

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS DOIS VIZINHOS  
CURSO DE AGRONOMIA

IVAN CARLOS ZORZZI

**PRODUÇÃO DE COUVE CHINESA COM DIFERENTES TENSÕES DE  
ÁGUA NO SOLO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS  
2016

IVAN CARLOS ZORZZI

## **PRODUÇÃO DE COUVE CHINESA COM DIFERENTES TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso Superior de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Dalva Paulus

Coorientadora: Dra. Fabiana Luiza Matielo de Paula

DOIS VIZINHOS

2016



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Dois Vizinhos  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Coordenação do Curso de Agronomia



## TERMO DE APROVAÇÃO

Produção de couve-chinesa com diferentes tensões de água no solo

por

Ivan Carlos Zorzi

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 06 de junho de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dra. Dalva Paulus (UTFPR)  
(Orientadora)

Prof. Dr. Adalberto Luiz de Paula  
(UTFPR-DV) Membro titular 1

Prof. Dr. André Pellegrini (UTFPR-DV)  
Membro titular 2

Laércio Ricardo Sartor  
(Coordenador do Curso de Agronomia)

Profa. Angélica Signor Mendes (Resp. pelo TCC II)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por iluminar meu caminho.

Aos meus pais, Nadir e Marlei Zorzzi, irmã Ivania e namorada Fabiana pelo incentivo, amor e companheirismo.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná e professores, pelos ensinamentos e amizades.

A minha orientadora professora Dra. Dalva Paulus pelos ensinamentos e momentos de discussão durante quatro anos de iniciação científica. Muito obrigado.

A minha coorientadora Dra. Fabiana Luiza Matiello de Paula, pelos ensinamentos.

Aos amigos e colegas de graduação pela amizade e companheirismo.

Ao professor Dr. Wilson Antonio Klein pelo apoio nas análises de solo.

A HortiCeres Sementes e ao Viveiro de Mudas de Hortaliças e Flores Caldatto pela doação de sementes.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para realização deste trabalho.

## RESUMO

ZORZZI, Ivan Carlos. Produção de couve chinesa com diferentes tensões de água no solo. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2016.

O manejo inadequado da irrigação pode afetar o desenvolvimento e produção das hortaliças, pelo déficit hídrico ou por excesso de água. Visando definir critérios para o manejo da irrigação, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito de diferentes faixas de tensão de água no solo para a cultura da couve chinesa (*Brassica pekinensis* L.), em ambiente protegido. Os experimentos foram conduzidos no Setor de Olericultura da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, entre abril e julho de 2015 e janeiro e abril de 2016. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial, onde o fator 1: duas cultivares 'Eikoo' e 'Kinjitsu' e fator 2: quatro faixas de tensão de água no solo 13-17, 23-27, 33-37 e 43-47 kPa, sendo parâmetros indicativos do momento de irrigar. As faixas de tensão foram monitoradas com tensiômetros, instalados a 10 cm de profundidade e as leituras das tensões realizadas com tensímetro digital diariamente. Os resultados obtidos indicam que o índice SPAD, concentração intercelular de CO<sub>2</sub> e a eficiência interna no uso da água não foram afetadas pelas faixas de tensão. Porém, observou-se maior transpiração (5,8 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), fotossíntese (11,9 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e condutância estomática (0,30 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) nos tratamentos com as menores faixas de tensão (13-17 kPa). Com relação as variáveis relacionadas a produção, no primeiro experimento as cultivares responderam de maneira semelhante as faixas tensão, onde a melhor faixa de tensão foi 13-17 kPa (572,2 g planta<sup>-1</sup>). No segundo experimento, a cultivar 'Kinjitsu' não foi influenciada pelas tensões (567 g planta<sup>-1</sup>) porém a cultivar 'Eikoo' teve massa fresca da cabeça superior nas tensões de 13-17 e 23-27 kPa, com 1272,5 e 1156,3 g planta<sup>-1</sup>. Para a produtividade as cultivares não diferiram entre si no primeiro experimento (26,3 t ha<sup>-1</sup>), porém no segundo experimento a cultivar 'Eikoo' teve produtividade superior na faixa de tensão 13-17 kPa (70,7 t ha<sup>-1</sup>). As faixas de tensão influenciaram no número de irrigações, no intervalo entre elas e no consumo de água em ambos os cultivos. O aumento das faixas de tensão resultou no aumento do consumo de água em 63 e 52% no primeiro e no segundo experimento, comparando-se o consumo da tensão 13-17 kPa com a 43-47 kPa. A eficiência na utilização da água foi decrescente com o aumento das faixas de tensão, com os maiores valores de 42,1 kg m<sup>-3</sup> água no primeiro cultivo e 47,3 kg m<sup>-3</sup> água no segundo cultivo, para as cultivares 'Kinjitsu' e 'Eikoo', respectivamente, na faixa de tensão 13-17 kPa. Esses resultados permitem sugerir que a cultivar 'Eikoo' tem produção superior a 'Kinjitsu' no verão, porém no outono-inverno essa diferença não é expressiva. Além disso, a utilização de faixas de tensão como indicativo do momento de retorno a irrigação próximas 13-17 kPa são adequadas para cultura da couve chinesa.

**Palavras chave:** *Brassica pekinensis* L. Tensiometria. Manejo da irrigação. Déficit hídrico.

## ABSTRACT

ZORZZI, Ivan Carlos. Chinese cabbage production with different water tensions in soil. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2016.

The improper irrigation management may affect the development and production of vegetables by drought or excess water. In order to define criteria for irrigation management, the objective of the study was to evaluate the effect of different tracks water tension in the soil for the cultivation of Chinese cabbage (*Brassica pekinensis* L.), in a protected environment. The experiments were conducted in the Vegetable Crops Division of the Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, between April and July 2015 and January and April 2016. The experimental design was completely randomized, with four replications, in a factorial design, where the factor 1: two 'Eikoo' cultivars 'Kinjitsu' and factor 2: four water voltage ranges in the soil 13-17, 23-27, 33-37 and 43-47 kPa, with parameters indicative of time to irrigate. The voltage ranges were monitored with tensiometers installed at 10 cm deep and the readings of the voltages held with digital tensiometer daily. The results indicate that the SPAD index, intercellular CO<sub>2</sub> concentration and internal efficiency in water use were not affected by voltage ranges. However, there was a higher transpiration (5,8 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), photosynthesis (11,9 micromol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) and stomatal conductance (0,30 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) in treatments with lower voltage ranges (13-17 kPa). Regarding the variables related to production in the first experiment cultivars responded similarly voltage ranges, where the best voltage range was 13-17 kPa (572,2 g plant<sup>-1</sup>). In the second experiment, the cultivar 'Kinjitsu' was not influenced by the tensions (567 g plant<sup>-1</sup>) but the cultivar 'Eikoo' had fresh weight of the upper head and tensions of 13-17 and 23-27 kPa, with 1272,5 and 1156,3 g plant<sup>-1</sup>. For productivity cultivars did not differ in the first experiment (26,3 t ha<sup>-1</sup>), but in the second experiment the cultivar 'Eikoo' had higher productivity in voltage range 13-17 kPa (70,7 t ha<sup>-1</sup>). The voltage ranges influence the number of irrigation in the interval between them and the water consumption in both cultures. The increase in voltage ranges resulted in an increase in water consumption by 63 and 52% in the first and second experiment comparing the consumption of the lowest pressure (13-17 kPa) with the higher (43-47 kPa). Efficiency in water use was decreasing with increasing voltage ranges, with the highest values of 42,1 kg m<sup>-3</sup> water in the cultivation and 47,3 kg m<sup>-3</sup> water for the second crop, to cultivars 'Kinjitsu' and 'Eikoo', respectively, in the voltage range 13-17 kPa. These results suggest that the cultivar 'Eikoo' has superior production 'Kinjitsu' in the summer, but in autumn and winter this difference is not significant. Furthermore, the use of tension bands as indicative of the return time irrigation next 13-17 kPa are suitable for culture of chinese cabbage.

**Key words:** *Brassica pekinensis* L. Tensiometer. Irrigation management. Water deficit.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-Tensiômetro e tensímetro digital. Fonte: O autor (2015). .....	15
Figura 2 - Couve chinesa em estágio inicial de desenvolvimento (direita) e plantas aos 70 dias após o transplante (esquerda). Fonte: O autor (2016) .....	16
Figura 3 - Curva de retenção da água no solo a 0,10 m de profundidade. Fonte: O autor (2015).....	19
Figura 4 - Temperatura média diária (°C) e Evapotranspiração média diária (ETP mm dia <sup>-1</sup> ) observadas durante a condução do experimento. Dois Vizinhos, UTFPR, 2016. Fonte: INMET (2015, 2016).....	25

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Características químicas do solo utilizado no experimento. Dois Vizinhos, UTFPR, 2015.....	17
Tabela 2-Características físicas do solo utilizado no experimento. Dois Vizinhos, UTFPR, 2015.....	19
Tabela 3 - Valores dos parâmetros de ajuste do modelo de Van Genuchten (1980). Dois Vizinhos, UTFPR, 2015 .....	20
Tabela 4 – Faixas de tensão de água no solo no momento da irrigação (tratamentos), lâmina de irrigação por aplicação (LIA), utilizadas durante a condução do experimento. Dois Vizinhos, UTFPR, 2015. ....	21
Tabela 5 – Índice SPAD em plantas de couve chinesa submetidas a diferentes faixas de tensão de água no solo, em dois experimentos. Dois Vizinhos, UTFPR, 2016 .....	26
Tabela 6 - Taxa de transpiração (E), concentração intercelular de CO <sub>2</sub> (Ci), fotossíntese (A), condutância estomática (gS) e eficiência interna no uso da água (EUA) em plantas de couve chinesa submetidas a diferentes faixas de tensão de água no solo. Dois Vizinhos, UTFPR, 2016. ....	28
Tabela 7 - Massa da matéria fresca da cabeça (MMVC) e produtividade de plantas de couve chinesa submetidas a diferentes faixas de tensão de água no solo, em dois cultivos. Dois Vizinhos, UTFPR, 2016. ....	30
Tabela 8 - Massa da matéria seca da cabeça (MMSC) e massa da matéria seca da raiz (MMSR) de plantas de couve chinesa submetidas a diferentes faixas de tensão de água no solo, em dois experimentos. Dois Vizinhos, UTFPR, 2016.....	32
Tabela 9 - Circunferência da cabeça e compacidade de plantas de couve chinesa submetidas a diferentes faixas de tensão de água no solo, em dois experimentos. Dois Vizinhos, UTFPR, 2016. ....	33
Tabela 10 - Número de irrigações (NI), intervalo entre irrigações e consumo de água em plantas de couve chinesa submetidas a diferentes faixas de tensão de água no solo, em dois experimentos. Dois Vizinhos, UTFPR, 2016. ....	34
Tabela 11 - Eficiência na utilização da água de plantas de couve chinesa submetidas a diferentes faixas de tensão de água no solo. Dois Vizinhos, UTFPR, 2016. ....	35



