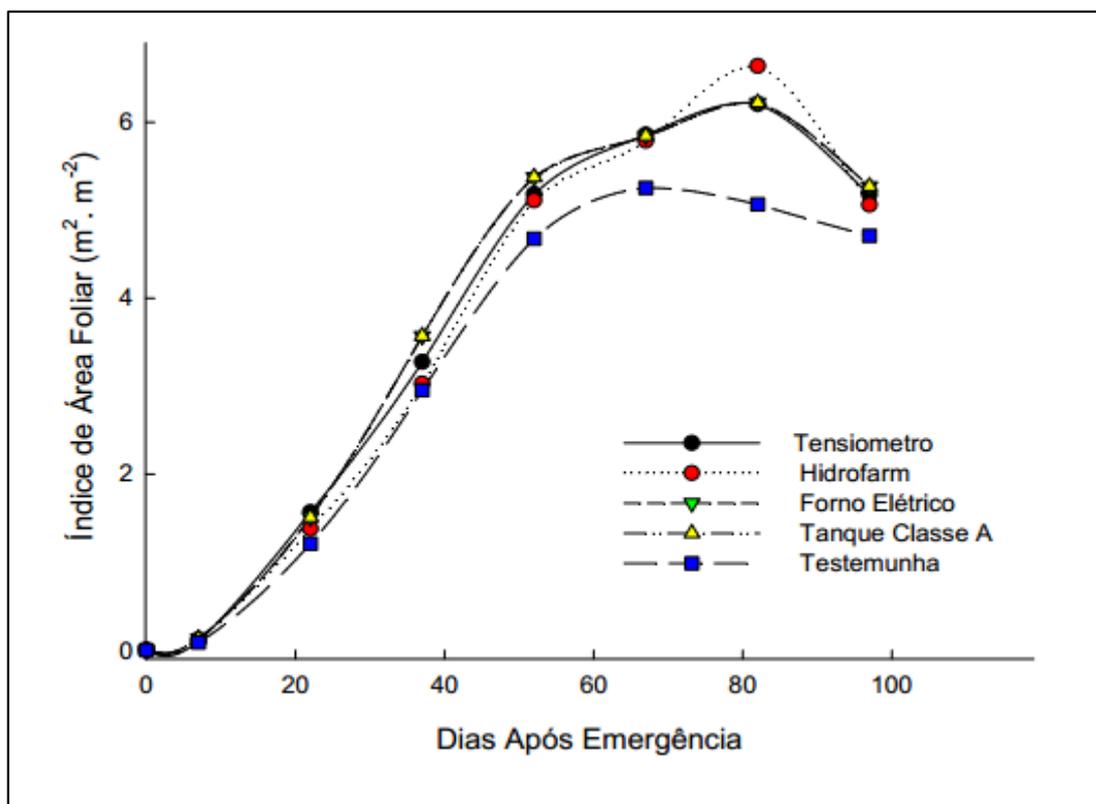
Parcelas	DAE						
	7	22	37	52	67	82	97
Tens.	0,10ab	1,57a	3,29a	5,12a	5,47a	5,60a	5,15a
Hidr.	0,12a	1,39a	3,07a	5,11a	5,64a	6,04a	5,06a
F.Elét.	0,12a	1,50a	3,59a	5,34a	5,74a	6,25a	5,16a
TCA	0,10ab	1,37a	3,38a	5,33a	5,18a	5,44a	4,88a
Test.	0,08b	1,23a	3,02a	4,76a	4,88a	4,87a	4,59a
Média	0,10	1,41	3,27	5,13	5,38	5,64	4,96
<sup>1</sup> D.P	0,01	0,13	0,23	0,23	0,35	0,54	0,23
<sup>2</sup> CV (%)	8,59	7,32	6,69	5,95	7,72	7,76	7,52

Médias seguidas pela mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Baseado na análise dos resultados obtidos, para esse parâmetro, observou-se diferença estatística entre os métodos apenas aos 7 DAE, com significativa variabilidade espacial entre estes. Esta variabilidade pode estar relacionada com a germinação desuniforme das sementes de milho entre os métodos de manejo de irrigação.