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	11
2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DA COUVE CHINESA .....	11
2.2 IRRIGAÇÃO EM HORTALIÇAS USANDO TENSIOMETRIA .....	12
2.3 MANEJO DA IRRIGAÇÃO .....	13
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	16
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL .....	16
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	16
3.3 SOLO .....	17
3.3.1 Análise Química .....	17
3.3.2 Análises Físicas .....	17
3.4 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO .....	20
3.5 VARIÁVEIS ANALISADAS .....	22
3.5.1 Variáveis Fisiológicas .....	22
3.5.2 Massa da matéria fresca e seca da cabeça e massa seca das raízes .....	22
3.5.3 Produtividade .....	23
3.5.4 Circunferência da cabeça .....	23
3.5.5 Compacidade .....	23
3.5.6 Número de irrigações e intervalo entre irrigações .....	23
3.5.7 Consumo de água .....	24
3.5.8 Eficiência no uso da água .....	24
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	25
4.1 VARIÁVEIS CLIMÁTICAS .....	25
4.2 VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS .....	26
4.3 VARIÁVEIS PRODUTIVAS .....	29
4.4 VARIÁVEIS RELACIONADAS AO MANEJO DA IRRIGAÇÃO .....	33
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	36
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	37

## 1 INTRODUÇÃO

O suprimento de água potável para a crescente população mundial é uma das principais preocupações da atualidade. Na mesma tendência, o setor agrícola cresce em ritmo acelerado, sendo responsável por mobilizar grandes volumes de água. Desta forma, devemos buscar uma combinação de conhecimentos que permitam utilizar a água de maneira eficiente, já que o excesso ou restrição de água pode reduzir a produtividade, prejudicar a qualidade do produto final, provocar lixiviação de nutrientes (principalmente nitrogênio), maior incidência de doenças de solo e elevação de custos de produção.

A couve chinesa (*Brassica pekinensis* L.) é uma hortaliça folhosa altamente exigente em água, sendo cultivada principalmente em ambiente protegido e com uso da irrigação por gotejamento. No cultivo em ambiente protegido o fornecimento de água para planta depende exclusivamente da irrigação, logo, torna-se necessário conhecer o comportamento da cultura em função da quantidade ideal de água a ser aplicada, para que as plantas possam manter seu crescimento e desenvolvimento. Visto que atualmente, busca-se a aplicação da água nas quantidades adequadas, utilizando métodos eficientes, sem desperdícios e que mantenham a qualidade e produtividade das culturas, devem ser estudadas estratégias de manejo da irrigação.

Geralmente as estratégias de manejo da irrigação são baseadas em dados do clima, da planta, do solo ou da combinação dos mesmos. Os dados da relação solo/água indicam o momento de irrigar, já os dados do clima e da planta indicam a quantidade de água necessária. Busca-se conhecer além do potencial matricial da água no solo, a capacidade do solo em armazenar água na zona radicular e a tensão máxima para retorno da irrigação, que não provoque prejuízos a cultura.

A busca por técnicas eficientes, com baixo custo e que facilitem o manejo da irrigação em cultivos de hortaliças é umas das discussões atuais dos envolvidos na cadeia produtiva. Assim, o uso de tensiômetros tem ganhado espaço, pois são instalados de maneira simples e podem ser operados por pessoas minimamente treinadas. O uso de tensiômetros é baseado em leituras de tensões de água no solo em leitor digital chamados de tensímetros, que permitem determinar a umidade do solo e calcular a lâmina líquida de irrigação. Porém, a tensão deve ser mantida em

níveis que não prejudiquem o desenvolvimento da cultura da couve chinesa, sendo necessária a determinação do seu limite crítico.

Nesse contexto, percebe-se a importância de estudos sobre as relações hídricas entre a cultura, o solo, o ambiente e as quantidades mínimas necessárias para a maximização da produção. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes faixas de tensão de água no solo para a cultura da couve chinesa em ambiente protegido.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DA COUVE CHINESA

A couve chinesa (*Brassica pekinensis* L.), pertence à família Brassicaceae, tem origem na China e apresenta folhas de coloração verde clara e com nervura central branca, essas folhas espessas, se fecham formando uma “cabeça” compacta, globular-alongada, estando prontas para colheita entre 60 e 70 dias depois da sementeira (FILGUEIRA, 2008). Pode ser consumida na forma *in natura*, em saladas ou cozida.

Em 2008 a couve chinesa foi a 33ª hortaliça mais comercializada no país (BRASIL, 2010) e em 2012 ocupou a sétima posição entre as mais vendidas, nas principais Centrais de Abastecimento Brasileiras (CEASAS), com cerca de 6,3 mil toneladas (CONAB, 2015). No estado do Paraná, na safra 2012/13 foi a quarta folhosa mais produzida, com uma produção de 16,2 mil toneladas, em cerca de 547 hectares, movimentado mais de R\$ 7 milhões (SALVADOR, 2012). O consumo está principalmente associado a cultura nipônica (SEABRA; PEREIRA; ARAUJO, 2014), porém atualmente o consumo está crescendo, devido ao alto valor nutricional, como fonte de cálcio, potássio, vitaminas A e C e de ácido fólico (ITO et al., 2006), além de apresentar alto teor de fibras (FILGUEIRA, 2008).

O cultivo da couve chinesa era restrito há algumas épocas do ano, já que produz melhor em condições de temperatura amena, sendo semeada no outono inverno (FILGUEIRA, 2008). A maioria das cultivares disponíveis estão adaptadas a temperaturas entre 15 e 25 °C, contudo existem cultivares tolerantes a altas temperaturas (BRASIL, 2010), como a AF 66, Kyoto (SEABRA; PEREIRA; ARAUJO, 2014).

A couve chinesa é uma cultura altamente exigente em água, assim procura-se manter a umidade do solo próxima a capacidade de campo, durante todo o ciclo (FILGUEIRA, 2008). Desta forma, quando cultivada com irrigação apresenta melhor desenvolvimento, sendo que os métodos de irrigação mais utilizados são o gotejamento e a aspersão (SEGOVIA et al., 2000).

A couve chinesa híbrida cultivar ‘Eikoo’ (Horticeres®), foi lançada em 2010, é considerada uma cultivar precoce, com ciclo de 60 - 70 dias, produz cabeças pesando em média 2,5 - 3,5 kg, apresenta resistência a certas raças de hérnias das

crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*), erwinia (*Erwinia carotovora*) e míldio (*Peronospora parasitica*) (HORTICERES, 2015). Atualmente, tem amplo cultivo no Sudoeste do Paraná, com bons resultados produtivos. Já a cultivar “Kinjitsu” (Topseed®) tem como características, alto vigor e sanidade foliar, precocidade com ciclo médio de 70 dias, com peso médio da cabeça de 2,2 kg e resistência a pinta preta (*Alternaria brassicae*), ferrugem branca (*Albugo macrospora*) e hérnia das crucíferas (TOPSEED, 2015).

Diversos trabalhos foram realizados buscando solucionar problemas com a cultura da couve chinesa, como indicações de cultivares para regiões com clima quente (SEABRA; PEREIRA; ARAUJO, 2014), uso de fertilizantes (PASCUAL; JARWAR; NITURAL, 2013), produção agroecológica (TESSARO et al., 2013), incidência de pendoamento (SILVA et al., 2011), qualidade de minimamente processados (EVANGELISTA et al., 2009), germinação (LOPES; MACEDO, 2008), manejo de doenças (SILVA et al., 2007; PERUCH; MICHEREFF; ARAÚJO, 2006). Contudo, a nível nacional são escassas as pesquisas relacionadas com o manejo da irrigação na cultura da couve chinesa.

## 2.2 IRRIGAÇÃO EM HORTALIÇAS USANDO TENSIOLOGIA

De maneira geral, as hortaliças apresentam sistema radicular pouco desenvolvido, alto teor de água em sua constituição e ciclo curto, assim a ocorrência de déficit hídrico, compromete fortemente a produção dessas espécies (MAROUELLI, 2008). Dessa forma a grande maioria dos cultivos de hortaliças no Brasil é realizada com a utilização da irrigação, porém é manejada de forma empírica. Esse tipo de manejo, compromete a rentabilidade e sustentabilidade da produção, pela aplicação excessiva ou deficiente de água.

Neste contexto diversos estudos indicam que doses crescentes de água, promovem o aumento linear do peso da planta, até atingir o máximo de produtividade, a partir do qual ocorre uma queda em função do excesso de umidade no solo (FILGUEIRA, 2008). A beterraba (SILVA et al., 2015), a cenoura (LIMA JÚNIOR et al., 2012), o brócolis (TANGUNE et al., 2016), a ervilha (CARVALHO et al., 2012) e a alface, tipo americana (SANTOS; PEREIRA, 2004), quando submetidas a tensões de água no solo crescentes, responderam de maneira linear,

havendo melhor resposta em termos produtivos na menor tensão estudada, 15 kPa. A pimenta (*Capsicum frutescens*) cv. Cayenne, também respondeu de maneira positiva a menor tensão testada, 20 kPa (LIMA et al., 2013). Para a cultura do tomate, são indicadas as tensões 35, 12 e 15 kPa, para a fase de desenvolvimento vegetativo, desenvolvimento do fruto e maturação, respectivamente (MAROUELLI; SILVA, 2007).

Resultados obtidos por pesquisadores estrangeiros em espécies da família brassicaceae, indicam para brócolis e couve flor, as tensões entre 10 e 12 kPa (THOMPSON; DOERGE; GODIN, 2002; THOMPSON; DOERGE; GODIN, 2000), já para o repolho tensões próximas a 25 kPa são adequadas (SMITTLE; DICKENS; STANSELL, 1994). Marouelli (2008), recomenda o uso de tensiômetros em cultivos de hortaliças e indica para folhosas em geral manter a tensão entre 10-20 kPa, buscando o valor menor para momentos críticos de desenvolvimento.

### 2.3 MANEJO DA IRRIGAÇÃO

O solo é constituído por fração sólida, líquida e gasosa, sendo que o espaço constituído pelas frações líquida e gasosa, oscila de acordo com a quantidade de água (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006). Considera-se o solo como um grande reservatório de água, onde a quantidade de água armazenada é determinada estabelecendo uma relação entre o volume de água em um determinado volume de solo, permitindo estabelecer uma lâmina de água em milímetros (KLEIN, 2014).

O conhecimento da umidade do solo é de fundamental importância, pois indica sua condição hídrica. Na irrigação, a umidade do solo deve ser determinada e servirá como parâmetro para a quantidade de água a ser aplicada pelo sistema de irrigação. Existem vários métodos para determinar a umidade do solo, que diferem principalmente pela forma de medição, local de medição, instalação, preço, tempo de resposta e principalmente facilidade de operação no campo (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009). Todos têm o mesmo objetivo, acompanhar a variação da umidade na faixa de solo onde ocorre concentração de raízes, verificando a necessidade de irrigar ou interromper a aplicação (AZEVEDO; SILVA, 1999).

Bernardo, Soares e Mantovani (2006) descrevem alguns métodos de determinação de umidade no solo. O padrão de estufa é baseado na diferença de massa entre uma amostra coletada a campo, antes e após a secagem, em estufa a 105 °C, até peso constante. É um método preciso, serve para calibração de outros métodos, tem baixo custo, porém tem resposta demorada e fornece a umidade de forma direta. Entre os eletrométricos, destacam-se o método de Bouyoucos e o de Colman. São medidores eletrométricos envolvendo um aparelho de medida e cápsula de gesso, onde são inseridos os eletrodos. A cápsula de gesso absorve ou perde umidade para solo, até atingir o equilíbrio, que é quantificado pelo medidor e resulta em leituras de porcentagem de água no solo. Permitem a realização de medidas diretas, tem boa operacionalidade e custo intermediário.

A técnica do domínio da reflectometria (TDR) no tempo, envolve a constante dielétrica do solo, por meio da medida do tempo decorrido por um pulso eletromagnético, obtido através da introdução de hastes de aço inoxidável no solo, esse tempo é proporcional a constante dielétrica, que varia unicamente pelo conteúdo de água no solo. Muito preciso, com medida direta e rápida, porém pouco usado devido ao seu alto custo e complexidade de uso (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Um dos métodos mais usados para determinação indireta da umidade do solo é a tensiometria, que utiliza sensores denominados tensiômetros (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006). Os tensiômetros são capazes de medir a tensão da água ou o potencial matricial ( $\Psi_m$ ) que representa a energia presente na interação entre a água e as partículas do solo (FLOSS, 2011). O  $\Psi_m$  está diretamente relacionado à umidade volumétrica, motivo pelo qual os tensiômetros são usados para monitorar a frequência de irrigação.

As principais vantagens do uso de tensiômetros são: facilidade de uso, de manejo, de interpretação dos resultados, baixo custo e ser facilmente encontrado no comércio (AZEVEDO; SILVA, 1999). O tensiômetro (Figura 01) é um instrumento composto por um tubo de PVC de meia polegada de diâmetro, com comprimento variável e com uma cápsula de cerâmica porosa, que é permeável a entrada de água e solutos na solução do solo, sendo impermeável a entrada de gases.

Azevedo e Silva (1999) descrevem o funcionamento do tensiômetro: depois de instalado o mesmo é preenchido com água e em condições de solo saturado não haverá vácuo; à medida que o solo perde umidade a água sai pela cápsula porosa;

da mesma maneira quando é feita a irrigação/precipitação a água volta para o interior do tensiômetro; essa variação da quantidade de água no interior do tensiômetro cria um vácuo, que é equivalente a tensão da água do solo e que pode ser quantificada por um tensímetro (Figura 1). As medidas obtidas pelo tensímetro podem ser expressas em kilopascal (kPa), atmosfera (atm), entre outras.

Os tensiômetros permitem leituras de até 80 kPa, acima disso ocorre o processo da cavitação, ou seja, formação acentuada de bolhas no interior do tubo, prejudicando a qualidade da leitura (MAROUELLI, 2008). Por isso ele consegue estimar apenas uma parte da água disponível no solo, cerca de 70% em solos arenosos e 40% em argilosos (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).



**Figura 1-Tensiômetro e tensímetro digital. Fonte: O autor (2015).**

O manejo da irrigação baseado no potencial matricial da água no solo, determinado por tensiômetros, pode ser feito mantendo níveis de tensão em faixas consideradas adequadas para cada cultura. Para tal o mais adequado é determinar a curva de retenção de água no solo e usar de maneira conjunta com os tensiômetros. Com esses dois indicadores é possível determinar a lâmina líquida de irrigação, permitindo um controle adequado da umidade no solo.



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado na Unidade de Ensino e Pesquisa de Olericultura, localizada na Estação Experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos (25°42'S, 53°06'W e altitude 520 m). Foram realizados dois experimentos nos períodos entre abril e julho de 2015 e entre janeiro e abril de 2016. Os experimentos foram conduzidos em estufa, tipo arco, com 3,5 m de pé direito, 9 m de largura e 48 m de comprimento, ocupando uma área de 30 m<sup>2</sup>. As fachadas laterais e frontais eram abertas e a cobertura com polietileno transparente com 150 µ de espessura. O clima da região pela classificação de Köppen é o Cfa (ALVARES et al., 2013).



**Figura 2 - Couve chinesa em estágio inicial de desenvolvimento (direita) e plantas aos 70 dias após o transplante (esquerda). Fonte: O autor (2016)**

#### 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial, onde o fator um: duas cultivares ('Eikoo' e 'Kinjitsu'); fator dois: quatro faixas de tensão de água no solo (13-17, 23-27, 33-37 e 43-47 kPa), com quatro repetições, totalizando 32 parcelas. Em cada vaso foi conduzida uma planta, sendo considerada uma unidade experimental, em espaçamento 30 cm entre plantas e 60 cm entre fileiras.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (Teste F) e o efeito dos tratamentos obtidos pelo teste de médias Scott-Knott ( $p > 0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico GENES (CRUZ, 2006).

### 3.3 SOLO

O solo utilizado para preenchimento dos vasos é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 2006). O material utilizado foi retirado da camada de 0 - 20 cm, seco, destorroado e peneirado em malha de 3 mm.

#### 3.3.1 Análise Química

Para determinação das características químicas, foi coletada uma amostra composta de solo e enviada para o Laboratório de Solos UTFPR/IAPAR de Pato Branco. Os resultados estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1- Características químicas do solo utilizado no experimento. Dois Vizinhos, UTFPR, 2015.**

pH	M.O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	V
CaCl	%	mg.dm <sup>-3</sup>	.....cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> .....						(%)
5,8	1,88	11,78	0,45	6,10	3,70	0,00	3,18	10,25	76,32

Fonte: O autor (2015)

#### 3.3.2 Análises Físicas

Para determinação das características físicas e granulometria (argila, silte e areia) do solo utilizado no experimento foi coletada uma amostra composta e enviada para o Laboratório de Física e Água do Solo da Universidade de Passo Fundo (UPF) (Tabela 2).

As análises de densidade do solo ( $d_s$ , g/cm<sup>3</sup>), de partículas ( $d_p$ , g/cm<sup>3</sup>), determinação de microporosidade, macroporosidade e porosidade total, foram realizadas no Laboratório de Solos da UTFPR – Dois Vizinhos, de acordo com metodologia proposta por Embrapa (1997), usando seis repetições em cada análise (Tabela 2).

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico, onde foi calculado o volume do anel, pesado o conjunto (solo e anel), acondicionado em estufa a 105°C, até massa constante, retirado e pesado após esfriar. A densidade foi calculada usando a equação (1):

(1)

$$\text{Densidade (g/cm}^3\text{)} = a/b$$

a = peso da amostra seca a 105°C (g)

b = volume do anel (cm<sup>3</sup>)

A microporosidade (Equação 2) e a macroporosidade (Equação 3) foram determinadas pelo método da mesa de tensão, onde as amostras saturadas com massa conhecida, são colocadas sob mesa de tensão, regulada com 60 cm de coluna de água. Depois de 24 horas, são retiradas e pesadas, sendo determinada a porcentagem de saturação e em seguida são transferidas para estufa e secas a 105°C, até massa constante.

(2)

$$\text{Microporosidade} = (a-b)/c$$

a = massa da amostra retirada da mesa de tensão

b = massa da amostra seca a 105°C

c = volume do cilindro

(3)

$$\text{Macroporosidade} = \text{porcentagem de saturação} - \text{microporosidade}$$

A porosidade total foi obtida por meio da equação 4.

(4)

$$\text{Porosidade Total} = \text{microporosidade} + \text{macroporosidade}$$

Para determinar a densidade de partícula foram determinadas a densidade (Equação 1) e a porosidade total (Equação 4) de quatro amostras coletadas antes da implantação do primeiro experimento. A densidade de partícula foi calculada usando a equação (5):

(5)

$$\text{Densidade de partícula (g/cm}^3\text{)} = a/b$$

a = densidade do solo (massa em volume conhecido) (g)

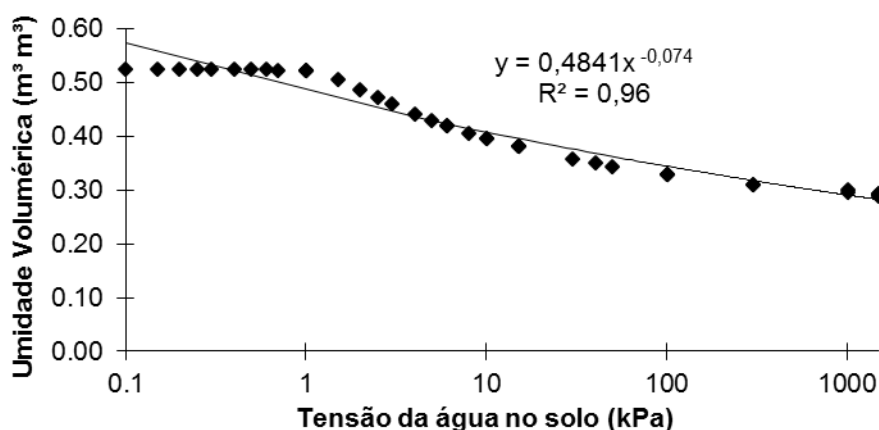
b = volume ocupado por sólidos (100 – porosidade total) (cm<sup>3</sup>)

**Tabela 2- Características físicas do solo utilizado no experimento. Dois Vizinhos, UTFPR, 2015.**

Granulometria (%)			Classe Textural	Micro (%)	Macro (%)	Porosidade Total (%)	Dp (g/cm <sup>3</sup> )	Ds (g/cm <sup>3</sup> )
Argila	Silte	Areia	Muito Argilosa	0,42	0,31	0,73	3,52	0,95
78,3	16,7	5,0						

**Microporosidade (Micro), Macroporosidade (Macro), Densidade de partícula (Dp) e solo (Ds).  
Fonte: O autor (2015)**

A curva de retenção de água no solo (Figura 3) foi determinada no Laboratório de Física e Água do Solo da Universidade de Passo Fundo, a partir de amostras não deformadas, coletadas a 0,10 m de profundidade, com seis repetições. Para determinação da umidade volumétrica dos pontos de baixa tensão (6, 10 kPa) foi usado os funis de placa porosa, para as tensões 100 e 300 kPa foi utilizado a câmara de Richards e funções de pedotransferência (MICHELON et al., 2010) para determinar a umidade na tensão de 1500 kPa.