Na Tabela 03, os coeficientes de variação mostram que houve boa uniformidade nos valores de IAF, entre os métodos de manejo ao longo do seu ciclo de desenvolvimento. Observou-se ainda, que até aos 82 DAE, quando a cultura encontrava-se no estágio de enchimento de grãos, o índice de área foliar foi crescente nas parcelas com irrigação, com máximo valor de  $6,25 \text{ m}^2.\text{m}^{-2}$ , na parcela manejado pelo forno elétrico. Tendo-se um leve decréscimo na parcela da Testemunha, sendo também o menor valor de IAF  $4,87 \text{ m}^2.\text{m}^{-2}$  para este período. Após está época, o índice de área foliar reduziu devido ao processo de senescência e queda das folhas. Na figura 12 pode-se visualizar melhor o comportamento do índice de área foliar, ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura.

Figura 12 –Índice de área foliar ( $\text{m}^2.\text{m}^{-2}$ ) medidos nas parcelas manejadas por cada método durante o ciclo de desenvolvimento do híbrido AG 8780 PRO 3 CR.



Estes resultados são próximos aos encontrados por Parizi (2007) que obteve valor máximo de  $6,99 \text{ m}^2.\text{m}^{-2}$  de IAF aos 74 DAE, em experimento realizado no estado do Rio Grande do Sul. Esta mesma autora verificou redução do IAF aos 90 DAE.

Trabalhando com dois híbridos de milho Soares (2010), encontrou valores máximos de IAF de  $6,18$  e  $6,55 \text{ m}^2.\text{m}^{-2}$  aos 72 DAE, quando a cultura encontrava-se no estágio de desenvolvimento R1.

#### 4.2.2. Altura de Planta

A Tabela 04 mostra os valores médios de altura de planta (cm) para o híbrido, no decorrer do seu desenvolvimento. Observa-se que a análise dos resultados referentes à altura das plantas evidenciou diferença estatística entre os métodos de

manejo de irrigação aos 37, 52, 67 e 97 DAE. A provável evidência torna-se a variabilidade na profundidade do solo, sendo em algumas áreas, solo com profundidade máxima de 10 cm e em outras de até 40 cm. Contudo, a concentração de umidade de uma área para outra é desuniforme, ocasionando um maior ou menor crescimento das plantas.

Tabela 04 – Valores médios de altura de planta (cm) do híbrido AG 8780 PRO 3 CR durante parte do seu ciclo de desenvolvimento para cada método de manejo.

Parcelas	DAE						
	7	22	37	52	67	82	97
Tens.	22,22a	79,77a	147,33a	213,44a	222,61ab	235,77a	221,22b
Hidr.	22,11a	79,44a	141,44ab	200,33ab	220,83ab	235,00a	239,66a
F. Elét.	21,38a	83,00a	145,38a	211,66a	224,00a	237,55a	241,88a
TCA	18,83a	78,88a	132,66b	191,44b	213,16bc	232,33a	235,77ab
Test.	19,61a	76,77a	145,38a	188,00b	224,00a	231,88a	232,88ab
Média	20,83	79,57	142,44	200,97	217,89	234,5	234,82
<sup>1</sup> D.P	1,53	2,24	5,87	11,5	6,55	2,38	8,08
<sup>2</sup> CV (%)	14,38	7,22	5,33	6,75	3,63	2,05	5,79

Médias seguidas pela mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

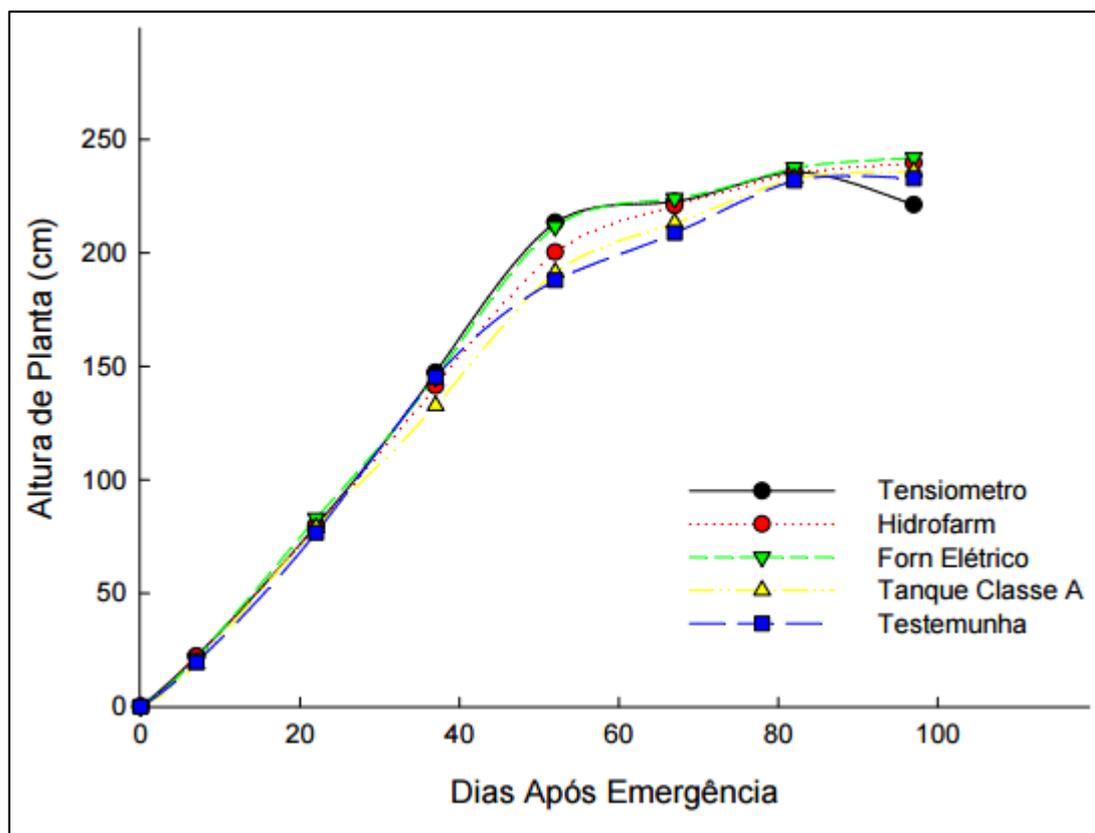
Ainda na Tabela 04, pode-se observar que a maior altura de planta ocorreu aos 97 DAE no método do forno elétrico com 241,88 cm. Para o mesmo período a menor altura registrada ocorreu no método do tensiômetro com 221,22 cm.

Resultados considerados próximos foram encontrados por Soares (2010) com altura máxima e mínima de planta com 257,80 cm e 247,00 cm, respectivamente, aos 112 DAE.

Bernardon (2005) encontrou aos 142 DAE uma altura máxima de 266,5 cm e mínima de 223,25 cm para o híbrido P32R21 sob condições de irrigação.

A Figura 13 representa graficamente a evolução temporal da altura média de planta (cm), entre os métodos de manejo de irrigação, ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura.

Figura 13 – Evolução temporal da altura de planta ao longo do ciclo de desenvolvimento do híbrido AG 8780 PRO 3 CR.



Através desta figura pode-se observar que o comportamento da altura de planta a partir dos 52 DAE, foi o de reduzir seu ritmo de crescimento, pois a partir desta fase quando a planta atinge o potencial máximo de crescimento e desenvolvimento, inicia-se o processo reprodutivo de florescimento e enchimento de grãos.

#### 4.2.3. Número de Folhas por Planta

A Tabela 05 apresenta os valores médios do número de folhas do híbrido, no decorrer do seu ciclo de desenvolvimento, nos diferentes métodos de manejo de irrigação.