**Figura 3 - Curva de retenção da água no solo a 0,10 m de profundidade. Fonte: O autor (2015)**

A relação entre tensão e umidade volumétrica, foi ajustada utilizando o modelo proposto por Van Genuchten (1980), descrito na equação (6).

(6)

$$\theta = \theta_r + \left( \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha |\Psi_m|)^n]^m} \right)$$

$\theta$  = umidade do solo à base de volume (m<sup>3</sup> / m<sup>3</sup>)

$\Psi_m$ : potencial matricial de água no solo (kPa)

$\theta_r$ : umidade volumétrica residual (m<sup>3</sup> / m<sup>3</sup>)

$\theta_s$ : umidade volumétrica na saturação (m<sup>3</sup> / m<sup>3</sup>)

$m$ ,  $n$  e  $\alpha$  = parâmetros de ajuste do modelo

O  $m$  foi obtido pela equação (7) (MUALEM, 1976).

(7)

$$m = 1 - \left(\frac{1}{n}\right)$$

Para o ajuste do modelo utilizou-se o programa computacional RETC (VAN GENUCHTEN et al., 1991), obtendo-se os parâmetros descritos na Tabela 03.

**Tabela 3 - Valores dos parâmetros de ajuste do modelo de Van Genuchten (1980). Dois Vizinhos, UTFPR, 2015**

Parâmetros*	Profundidade (0,10 m)
$\theta_r$	0,078
$\theta_s$	0,43
$\alpha$	0,036
$n$	1,56
$m$	0,359
$R^2$	0,95

\* $\theta_r$  = umidade volumétrica residual ( $m^3 / m^3$ );  $\theta_s$  = umidade volumétrica na saturação ( $m^3 / m^3$ );  $m$ ,  $n$  e  $\alpha$  = parâmetros de ajuste do modelo; Fonte: O autor (2015).

### 3.4 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

As mudas foram produzidas em bandeja de poliestireno expandido com 128 células, preenchidas com substrato comercial Tecnomax®. Os vasos de polietileno, com capacidade de 18 L foram preenchidos com solo e o transplante foi realizado quando as plantas atingiram entre quatro e seis folhas definitivas (SEGOVIA et al., 2000), 17 dias após a semeadura (DAS), nos dois experimentos. No experimento de 2015, o transplante foi realizado em seis de maio e a colheita em quinze de julho do mesmo ano (88 DAS). A colheita foi realizada quando a “cabeça” se apresentava firme ao tato (SEGOVIA et al., 2000). No segundo experimento o transplante foi realizado em primeiro de fevereiro e colheita em dez de abril de 2016 (87 DAE), sendo antecipada pela incidência de doenças.

Até o décimo dia a irrigação foi homogênea, para garantir o pegamento, posteriormente iniciou-se a diferenciação dos tratamentos. O manejo da irrigação foi realizado com base no potencial matricial da água no solo, determinado por tensiômetros. A lâmina líquida de irrigação foi aplicada manualmente, utilizando-se

uma proveta graduada, buscando distribuir uniformemente a água sobre a área do vaso.

No primeiro experimento foram instalados dois tensiômetros, para cada cultivar e tensão testada, já no segundo todas as unidades experimentais receberam um tensiômetro, instalado a 10 cm de profundidade, de acordo com procedimentos indicados por Marouelli (2008). As leituras de tensão foram realizadas diariamente ao final da tarde, com tensiômetro digital. Quando a média de tensão atingia a faixa de tensão do tratamento, a irrigação era realizada até atingir a capacidade de campo (CC) (Tabela 4).

A umidade do solo correspondente a tensão observada/medida foi determinada por meio da curva de retenção de água (Equação 6), considerando-se a profundidade do sistema radicular (100 mm), área do vaso (0,07 m<sup>2</sup>) e  $\theta$  atual o valor médio da faixa de tensão, calculando-se o volume de reposição (LLI) para atingir a CC (0,397 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>), conforme a equação 8 (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

(8)

$$LLI = (\theta_{CC} - \theta_{atual}) \cdot Z \cdot PAM$$

LLI = lâmina líquida de irrigação (mm)  
 $\theta_{CC}$  = umidade na capacidade de campo (m<sup>3</sup> / m<sup>3</sup>)  
 $\theta_{atual}$  = umidade atual (m<sup>3</sup> / m<sup>3</sup>)  
 Z = profundidade do sistema radicular (mm)  
 PAM = área do vaso (m<sup>2</sup>)

**Tabela 4 – Faixas de tensão de água no solo no momento da irrigação (tratamentos), lâmina de irrigação por aplicação (LIA), utilizadas durante a condução do experimento. Dois Vizinhos, UTFPR, 2015.**

Tratamentos (kPa)	LIA (L)
13-17	0,22
23-27	0,65
33-37	1,02
43-47	1,32

Fonte: O autor (2015)

Os dados climatológicos de temperatura média, umidade relativa do ar e radiação foram retirados da estação automática localizada na UTFPR Campus Dois Vizinhos. A evapotranspiração potencial foi estimada pelo método de Penman-Monteith, adaptado por Allen et al. (1998).

Os tratos culturais, controle de pragas e doenças, foram realizados de acordo com as recomendações de Segovia et al. (2000). A adubação foi calculada baseada no laudo laboratorial (Tabela 1) e na recomendação proposta por Segovia et al. (2000). A adubação nitrogenada foi dada em três aplicações de 40 kg/ha, no plantio, aos 15 e 30 dias após o transplante, já o fósforo e potássio, foram aplicados 100 kg/ha de  $P_2O_5$  e 40 kg/ha de  $K_2O$ , em única aplicação no preparo do solo nos vasos. Foi utilizada a mesma adubação nos dois experimentos.

### 3.5 VARIÁVEIS ANALISADAS

#### 3.5.1 Variáveis Fisiológicas

O Índice SPAD (*Soil Plant Analysis Development*) foi obtido utilizando clorofilômetro portátil, Clorofilog (Falker®) aos 70 dias após o transplante, sendo amostradas duas folhas expandidas do terço médio por planta.

As demais variáveis fisiológicas determinadas foram: taxa líquida de assimilação de  $CO_2$  ( $A$ ,  $\mu mol CO_2 m^{-2} s^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ,  $mol H_2O m^{-2} s^{-1}$ ), concentração intracelular de  $CO_2$  ( $C_i$ ,  $\mu mol CO_2 mol^{-1}$ ), taxa de transpiração ( $E$ ,  $mmol H_2O m^{-2} s^{-1}$ ), e eficiência interna no uso de água (EUA, %). A avaliação foi realizada entre as 09 e 11 horas da manhã em duas folhas por planta completamente desenvolvidas e saudáveis, uma no terço inferior e outra no médio da planta, aos 70 dias após o transplante. As medições foram realizadas somente no segundo experimento, devido a disponibilidade do equipamento.

Utilizou-se um sistema de medição de trocas gasosas equipado com analisador infravermelho de gases (IRGA) modelo LI-6400XT (LI-COR, Lincoln, Nebraska-USA), com injetor automático de  $CO_2$  e fonte artificial de luz. As condições na câmara de medida foram mantidas constantes durante as medições,  $1300 \mu mol m^{-2} s^{-1}$  de PAR (radiação fotossinteticamente ativa) e  $400 \mu mol CO_2 mol^{-1}$ .

#### 3.5.2 Massa da matéria fresca e seca da cabeça e massa seca das raízes

Posteriormente a colheita foram separados a parte aérea da raiz e pesadas em balança digital de precisão, para obtenção da massa da matéria fresca. Após as amostras foram levadas a estufa de secagem com temperatura de  $65^\circ C$  até peso

constante, quando foram pesadas novamente para obtenção da massa da matéria seca da cabeça e raízes.

### 3.5.3 Produtividade

Com base no espaçamento adotado, foi estimada a população por hectare e multiplicada pela massa da matéria fresca da cabeça, estimando-se a produtividade total, expressa em toneladas por hectare ( $t \cdot ha^{-1}$ ).

### 3.5.4 Circunferência da cabeça

Durante a colheita foi mensurada a circunferência da cabeça utilizando uma fita métrica, com resultado expresso em  $cm^{-1}$ .

### 3.5.5 Compacidade

Para avaliação da compacidade foram atribuídas notas de 0 a 5, sendo 0 para plantas com ausência total de cabeça formada, 1 para plantas com cabeça sem miolo definido, 2 para plantas que apresentam cabeça com miolo aparente e folhas periféricas soltas, 3 para plantas com cabeça que apresentem miolo definido e folhas iniciando a compactação na periferia, 4 para plantas com cabeça que apresentam miolo definido e folhas periféricas compactas mas que permitam uma individualização visual e 5 para cabeça com miolo compacto e sem individualização visual das folhas periféricas (SOUZA et al., 2013).

### 3.5.6 Número de irrigações e intervalo entre irrigações

O número de irrigações foi monitorado durante a condução dos experimentos, sendo que o intervalo foi obtido, pelo tempo em dias<sup>-1</sup> entre uma irrigação e outra.