Na Tabela 05 pode-se observar que apenas houve variabilidade significativa entre os setores aos 22, 37 e 82 DAE. Pode-se notar ainda, que a maior média do número de folhas por planta ocorreu aos 82 DAE, com 12,97 folhas, com destaque

para o método do hidrofarm, com uma média de 13,44 folhas, enquanto o método da Testemunha apresentou a menor média com 12,44 folhas.

Tabela 05 – Valores médios de número de folhas por planta do híbrido AG 8780 PRO 3 CR, durante o seu ciclo de desenvolvimento para cada método de manejo.

Parcelas	DAE						
	7	22	37	52	67	82	97
Tens.	4,44a	8,11 a	9,22a	11,33a	12,22 <sup>a</sup>	12,55bc	11,11a
Hidr.	4,66 a	7,44ab	8,44b	10,88a	12,66a	13,44a	11,00a
F,Elét.	4,55a	7,33bc	9,44a	11,22a	13,00a	13,33ab	10,88a
TCA	4,33 a	7,55ab	9,55a	10,44a	13,00a	13,11abc	11,22 <sup>a</sup>
Test.	4,33a	6,66c	9,33a	10,44a	11,11 <sup>a</sup>	12,44c	10,55 <sup>a</sup>
Média	4,46	7,41	9,19	10,86	12,10	12,97	10,95
<sup>1</sup> D.P	0,14	0,51	0,44	0,41	0,77	0,45	0,25
<sup>2</sup> CV (%)	11,44	7,17	5,49	6,65	14,58	4,49	5,69

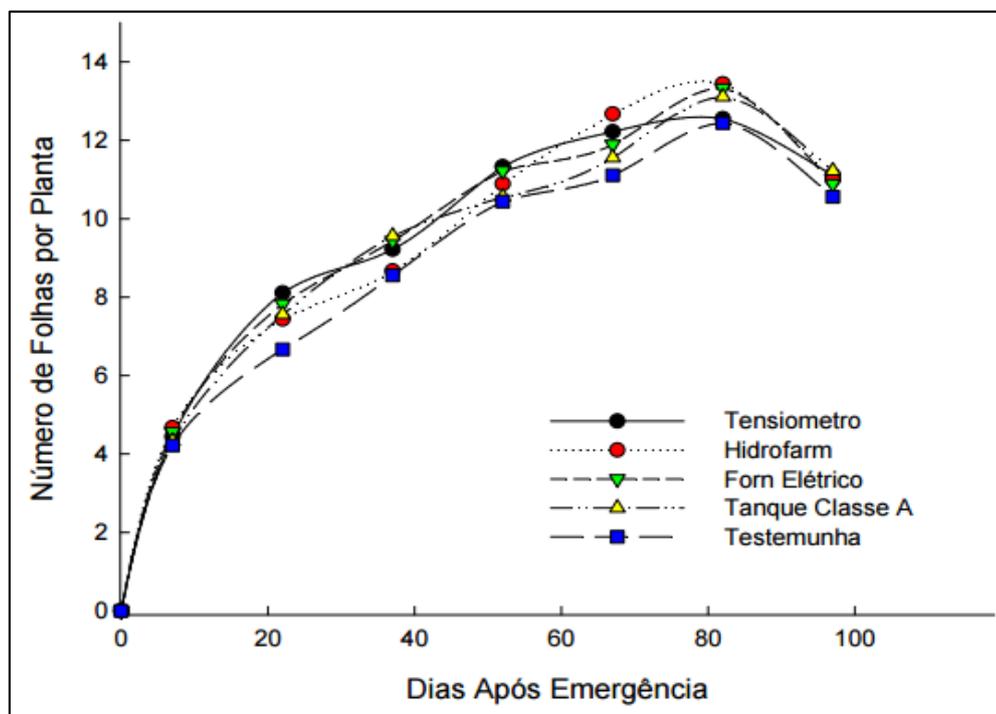
Médias seguidas pela mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Através dos coeficientes de variação apresentados na Tabela 05, nota-se pouca desuniformidade entre os setores, para quase todas as datas de coleta, devido aos baixos valores dos mesmos. Observando aos 7 e 67 DAE os maiores coeficientes de variação entre os setores. Enquanto a data de coleta dos 82 DAE foi a que apresentou menor valor de coeficiente de variação.