### 3.5.7 Consumo de água

Ao final do experimento, com as informações de número de irrigações e lâmina líquida de irrigação, foi calculado o consumo total de água da cultura, para cada tratamento, sendo expresso em milímetros (mm).

### 3.5.8 Eficiência no uso da água

Calculada em função da produtividade (massa da matéria seca da cabeça) e da quantidade de água consumida pela cultura em cada tratamento durante o ciclo, de acordo com a equação (9) proposta por Doorenbos e Kassan (1994).

(9)

$$EUA = \frac{P}{W}$$

EUA – eficiência do uso da água ( $\text{kg m}^{-3}$ );  
P – produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ );  
W – quantidade de água aplicada ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ );

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

A temperatura média durante a condução do trabalho foi de 16,5°C no primeiro experimento e de 21,8°C no experimento de 2016 (Figura 4). Essa diferença é atribuída a época de condução dos experimentos, no primeiro a condução foi no período de outono-inverno e em 2016 no período de verão-outono. Verificou-se que, as condições de temperatura foram adequadas para a cultura, considerando que a maioria das cultivares de couve chinesa, inclusive as utilizadas no trabalho estão adaptadas a temperaturas entre 15 e 25°C (BRASIL, 2010).

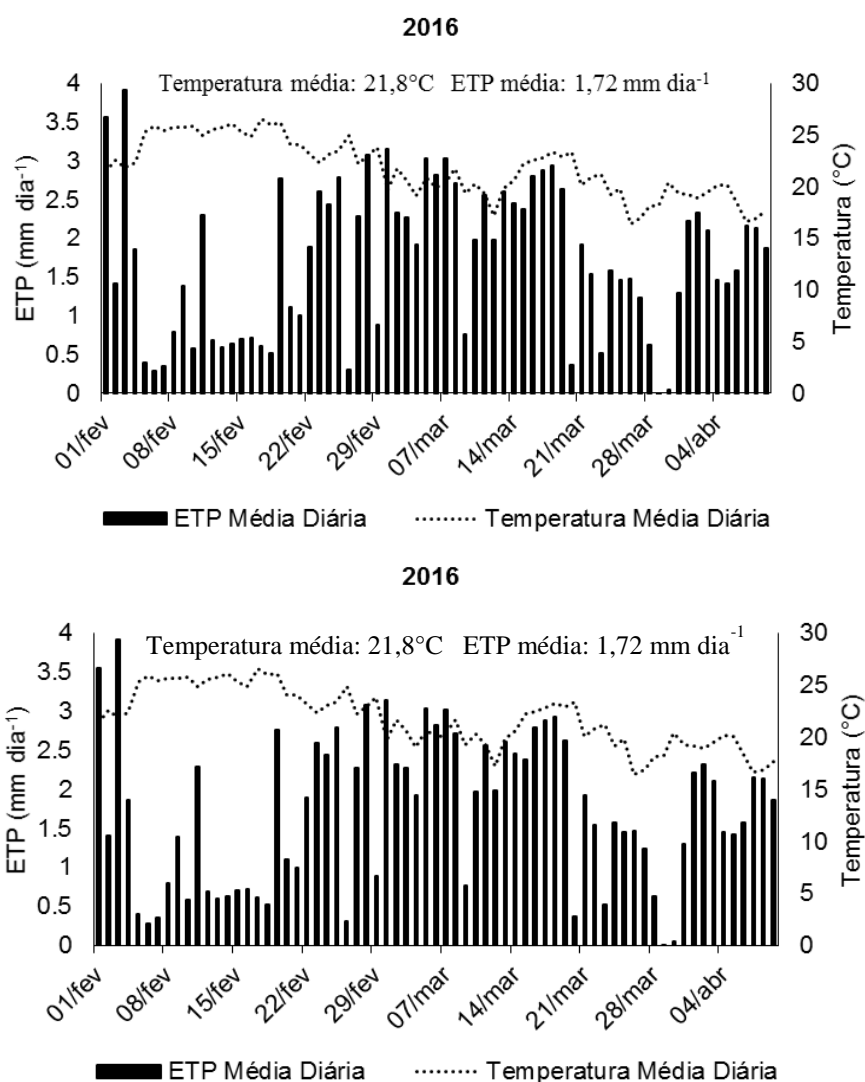


Figura 4 - Temperatura média diária (°C) e Evapotranspiração média diária (ETP mm dia<sup>-1</sup>) observadas durante a condução do experimento. Dois Vizinhos, UTFPR, 2016. Fonte: INMET (2015, 2016).

Não houve interação significativa entre as cultivares e as faixas de tensão de água no solo para todas as variáveis avaliadas no primeiro experimento. No segundo experimento, houve interação significativa apenas para as variáveis massa da matéria verde e seca da cabeça, produtividade e massa da matéria seca da raiz.

#### 4.2 VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS

Não foi observado diferença significativa entre as cultivares e entre as faixas de tensão de água no solo para a variável índice SPAD nos dois experimentos (Tabela 5).

O índice SPAD pode ser utilizado como indicativo do teor de clorofila da folha e na avaliação do estado nutricional das plantas, principalmente em relação ao nitrogênio. A síntese de clorofila depende de três fatores, genético, luminosidade e nutricional (FLOSS, 2011).

Considerando o valor médio de índice SPAD das cultivares 'Eikoo' e 'Kinjitsu' no primeiro experimento 44,4 e 46,7 e no segundo 36,4 e 38,5, respectivamente, nota-se uma redução do primeiro para o segundo cultivo. Possivelmente houve lixiviação do nitrogênio aplicado via adubação, pelo maior volume de água irrigado no segundo cultivo (209,8 mm) em relação ao primeiro (154,5 mm), considerando que as adubações foram iguais.

**Tabela 5 – Índice SPAD em plantas de couve chinesa submetidas a diferentes faixas de tensão de água no solo, em dois experimentos. Dois Vizinhos, UTFPR, 2016**

Tensões (KPa)	Índice SPAD					
	2015			2016		
	Cultivares		Média	Cultivares		Média
	'Eikoo'	'Kinjitsu'		'Eikoo'	'Kinjitsu'	
13-17	43,5	46,5	45,0 <sup>ns</sup>	36,6	36,5	38,9 <sup>ns</sup>
23-27	44,6	46,5	45,6	34,2	39,5	37,5
33-37	46,4	45,9	46,1	37,4	40,5	36,9
43-47	43,1	48,1	45,6	37,5	37,6	36,5
<b>Média</b>	44,4	46,7 <sup>ns</sup>	-	36,4	38,5 <sup>ns</sup>	-
<b>CV (%)</b>	14,0		-	12,4		-

<sup>ns</sup> não significativo pelo teste Scott-Knott ( $p > 0,05$ ). Fonte: O autor (2016).

A taxa de transpiração não foi influenciada pelas cultivares com valores de 5,1 e 4,5  $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para as cultivares 'Eikoo' e 'Kinjitsu', respectivamente, porém foi influenciada pelas faixas de tensão de água no solo (Tabela 6). Constatou-se que, na faixa de tensão 13-17 kPa houve maior taxa de transpiração ( $5,8 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), possivelmente pela maior disponibilidade de água em relação as demais faixas de tensão. A taxa transpiratória será mais elevada quanto maior for a disponibilidade de água para as plantas (FLOSS, 2011). Em condições de adequada disponibilidade de água, a planta mantém seus estômatos abertos, entretanto em situações de estresse hídrico ocorre o fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração.

A concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  não foi influenciada pelas cultivares e faixas de tensão de água no solo (Tabela 6). A concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  semelhante entre os tratamentos pode estar relacionada a elevação da temperatura da folha, ocorrendo o fechamento estomático, resultando na concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  semelhante entre os tratamentos.

Para a fotossíntese as cultivares 'Eikoo' ( $11,2 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e 'Kinjitsu' ( $11,8 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) não diferiram significativamente, porém as faixas de tensão de água no solo influenciaram nessa variável, onde os tratamentos com maior disponibilidade de água (13-17; 23-27 kPa) foram superiores aos demais (Tabela 6). Em condições de baixa disponibilidade hídrica, as raízes passam a sintetizar ácido abscísico (ABA), que quando alcança as folhas, inibe o crescimento da parte aérea, provendo também o fechamento dos estômatos (TAIZ & ZEIGER, 2004), reduzindo a fotossíntese. A redução da fotossíntese refletiu na massa da matéria seca da cabeça para a cultivar 'Eikoo' (Tabela 8). Quando comparamos as tensões 33-37 e 43-47 kPa ( $35,1 \text{ g planta}^{-1}$ ) com 13-17; 23-27 kPa ( $89,4 \text{ g planta}^{-1}$ ), tem-se uma redução de aproximadamente 60% na massa seca da cabeça, considerando o período de maior temperatura.

Para a variável condutância estomática as cultivares 'Eikoo' ( $0,21 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e 'Kinjitsu' ( $0,24 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), não diferiram significativamente. Porém, foi observado que a condutância estomática foi superior na menor faixa de tensão 13-17 kPa ( $0,30 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), sendo que as demais não diferiram significativamente entre si, com valor médio de  $0,21 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Tabela 6). A maior condutância estomática indica que os estômatos estavam abertos e com atividade superior na faixa de tensão 13-17 kPa em relação as demais. O fechamento dos estômatos é a primeira medida de defesa da planta perante ao estresse hídrico, com objetivo de

reduzir a perda de água por transpiração, conseqüentemente se tem uma redução na fotossíntese (MAGALHÃES FILHO et al., 2008).

As cultivares e as faixas de tensão de água no solo não exerceram influência na eficiência interna do uso da água (Tabela 6). A eficiência interna no uso da água (EUA) é a razão entre a taxa fotossintética e a taxa de transpiração. Apesar da redução na fotossíntese em razão do déficit hídrico, a eficiência do uso da água não foi afetada, possivelmente pela menor transpiração nos tratamentos 23-27, 33-37 e 43-47 kPa (Tabela 6).

**Tabela 6 - Taxa de transpiração (E), concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (Ci), fotossíntese (A), condutância estomática (gS) e eficiência interna no uso da água (EUA) em plantas de couve chinesa submetidas a diferentes faixas de tensão de água no solo. Dois Vizinhos, UTFPR, 2016.**

Tensões (KPa)	E (mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )			Ci (µmol CO <sub>2</sub> mol <sup>-1</sup> )		
	Cultivares			Cultivares		
	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média
13-17	6,2	5,4	5,8 a	283,5	291,0	287,3 <sup>ns</sup>
23-27	5,7	3,7	4,7 b	284,5	259,7	272,1
33-37	4,3	4,7	4,5 b	274,0	266,6	270,3
43-47	4,3	4,3	4,3 b	262,5	282,3	272,4
Média	5,1	4,5 <sup>ns</sup>	-	276,1	274,9 <sup>ns</sup>	-
CV (%)	22,8		-	11,4		-
Tensões (kPa)	A (µmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )			gS (mol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )		
	Cultivares			Cultivares		
	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média
13-17	13,2	13,7	13,5a	0,31	0,28	0,30 a
23-27	12,9	10,3	11,6b	0,21	0,25	0,23 b
33-37	9,2	11,8	10,5c	0,18	0,22	0,20 b
43-47	9,4	11,2	10,3c	0,16	0,24	0,20 b
Média	11,2	11,8 <sup>ns</sup>	-	0,21	0,24 <sup>ns</sup>	-
CV (%)	20,86		-	27,3		-
Tensões (KPa)	EUA (%)					
	Cultivares					
	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média			
13-17	0,28	0,27	0,28 <sup>ns</sup>			
23-27	0,26	0,27	0,27			
33-37	0,23	0,23	0,23			
43-47	0,23	0,22	0,23			
Média	0,25	0,25 <sup>ns</sup>	-			
CV (%)	22,8		-			

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott (p>0,05). <sup>ns</sup> não significativo pelo teste Scott-Knott (p>0,05). Fonte: O autor (2016).

### 4.3 VARIÁVEIS PRODUTIVAS

As cultivares 'Eikoo' (471,6 g planta<sup>-1</sup>) e 'Kinjitsu' (479,5 g planta<sup>-1</sup>) não diferiram significativamente entre si no primeiro cultivo. Porém, no segundo cultivo com a cultivar 'Eikoo' foi obtido maior massa verde da cabeça (1030,2 g planta<sup>-1</sup>) em relação a 'Kinjitsu' (567 g planta<sup>-1</sup>). A produtividade foi semelhante a massa da matéria verde da cabeça, onde a cultivar 'Eikoo' produziu 57,2 t ha<sup>-1</sup>, enquanto a 'Kinjitsu' 30,2 t ha<sup>-1</sup>. Essa resposta é condicionada a característica da cultivar, onde a 'Eikoo', pode produzir cabeças pesando em média 2,5 - 3,5 kg (HORTICERES, 2015), enquanto a cultivar 'Kinjitsu' apresenta peso médio da cabeça de 2,2 kg (TOPSEED, 2015). Com base nesse resultado, pode-se sugerir que as duas cultivares podem ser conduzidas, no período de outono-inverno, mas a 'Eikoo' também pode ser cultivada durante o período de verão.

Em trabalho avaliando desempenho de sete cultivares de couve chinesa na região de Cáceres - MT foi obtido massa fresca da cabeça variando entre 584 e 926,3 g planta<sup>-1</sup>, sendo que a cultivar 'Kinjitsu' apresentou 883,3 g planta<sup>-1</sup> (SEABRA; PEREIRA; ARAUJO, 2014), valor superior ao obtido nesse trabalho nos dois experimentos 479,5 e 567,0 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente. Por outro lado, a cultivar 'Eikoo' (800,5 g planta<sup>-1</sup>) teve massa fresca de cabeça inferior ao obtido neste trabalho (1030 g planta<sup>-1</sup>). As maiores produtividades alcançadas por SEABRA; PEREIRA & ARAUJO, (2014), (60,9 t ha<sup>-1</sup>) e por ITO et al. 2006 (57,5 t ha<sup>-1</sup>), foram inferiores a maior produção obtida neste estudo de 70,7 t ha<sup>-1</sup>, com a cultivar 'Eikoo', na faixa de tensão 13-17 kPa.

Com relação as faixas de tensão de água no solo, no primeiro cultivo a melhor faixa foi de 13-17 kPa (527,2 g planta<sup>-1</sup>), diferindo das demais, que não diferiram entre si (445,0 g planta<sup>-1</sup>). No segundo cultivo, a cultivar 'Kinjitsu' (567,0 g planta<sup>-1</sup>) não foi influenciada pelas faixas de tensão. Por outro lado, a cultivar 'Eikoo' teve massa fresca da cabeça superior nas faixas de tensão de 13-17 e 23-27 kPa, com 1272,5 e 1156,3 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente diferindo das faixas de tensão 33-37 e 43-47 kPa, com 892 e 800 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 7).

As faixas de tensão de água no solo estão relacionadas ao gasto de energia adicional que a planta faz para absorver água e utilizar em seus processos vitais, quando se reduz a disponibilidade da mesma pela redução de potencial matricial

(FLOSS, 2011). Dessa forma, os fotoassimilados resultantes do processo de fotossíntese, podem ter sido destinados a absorção de água e não sendo utilizados no crescimento da cultura.

Para brócolis (TANGUNE et al., 2016), ervilha (CARVALHO et al., 2012) e alface tipo americana (SANTOS; PEREIRA, 2004), quando submetidas a tensões de água no solo, variando de 15 a 120 kPa, obteve-se melhor resposta em termos produtivos, na tensão de 15 kPa. Para espécies da família brassicaceae, como brócolis e couve flor, são sugeridas tensões entre 10 e 12 kPa (THOMPSON; DOERGE; GODIN, 2002; THOMPSON; DOERGE; GODIN, 2000). Da mesma forma, Marouelli (2008), indica para folhosas em geral manter a tensão entre 10-20 kPa, buscando o valor menor para momentos críticos de desenvolvimento, onde se tem maior demanda hídrica, como transplante e formação da cabeça.

**Tabela 7 - Massa da matéria fresca da cabeça (MMVC) e produtividade de plantas de couve chinesa submetidas a diferentes faixas de tensão de água no solo, em dois cultivos. Dois Vizinhos, UTFPR, 2016.**

MMVC (g planta <sup>-1</sup> )						
Tensões (KPa)	2015			2016		
	Cultivares			Cultivares		
	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média
13-17	463,0	591,3	527,2 a	1272,5 Aa	517,3 Ba	894,9
23-27	441,5	458,0	449,8 b	1156,3 Aa	592,8 Ba	874,6
33-37	463,5	428,8	446,1 b	892,0 Ab	595,6 Ba	743,8
43-47	438,0	440,0	439,0 b	800,0 Ab	562,0 Ba	681,0
Média	471,6	479,5 <sup>ns</sup>	-	1030,2	567,0	-
CV (%)	10,9		-	16,0		-
Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )						
Tensões (KPa)	2015			2016		
	Cultivares			Cultivares		
	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média
13-17	25,7	32,8	29,3 a	70,7Aa	28,7Ba	49,7
23-27	24,5	25,4	24,9 b	64,2Aa	32,9Ba	48,6
33-37	25,8	23,8	24,8 b	49,6Ab	33,4Ba	41,5
43-47	24,3	27,8	26,1 b	44,2Ab	25,6Ba	34,9
Média	25,1	27,5 <sup>ns</sup>	-	57,2	30,2	-
CV (%)	10,9		-	16,04		-

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott (p>0,05). Fonte: O autor (2016).

No experimento de outono-inverno as cultivares 'Eikoo' (28,9 g planta<sup>-1</sup>) e 'Kinjitsu' (30,4 g planta<sup>-1</sup>) e as faixas de tensão de água no solo não influenciaram na massa seca da cabeça (Tabela 8). No segundo cultivo, a cultivar 'Kinjitsu' não foi

influenciada pelas faixas de tensão para as variáveis massa da matéria seca da cabeça e da raiz (Tabela 8). A cultivar 'Eikoo', teve massa da matéria seca da cabeça superior nas duas menores faixas de tensão 13-17 e 23-27, que não diferiram estatisticamente entre si (87,3 e 91,5 g planta<sup>-1</sup>). As faixas de tensão 33-37 e 43-47 diferiram significativamente das duas primeiras com 38,8 e 31,4 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente, mas não diferiram entre si. O maior acúmulo de massa da matéria seca confirma a resposta obtida pelas variáveis fisiológicas, onde foi constatada fotossíntese superior nas duas menores faixas de tensão.

No primeiro experimento, as cultivares 'Eikoo' (15,8 g planta<sup>-1</sup>) e 'Kinjitsu' (13,6 g planta<sup>-1</sup>) e as faixas de tensão de água no solo não influenciaram na variável massa seca da raiz (Tabela 8). Essa resposta não foi observada no segundo experimento, onde houve interação significativa e a cultivar 'Eikoo', teve massa da matéria seca das raízes inferior nas duas menores faixas de tensão 13-17 e 23-27 (25 e 28,3 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente) e as faixas de tensão 33-37 e 43-47 diferiram significativamente das duas primeiras com 38,0 e 40,0 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente. Esse resultado indica um maior crescimento radicular nas tensões com menor disponibilidade de água e com maior intervalo entre as irrigações. A menor disponibilidade de água, intensificou o crescimento radicular em profundidade, conseqüente acumulando maior massa seca. Logo, o gasto energético dispensado ao crescimento radicular não estava disponível para o acúmulo de massa seca da cabeça, o que pode ter contribuído para a menor massa seca aérea nessas faixas de tensão.

As faixas de tensão de água no solo não influenciaram no crescimento das raízes da cultivar 'Kinjitsu', obtendo-se 20,4 g planta<sup>-1</sup>, valor significativamente inferior ao obtido com a cultivar 'Eikoo' de 32,8 g planta<sup>-1</sup> (Tabela 8). A não diferenciação da massa seca de raízes possivelmente está relacionada ao acúmulo de massa seca da cabeça semelhante nas faixas de tensão estudadas para a cultivar 'Kinjitsu', não havendo um desenvolvimento intenso das raízes para atender a demanda da parte aérea, como ocorreu na cultivar 'Eikoo'. Esse menor desenvolvimento pode também estar relacionado a não adaptação da cultivar 'Kinjitsu' as condições de climáticas do período de verão-outono.