Pode-se observar na figura 14 que a partir dos 82 DAE, as plantas apresentaram uma redução no número de folhas, devido a senescência das mesmas. Soares (2010) ressalta que o número de folhas que a planta eventualmente irá produzir definirá o seu potencial de produção.

Segundo o mesmo autor, estudando dois híbridos de milho no Rio Grande do Sul, observou comportamento semelhante aos 72 DAE.

Figura 14 – Evolução temporal do número de folhas por planta ao longo do ciclo de desenvolvimento do híbrido AG 8780 PRO 3 CR.



#### 4.2.4. Produção

A Tabela 06 apresenta os valores médios dos componentes de produção, para os diferentes métodos de manejo, aos 143 dias após a emergência (DAE), com a aplicação da análise da variância e do teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 06 – Valores médios dos componentes de produção para a variedade AG 8780 PRO 3 CR aos 143 DAE.

Parcelas	NPL	NE	NGE	PMG	Produção (Kg/ha)	Produção (sc.ha <sup>-1</sup> )
Tensiômetro,	7,39a	1,00a	681,22 a	0,43a	24100,80a	401,68a
Hidrofarm	7,38a	1,00a	612,88 b	0,41ab	20658,53ab	344,31ab
F. Elétrico	7,39a	1,00a	653,44 ab	0,41ab	23236,20a	387,26a
Tanque Classe A	7,39a	1,00a	645,77 ab	0,43a	22947,83a	382,46a
Testemunha	7,37a	1,00a	522,22 c	0,39b	18206,18b	303,43b
Média	7,38	1,00	623,10	0,41	21829,91	363,83
<sup>1</sup> D.P	0,008	0	61,42	0,017	2392,06	39,86
<sup>2</sup> CV (%)	0,25	10	7,15	4,81	6,66	6,66

Médias seguidas pela mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 06, observa-se que apenas o número de plantas.m<sup>-2</sup> (NPL) e o número de espigas.planta<sup>-1</sup> (NE) não apresentaram diferença estatística.

Pode-se observar o valor médio de 623,10 grãos.espiga<sup>-1</sup> (NGE). Sendo o maior valor obtido na parcela manejada pelo tensiômetro com média de 681,22 grãos.espiga<sup>-1</sup>, e o menor valor foi observado na parcela da Testemunha com média de 522,22 grãos.espiga<sup>-1</sup>. Bernardon (2005) em experimento irrigado, com a cultivar de milho AG 9020, obteve valores médios de 497 grãos.espiga<sup>-1</sup> aos 144 dias após emergência (DAE). Parizi (2007) encontrou valores médios de 375,04 grãos.espiga<sup>-1</sup> aos 144 DAE.

O valor médio da massa de grãos foi de 0,41 g, sendo o maior valor observado nas parcelas manejadas pelo tensiômetro e tanque classe A com média de 0,43 g, respectivamente. O menor valor foi observado na parcela da testemunha com média de 0,39 g. Sangoi et al (2005), obteve uma média de 0,40 g de massa seca de grãos.planta<sup>-1</sup> para a variedade AG 303, em experimento conduzido em Lages –SC. Bernardon (2005, p 58 e 80) estudando dois híbridos de milho encontrou valores de massa seca do grão de 0,34 e 0,30 g.

Através da tabela 06, pode-se observar que a média da produtividade entre as parcelas foi de 363,83 sc.ha<sup>-1</sup>. Sendo a maior produção de grãos na parcela manejada pelo tensiômetro com 401,68 sc.ha<sup>-1</sup> e a menor produção na parcela da Testemunha com 303,43 sc.ha<sup>-1</sup>. Parizi (2007) obteve um produtividade de milho máxima de 214,12 sc.ha<sup>-1</sup> e mínima de 153,75 sc.ha<sup>-1</sup> aos 144 DAE. Soares (2010) estudando duas variedades de híbridos BM 1120 e BM 1115 obteve produção máxima e mínima de 214,12, 153,75 e 252,69, 151,46 sc.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Tendo-se o início da safra de verão com variabilidade de precipitações, normalizando a partir do mês de dezembro. As irrigações realizadas nas parcelas com as lâminas calculadas por cada método de manejo teve grande importância e aproveitamento no crescimento e desenvolvimento vegetativo do híbrido. Sendo a parcela manejada pelo Tensiômetro a mais produtiva com uma incidência de precipitação de 1015 mm e 123,75 mm de irrigação, totalizando 1138,75mm.

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia utilizada e nas condições em que o trabalho foi realizado pode-se concluir que:

1 - Os métodos de manejo via solo ajustaram-se ao método padrão do forno elétrico. São confiáveis e podem ser utilizados no manejo das irrigações locais.

2 - Os métodos de manejo via demanda evaporativa não se ajustaram ao método padrão do forno elétrico. Não são recomendados para o manejo das irrigações locais.

3 - Os parâmetros de crescimento, desenvolvimento e os componentes de produção da cultura do milho, apresentaram variabilidade espacial e temporal.

## 6. REFERÊNCIAS

AGROPLO. **Este irriga o Brasil.** Disponível em: <<http://www.agropolo.com.br/prod07.php>>. Acesso em 14 de julho de 2015.

AZEVEDO, J.A. de; SILVA, E.M. da. **Tensiômetro: dispositivo prático para controle da irrigação.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 33p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 001).

BERNARDON, Tatiane. **Componentes de produtividade de Grãos de milho (Zea mays L.), visando obter parâmetros para a agricultura de precisão.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Área de Concentração em Tecnologia da Geoinformação, Pós-Graduação em Geomática, 2005.

BUSKE, Taise Cristine. **Comportamento da umidade do solo determinada por métodos expeditos.** 2013. 67 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria – Centro de Ciências Rurais – programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2013.

CONCEIÇÃO, Marcos Antônio Fonseca. **Irrigação de Fruteiras por Microaspersão.** Jales. Embrapa Uva e Vinho, Estação experimental de Viticultura Tropical, 2004. P. 16. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 49).

CONTIN, Fabrício Serrão. **Tecnologia do irrigâmetro aplicada no manejo da irrigação do feijoeiro.** 2008. 52f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Viçosa, 2008.

FALKER. Hidrofarm – **Medidor eletrônico de umidade do solo.** Disponível em <<http://www.falker.com.br/Produto.php?id=28>>. Acesso em: 24 fev. 2015.

FONSECA, S. O.; ARAÚJO, G.L.; FARIA, B.H.G.; LIPARIZI J. A.; COSTA, J.; REIS, E.F. **Avaliação do método do Forno Elétrico para a determinação de umidade do solo em relação ao método padrão de estufa**. IN: XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2009a. Anais eletrônicos... [S.l.], 2009. Disponível

em: <[http://www.inicepg.univap.br//cd/INIC\\_2009/anais/arquivos/RE\\_0213\\_0309\\_01.pdf](http://www.inicepg.univap.br//cd/INIC_2009/anais/arquivos/RE_0213_0309_01.pdf)> Acesso em: 12 abril. 2015.

FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A.; FREITAS, H.A.C. **Análise comparativa dos custos de irrigação por pivô central, em cultura de feijão, utilizando energia elétrica e óleo diesel**. Engenharia Rural, Piracicaba, v.5, n.1, p.34-53, 1994.

GIAROLA, N. F. B; SILVA, A. P; IMHOFF, S. **Relações entre propriedades físicas e características de solos da região sul do Brasil**. R. Bras. Ci. Solo, 26:885-893, 2002.

GOMES, Ana Carla dos Santos. **Efeito de diferentes estratégias de irrigação sob a cultura da soja (*Glycine max (L.) Merrill*) na região de Santiago, RS. Santa Maria, 2007. 132 f.: il. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2007.**

GOMES, E. P; OLIVEIRA, G. Q.de; SCHWERZ, F; SILVA, P. A. da; BISCARO, G.A; SANTOS, R. C; **Avaliação do medidor eletrônico de umidade do solo “Hidrofarm” em latossolo vermelho distroférico**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.7, nº. 1, p. 85 - 90, 2013.