**Tabela 8 - Massa da matéria seca da cabeça (MMSC) e massa da matéria seca da raiz (MMSR) de plantas de couve chinesa submetidas a diferentes faixas de tensão de água no solo, em dois experimentos. Dois Vizinhos, UTFPR, 2016.**

MMSC (g planta <sup>-1</sup> )						
Tensões (KPa)	2015			2016		
	Cultivares			Cultivares		
	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média
13-17	30,0	30,0	30,0 <sup>ns</sup>	87,3 Aa	39,3 Ba	63,3
23-27	27,5	33,0	30,3	91,5 Aa	40,5 Ba	66,0
33-37	28,0	27,5	27,7	38,8 Ab	36,8 Aa	37,8
43-47	30,0	31,0	30,5	31,4 Ab	41,5 Aa	36,5
Média	28,9	30,4 <sup>ns</sup>	-	62,3	39,5	-
CV (%)	17,0		-	23,9		-
MMSR (g planta <sup>-1</sup> )						
Tensões (KPa)	2015			2016		
	Cultivares			Cultivares		
	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média
13-17	17,0	13,0	15 <sup>ns</sup>	25,0 Ab	20,3 Ba	22,7
23-27	17,0	15,0	16,0	28,3 Ab	20,8 Ba	24,6
33-37	15,0	13,1	14,0	38,0 Aa	19,5 Ba	28,8
43-47	14,0	13,0	13,6	40,0 Aa	21,0 Ba	30,5
Média	15,8	13,6 <sup>ns</sup>	-	32,8	20,4	-
CV (%)	17,9		-	24,1		-

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ( $p>0,05$ ). <sup>ns</sup> não significativo pelo teste Scott-Knott ( $p>0,05$ ). Fonte: O autor (2016).

As faixas de tensão de água no solo não influenciaram nas variáveis circunferência da cabeça e compacidade (Tabela 9). Apenas a circunferência da cabeça foi influenciada pelas cultivares, onde a 'Eikoo' (35,8 cm) foi superior a 'Kinjitsu' (31,0 cm). Atribui-se essa resposta a maior massa fresca da cabeça obtida com a cultivar 'Eikoo', sendo uma característica intrínseca da cultivar.

A compacidade é valorizada pelos consumidores, sendo usada como indicativo da formação adequada da cabeça, os valores encontrados neste trabalho variam entre 2,5 e 3,5 no primeiro experimento e 1,3 e 2,5 no segundo. Dessa forma, houve uma formação mais adequada da cabeça no primeiro experimento, considerando que valores mais próximos a cinco, representam uma cabeça de melhor qualidade (SEABRA; PEREIRA; ARAUJO, 2014). SEABRA; PEREIRA & ARAUJO, (2014), estudando sete cultivares de couve chinesa encontraram valores variando de 1 à 4,3, sendo que a cultivar 'Kinjitsu' apresentou 2,9. Esse valor é inferior ao obtido no primeiro experimento (3,0), porém superior ao obtido no segundo experimento (2,2) para a cultivar 'Kinjitsu'.

Observa-se numericamente que, a compacidade foi inferior no segundo experimento, podendo isso ser associado a colheita precoce da cultura. No final do ciclo houve intensa incidência de erwinia (*Erwinia carotovora*), principalmente na

cultivar 'Kinjitsu', sendo necessário a realização antecipada da colheita, não havendo formação total da cabeça.

**Tabela 9 - Circunferência da cabeça e compacidade de plantas de couve chinesa submetidas a diferentes faixas de tensão de água no solo, em dois experimentos. Dois Vizinhos, UTFPR, 2016.**

Circunferência da cabeça (cm <sup>-1</sup> )						
Tensões (KPa)	2015			2016		
	Cultivares			Cultivares		
	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média
13-17	38,8	36,4	37,6 <sup>ns</sup>	31,8	36,5	34,2 <sup>ns</sup>
23-27	38,6	37,8	38,2	35,3	34,0	34,6
33-37	38,5	32,5	35,5	37,8	30,3	34,0
43-47	37,6	38,0	37,8	38,3	33,3	35,8
Média	38,4	36,2 <sup>ns</sup>	-	35,8 A	31,0 B	-
CV (%)	8,9		-	10,6		-
Compacidade						
Tensões (KPa)	2015			2016		
	Cultivares			Cultivares		
	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média
13-17	3,0	3,5	3,3 <sup>ns</sup>	1,8	1,8	1,8 <sup>ns</sup>
23-27	2,5	3,3	2,9	1,3	2,3	1,8
33-37	2,8	2,5	2,6	1,8	2,5	2,1
43-47	2,8	2,8	2,8	2,5	2,3	2,4
Média	2,8	3,0 <sup>ns</sup>	-	1,8	2,2 <sup>ns</sup>	-
CV (%)	24,6		-	36,1		-

\* <sup>ns</sup> não significativo pelo teste Scott-Knott ( $p > 0,05$ ). Fonte: O autor (2016).

#### 4.4 VARIÁVEIS RELACIONADAS AO MANEJO DA IRRIGAÇÃO

As cultivares não responderam de maneira diferenciada para as variáveis relacionadas ao manejo da irrigação nos dois experimentos (Tabela 10). As faixas de tensão de água no solo influenciaram no número de irrigações, no intervalo entre elas e no consumo de água em ambos os experimentos. Onde, o aumento das faixas de tensão reduziu o número de irrigações e por consequência aumentou o intervalo entre elas, contudo aumentou o consumo de água em 63 e 52% no primeiro e no segundo experimento, comparando-se o consumo da tensão 13-17 kPa com a 43-47 kPa. Com o aumento das faixas de tensão busca-se reduzir o número de irrigações, fato esse demonstrado pelos resultados do presente estudo. Contudo, esse maior intervalo entre uma irrigação e outra pode resultar em estresse hídrico reduzindo a produtividade e aumentar o consumo de água, como foi observado neste trabalho.

Resultados semelhantes foram obtidos para alface tipo americana conduzida em ambiente protegido, sob tensões de água no solo (15, 30, 45, 60, 75 e 90 kPa),

onde o consumo de água obtido foi crescente até 60 kPa, com valores de 153, 146 e 167 mm, após isso houve redução no consumo (SANTOS; PEREIRA, 2004). Em contraste, SILVA et al. (2015), estudando tensões (15, 25, 35, 45, 55 e 65 kPa) para a cultura da beterraba observaram redução no consumo de água, com o aumento das tensões de água no solo.

Nota-se variação entre o primeiro e o segundo experimento, observando-se aumento no número médio de irrigações (15,8 para 23,1), redução no intervalo médio entre irrigações (3,2 para 2,7 dias) e aumento do consumo (154,6 e 209,8 mm). Esses resultados podem ser relacionados a menor evapotranspiração potencial e temperatura média, observadas no primeiro experimento (0,78 mm dia<sup>-1</sup>; 16,5°C) em relação ao segundo (1,72 mm dia<sup>-1</sup>; 21,8°C). A evapotranspiração pode ser utilizada como um valor indicativo de demanda evapotranspirativa da cultura, assim cultivos conduzidos no verão possivelmente terão maior consumo de água.

**Tabela 10 - Número de irrigações (NI), intervalo entre irrigações e consumo de água em plantas de couve chinesa submetidas a diferentes faixas de tensão de água no solo, em dois experimentos. Dois Vizinhos, UTFPR, 2016.**

Tensões (KPa)	NI					
	2015			2016		
	Cultivares		Média	Cultivares		Média
'Eikoo'	'Kinjitsu'	'Eikoo'		'Kinjitsu'		
13-17	25,0	25,0	25,0a	41,3	39,8	40,5a
23-27	15,0	15,0	15,0b	21,5	21,5	21,5b
33-37	13,0	11,0	12,0c	16,3	14,3	15,2c
43-47	12,0	10,0	11,0d	16,5	13,5	15,0c
Média	16,3	15,3 <sup>ns</sup>	-	23,9	22,3 <sup>ns</sup>	-
CV (%)	6,0		-	15,2		-
Intervalo entre Irrigações (dia <sup>-1</sup> )						
	Cultivares			Cultivares		
	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média
13-17	1,9	1,5	1,7c	1,3	1,3	1,3c
23-27	3,1	3,1	3,1b	2,6	2,6	2,6b
33-37	3,7	4,3	4,0a	3,3	3,8	3,6a
43-47	3,5	4,1	3,8a	3,1	4,0	3,5a
Média	3,0	3,3 <sup>ns</sup>	-	2,89	2,58 <sup>ns</sup>	-
CV (%)	0,75		-	17,7		-
Consumo de Água (mm)						
	Cultivares			Cultivares		
	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média
13-17	78,6	78,1	78,3d	149,6	124,0	136,8c
23-27	139,3	139,3	139,3c	199,6	199,9	199,7b
33-37	204,3	172,6	188,5b	234,9	205,3	220,1b
43-47	231,4	192,6	212,0a	311,1	254,6	282,9a
Média	163,4	145,7 <sup>ns</sup>	-	223,8	195,7 <sup>ns</sup>	-
CV (%)	6,24		-	11,4		-

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott (p>0,05). Fonte: O autor (2016).

Para a eficiência no uso da água, as cultivares responderam de maneira diferente, no primeiro experimento a 'Kinjitsu' foi mais eficiente (22,2 kg m<sup>-3</sup> água), porém no segundo a 'Eikoo' (28,7 kg m<sup>-3</sup> água) teve eficiência superior (Tabela 11). Essa maior eficiência da cultivar 'Eikoo' durante o cultivo de verão é resultado da sua maior capacidade produtiva nessas condições.

As faixas de tensão de água no solo influenciaram na eficiência do uso da água, nos dois cultivos (Tabela 11). Os maiores valores obtidos foram 42,1 kg m<sup>-3</sup> água no primeiro cultivo e 47,3 kg m<sup>-3</sup> água no segundo cultivo, para as cultivares 'Kinjitsu' e 'Eikoo', respectivamente, na faixa de tensão 13-17 kPa. A eficiência na utilização da água foi decrescente com o aumento das faixas de tensão de água no solo. Nos tratamentos com menor disponibilidade de água, o consumo de água foi superior nos dois cultivos e a produtividade não foi crescente, resultando em uma menor eficiência no uso da água.

Resultados semelhantes foram obtidos em alface, tipo americana, quando submetidas a tensões de água no solo (15, 30, 45, 60, 75 e 90 kPa) a maior eficiência no uso da água foi obtida sob tensão 15 kPa (SANTOS; PEREIRA, 2004). Por outro lado, na cultura do brócolis, o uso de diferentes tensões de água no solo (15, 30, 45, 60, 75 e 90 kPa), não resultou em diferença na eficiência do uso da água (TANGUNE et al., 2016).

**Tabela 11 - Eficiência na utilização da água de plantas de couve chinesa submetidas a diferentes faixas de tensão de água no solo. Dois Vizinhos, UTFPR, 2016.**

Eficiência na utilização da água (kg MMSC m <sup>-3</sup> água)						
Tensões (KPa)	2015			2016		
	Cultivares			Cultivares		
	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média	'Eikoo'	'Kinjitsu'	Média
13-17	32,7	42,1	37,4 a	47,3	23,2	35,3a
23-27	17,6	18,3	18,0 b	32,2	16,5	24,4b
33-37	12,6	13,8	13,2 c	21,1	16,3	18,7b
43-47	10,5	14,4	12,4 c	14,2	10,1	12,2c
Média	18,4 B	22,2 A	-	28,7 A	16,5 B	-
CV (%)	11,1		-	22,1		-

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott (p>0,05). Fonte: O autor (2016).

## 5 CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi conduzido e com os resultados obtidos, conclui-se que:

- a) As duas cultivares 'Eikoo' e 'Kinjitsu' podem ser conduzidas no período de outono-inverno.
- b) Durante o período de verão a cultivar 'Eikoo' foi mais produtiva.
- c) A faixa de tensão entre 13-17 kPa, possibilitou a obtenção de maior produtividade e eficiência no uso da água.
- d) O menor consumo de água foi observado na faixa de tensão entre 13-17 kPa.

## 6 REFERÊNCIAS

Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D., Smith, M. Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements. FAO, Roma, Irrigation and Drainage Paper 56, 300p. 1998.

ALVARES, C. A. et al. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, n. 22, p.711-728, 2013.

ARNOLD, C. Y. et al. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. In: **Proceedings. American Society for Horticultural Science**. 1960. p. 682-92.

AZEVEDO, J. A de; SILVA, E. M. **Tensiômetro: Dispositivo prático para controle da irrigação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 33 p. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/download/1349/t>>. Acesso em: 01 maio 2015.

BERNARDO, Salassier; SOARES, Antônio Alves; MANTOVANI, Everardo Chartuni. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa: Ufv, 2006. 625 p.

BRASIL. ABNOR GONDIM. (Ed.). **Catálogo Brasileiro de Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças & Sebrae, 2010. 60 p.

CARVALHO, J. de A. et al. Produção da ervilha cultivada em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p.44-50, 2012.

CONAB. **Prohort - Produtos nas Ceasas**. 2015. Disponível em: <<http://dw.prohort.conab.gov.br/pentaho/Prohort>> Acesso em: 25 abr. 2015.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p. 2006

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina grande: UFPB, 1994. 306 p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo** / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EVANGELISTA, R. M. et al. Qualidade de couve-chinesa minimamente processada e tratada com diferentes produtos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 2, n. 29, p. 324-332, 2009.

FILGUEIRA, Fernando Antonio Reis. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. °3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 421 p.

FLOSS, Elmar Luiz. **Fisiologia das Plantas Cultivadas**. 5. ed. Passo Fundo: Upf, 2011. 734 p.

HORTICERES. **Couve chinesa hib. 'Eikoo' . Resultados de campos continuam excelentes** 2015. Disponível em: <<http://www.horticeres.com.br/noticerres/couve-chinesa-hib-'Eikoo'> >Acesso em: 25 abr. 2015.

ITO, L. A. et al. Produtividade e qualidade de cinco híbridos de couve-chinesa em campo aberto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 2006, Goiânia. **Anais do 46 Congresso Brasileiro de Olericultura** . Goiânia: ABH, 2011. Disponível em: <[http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/46\\_0248.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/46_0248.pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2015.

KLEIN, Vilson Antonio. **Física do Solo**. 3. ed. Passo Fundo: UPF, 2014. 263 p.

LIMA, E. M. de C. et al. Rendimento da pimenta cayenne em função de diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, p.1181-1187, 2013.

LIMA JUNIOR, J. A. et al. Desempenho de cultivares de cenoura em função da água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 5, p.514-520, 2012.

LOPES, J. C; MACEDO, C. M. P de. Germinação de sementes de couve chinesa sob influência do teor de água, substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 79-85, 2008.

MAGALHAES FILHO, J. R.; AMARAL, L. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranjeira 'Valência'sobre dois tipos de porta-enxerto. **Bragantia**, v. 67, n. 01, p. 75-82, 2008.

MANTOVANI, Everardo Chartuni; BERNARDO, Salassier; PALARETTI, Luiz Fabiano. **Irrigação: princípios e métodos**. 3. ed. Viçosa: Ufv, 2009. 355 p.

MARQUELLI, Waldir A. **Tensiômetros para Controle de Irrigação em Hortaliças**. Brasília: Embrapa, 2008. 15 p. Disponível em: <[http://bbeletronica.cnph.embrapa.br/2008/ct/ct\\_57.pdf](http://bbeletronica.cnph.embrapa.br/2008/ct/ct_57.pdf)>. Acesso em: 18 abr. 2015.

MARQUELLI, Waldir A.; SILVA, Washington LC. Water tension thresholds for processing tomatoes under drip irrigation in Central Brazil. **Irrigation Science**, v. 25, n. 4, p. 411-418, 2007. Disponível em: < <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00271-006-0056-6> >. Acesso em: 18 abr. 2015

MICHELON, Cleudson J. et al. Funções de pedotransferência para estimativa da retenção de água em alguns solos do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 40, n. 4, p. 848-853, 2010.

MUALEM, Y.A. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. **Water Resource Research**, Washington, v. 12, p. 513-522, 1976.

PASCUAL, P. R. L.; JARWAR, A. D; NITURAL, P. S. Fertilizer, fermented activators, and EM® utilization in pechay (*Brassica pekinensis* L.) Production. **Pakistan Journal of Agriculture, Agriculture Engineering Veterinary Sciences**, Tandojam Pakistan, v. 29, n. 01, p.56-69, jan. 2013.

PERUCH, L. A. M; MICHEREFF, S. J.; ARAÚJO, I. B. Levantamento da intensidade da alternariose e podridão negra em cultivos orgânicos de brássicas em Pernambuco e Santa Catarina. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 4, p. 464-469, 2006. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/hb/v24n4/14.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2015.

SALVADOR, Carlos Alberto. **Olericultura - Análise da Conjuntura Agropecuária**. [s. l.]: Seab - Paraná, 2012. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=32>>. Acesso em: 30 abr. 2015.

SANTOS, Silvânio R dos; PEREIRA, Geraldo M.. Comportamento da Alface, tipo americana sob diferentes tensões de água no solo, em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p.569-577, set/dez. 2004.

SEABRA, S. J; PEREIRA, A. S; ARAUJO, K. L. Desempenho de cultivares de couve chinesa em Cáceres - MT. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 32, n. 4, p.504-507, dez. 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v32n4/102-0536-hb-32-04-00504.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2015.

SEGOVIA, J. F. O. et al. **O cultivo de couve chinesa no Amapá**. Macapá: Embrapa Amapá, 2000. 20 p. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/350743/1/AP2000cultivocouvechinesa.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2015.

SILVA, A. O. et al. Desenvolvimento de cultivares de beterraba sob diferentes tensões da água no solo. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 33, n. 1, p.12-18, jan/mar. 2015.

SILVA, A. M. F. et al. Levantamento da intensidade da podridão-mole em alface e couve-chinesa em Pernambuco. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 2, p. 84-93 2007. Disponível em:<<http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/viewFile/316/118>>. Acesso em: 18 abr. 2015.

SILVA, M. B. et al. Incidência de pendoamento em couve-chinesa cultivadas sob campo aberto e telados. In: 51º CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 2011, Viçosa. **Anais do Congresso Brasileiro de Olericultura**. Viçosa: Horticultura Brasileira, 2011. v. 29, p. 119 - 125.

SMITTLE, D. A.; DICKENS, W. L.; STANSELL, J. R. Irrigation regimes affect cabbage water use and yield. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 119, n. 1, p. 20-23, 1994. Disponível em:< <http://journal.ashspublications.org/content/119/1/20.short>>. Acesso em: 18 abr. 2015



SOUZA, A. L. et al. COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE ALFACE AMERICANA SOB CLIMA TROPICAL1. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 4, p.123-129, dez. 2013. Disponível em: <[http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/download/2829/pdf\\_79](http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/download/2829/pdf_79)>. Acesso em: 25 abr. 2015.

TAGUNE, Félix B.; PEREIRA, Geraldo M.; SOUSA, Rovilson J de.; GATTO, Rafael F. Produção de brócolis irrigado por gotejamento, sob diferentes tensões de água no solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 1, p. 7-16, jan./fev. 2016

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. Ed. Porto Alegre: ARTMED, p.309-334. 2004.

TESSARO, D. et al. Produção agroecológica de mudas e desenvolvimento a campo de couve-chinesa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 5, p.831-837, maio 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v43n5/a12813cr5638.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2015.

THOMPSON, T. L.; DOERGE, T. A.; GODIN, R. E. Subsurface drip irrigation and fertigation of broccoli. **Soil Science Society of America Journal**, v. 66, n. 1, p. 186-192, 2002. Disponível em: < <https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/66/1/186> >. Acesso em: 01 maio 2015

THOMPSON, T. L.; DOERGE, T. A.; GODIN, R. E. Nitrogen and Water Interactions in Subsurface Drip-Irrigated Cauliflower II. Agronomic, Economic, and Environmental Outcomes. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, n. 1, p. 412-418, 2000. Disponível em:< <https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/64/1/412>. Acesso em: 01 maio 2015.

TOPSEED. **Sementes couve chinesa híbrida 'Kinjitsu' R F1**. 2015. Disponível em: <http://agristar.com.br/topseed-premium/couve-chinesa-hibrida/'Kinjitsu'-r-f1/337> Acesso em: 25 abr. 2015.

VAN GUENUCHEN, M.T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.

VAN GENUTCHTEN, M. Th.; LEIJ, F.J.; YATES, S.S. **The RETC code for quantifying the hydraulic function of unsaturated soils**: version 6.02 V.S. Riverside: USDA, Salinity Laboratory, 1991. Disponível em:<<http://www.pc-progress.com/en/Default.aspx?retc-downloads>>. Acesso em: 20 abr. 2015.