MENDONÇA, J. C; Elias F. de Sousa; Salassier Bernardo; Gutemberg P. Dias & Sidney Grippa. **Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) na região Norte Fluminense, RJ**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.2, p.275-279, 2003.

MOREIRA, J. A. A; LEITE, C. E. D. P; FILHO, I. A. P; SIMÃO, E. D. P. **Efeito de Diferentes Métodos de Manejo da Irrigação Sobre a Lâmina de Água, Número de Irrigações e Parâmetros de Rendimento de Milho-Verde.** CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29. 2012, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012.

NUNES, Mario Santos. **Comparação de métodos via solo e demanda evaporativa para manejo de irrigação.** 2014. 102 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Área de Concentração Engenharia de Água e Solo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2014.

NUNES, Mario Santos. **Desempenho e aplicabilidade do Irrigômetro para cultura da soja na região de Bossoroca, RS.** 2011. 90f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Área de Concentração Engenharia de Água e Solos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2011.

OLIVEIRA, R. A. de; BAPTESTINI, J. C. M.; MARTINEZ, M. A.; OLIVEIRA, EDNALDO M. de. **Determinação da umidade do solo com uso do Forno Elétrico e balança digital.** In: UFV / VIII SIMPOS, 2008, Viçosa, MG, **Anais...** Viçosa, 2008.

PARIZI, Ana Rita Costerano. **Efeito de diferentes estratégias de irrigação sob as culturas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.) na região de Santiago, RS.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2007.

PEIXOTO, T. D. C; LEVIEN, S. L. A; BEZERRA, A. H. F; SOBRINHO, J. E. **Evapotranspiração de referência utilizando métodos de Tanque Classe A propostos pela FAO, na região de Mossoró, RN.** ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.11; 2010 Pág.

SANGOI, Luís; ALMEIDA, Milton L. de; GRACIETTI, Marcos A.; HORN, Delson; SCHWEITZER, Cleber; SCHMITT, Amauri; BIANCHET, Paula. **Rendimento de**

**grãos, produção e distribuição de massa seca de híbridos de milho em função do aumento da densidade de plantas. R. bras. Agrociência**, v.11, n. 1, p. 25-31, jan-mar, 2005.

SCHÄFER, Rossana Ferrari. **Precipitação e evapotranspiração de referência estimadas com metodologia alternativa, voltadas à realização do balanço hídrico diário**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Área de concentração em Qualidade e Sustentabilidade Ambiental. Curso de Pós-Graduação em Ciências do Solo, 2009.

SCHONS, Ricardo Luis. **Critérios para o aumento do índice de eficiência nos sistemas de irrigação tipo pivô central** / Ricardo Luis Schons. 2010. 139 f.; il. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2010.

SHAHIDIAN, S; SERRALHEIRO, R.P; TEIXIERA, J.L; SERRANO, J; SANTOS, F.L; GUIMARÃES, R.C. **Utilização da equação de Hargreaves Samani para o cálculo da ETo em estufas**. VI Congresso Ibérico AgroIngeniería. Universidade de Évora, Portugal, p. 10, 5 a 7 de septiembre de 2011.

SOARES, Fátima Cibele. **Análise da viabilidade da irrigação de precisão na cultura do milho (*Zea mays L.*)**. 2010. 113 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2010.

TURCO, J. E. P; RIZZATTI, G. D. S; PAVANI, L. C. **Custo de Energia Elétrica em Cultura do Feijoeiro por pivô Central, Afetado pelo Manejo da Irrigação e Sistemas de Cultivo**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.29, n.2, p.311-320, abr./jun. 2009.

VICENTE, A. S. C; VICENTE, S. E. I. **Proposta para Manejo da Irrigação**. Belém, Pará. Amazônia Irrigação, 2004. 30p.