



PEDRO RODOLFO BIANCHIM DE OLIVEIRA

**EFEITO DA ÁGUA MAGNETIZADA NA CURVA DE
RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO EM CONDIÇÃO DE
CAMPO**

**LAVRAS – MG
2019**

PEDRO RODOLFO BIANCHIM DE OLIVEIRA

**EFEITO DA ÁGUA MAGNETIZADA NA CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO
SOLO EM CONDIÇÃO DE CAMPO**

Monografia apresentada ao Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Engenharia Agrícola para a obtenção do título de Engenheiro Agrícola.

Prof. Dr. Fabio Ponciano de Deus

Orientador

**LAVRAS-MG
2019**

PEDRO RODOLFO BIANCHIM DE OLIVEIRA

**EFEITO DA ÁGUA MAGNETIZADA NA CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO
SOLO EM CONDIÇÃO DE CAMPO**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Engenharia Agrícola para a obtenção do título de Engenheiro Agrícola.

APROVADO em 14 de Novembro de 2019
Prof.Dr. Fabio Ponciando de Deus
Prof Dr Adriano Valentim Diotto
Mestranda Lis Tavares Ordones Lemos

Prof. Dr.Fabio Ponciano de Deus

Orientador

LAVRAS-MG

2019

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas passaram por essa jornada tão especial e decisiva em minha vida, o curso de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Lavras, e a cada uma delas devo um pouco do meu agradecimento.

Agradeço à Deus, pelo dom da vida.

Agradeço à Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade da graduação em Engenharia Agrícola.

Agradeço a minha família, minha mãe, Maria de Fátima Bianchim, meu pai, Elsio de Oliveira e minha irmã Maria Paula Bianchim de Oliveira, por me apoiarem a todo momento, e estarem sempre ao meu lado.

Agradeço a empresa júnior Enagri Jr – Projetos e Consultoria Agrícola, que me transformou no profissional e pessoa que sou hoje.

Agradeço a república ViraCopos, por ser minha família em Lavras

Agradeço a minha namorada, Erika Tokuda, por estar ao meu lado sempre, me ajudando em todas as ocasiões.

Agradeço ao professor Fabio Ponciano de Deus e a mestrande Lis Tavares Ordones Lemos, por tornar possível o presente trabalho, e dar a oportunidade de trabalharmos juntos.

Muito Obrigado!

RESUMO

A irrigação é uma prática da agricultura que consiste na aplicação artificial da água para suprir a deficiência total ou parcial de água utilizada na produção agrícola. O Brasil, apesar de utilizar uma pequena parte do seu potencial, está entre os países com o maior potencial irrigável do mundo. Entretanto, segundo a Organizações das Nações Unidas (ONU), a irrigação é responsável por mais de 70% das água outorgadas no Brasil. Esse número se dá, entre outros fatores, devido à não existência de um programa de manejo de irrigação nas produções. Com o manejo de irrigação é possível economizar água e diminuir as horas de trabalho de funcionamento do motor, beneficiando diretamente o produtor e o meio ambiente. A curva de retenção de água no solo relaciona o teor de água no solo com a tensão com que ela está retida, podendo, através dela se estimar a disponibilidade de água no solo para as plantas, e assim fazer um manejo adequado. Objetivou-se no presente experimento comparar curvas de retenção de água em um solo Latossolo Vermelho Distróférrico geradas com dados obtidos com a utilização de água magnetizada e água comum, tanto em campo, como em laboratório. Em campo, após a saturação de dois canteiro com 2,88m², obteve-se as tensões com o auxílio de 15 tensiômetros. 3 Amostras de solos eram retiradas no momento das leituras e obtida sua umidade pelo método padrão da estufa, até que as leituras do tensiômetros atingisse aproximadamente 80kpa. Para o procedimento em laboratório, uma amostra representativa de solo de cada canteiro foi peneirada, saturada e colocada em três anéis de PVC para se realizar o procedimento em mesa de tensão de 0,1 a 1mca e em câmara de Richards a 1 bar. Os dados obtidos foram analisados e obteve-se modelos matemáticos gerados em planilha Excel. O modelo logarítmico se ajustou melhor aos dados obtidos. Os dados gerados em laboratório melhor se ajustaram com coeficiente de determinação de 95%, já para os dados em campo foram de 80% para água magnetizada e 94% para água comum.

Palavras chave: Tensiômetros. Consumo de Água. Tratamento Magnético da Água.

ABSTRACT

The irrigation is a practice of agriculture which the artificial application of water is made to supply the total or partial deficiency of water used in agricultural production. Brazil despite using a small part of its potential is among the countries with the largest irrigated area in the planet. However, according to the United Nations (UN), the irrigation is responsible for over 70% of water consumption in the country. This number occurs among other factors, due to the lack of an irrigation management program in the productions. With irrigation management it is possible to save water and reduce engine operating hours, directly benefiting the farmer and the environment. The soil water retention curve correlates the soil water content with the tension with which it is retained, through which it is possible to estimate the availability of soil water to the plants, and thus make proper management. The objective of the experiment was to compare water retention curves in a Dystrophic Red Latosol soil generated with data obtained with the use of magnetized water and common water, both in the field and in the laboratory. In the field, after the saturation of a 2.88m² flowerbed, the tension was obtained with the aid of 15 tensiometers. 3 soil samples were taken at the time of readings and their moisture was obtained until the tensiometers readings reached approximately 80kPa. For the laboratory procedure, a representative soil sample was sieved, saturated and placed in three PVC rings to perform the procedure in a 0.1 to 1 mca tension table and in a 1 bar Richards chamber. The obtained data were analyzed and mathematical models generated in Excel spreadsheet. The logarithmic model fitted the data better. The data generated in the laboratory fit better with a coefficient of 95%, whereas for field data it was 80% for magnetized water and 94% for common water.

Keywords: Tensiometers. Water Consumption. Magnetic Water Treatment

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.	7
2	OBJETIVO	9
3	REFERENCIAL TEORICO.	10
3.1	Retenção e movimento de água no solo	10
3.2	Curva de retenção de água no solo	11
3.3	Manejo da irrigação via solo.	14
3.4	Influência da água magnetizada na produção de cultivos	16
4	MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1	Preparação do solo e canteiros	19
4.2	Fabricação e instalação dos tensiômetros	20
4.3	Medição e coleta dos dados	24
5	RESULTADO E DISCUSSÃO	25
6	CONCLUSÃO	30
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, num mundo de alto crescimento populacional e globalizado, os custos e a escassez de água de qualidade vêm crescendo. Fato que leva muitos profissionais a pesquisarem e estudarem diversas formas de utilização mais eficiente e consciente da água (CETESB 2014).

O agronegócio é um setor essencial na economia e na vida da população, porém é um dos setores que mais consome água. De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), 72% da água outorgadas no Brasil é utilizada na irrigação.

Define-se irrigação, como sendo um conjunto de técnicas utilizadas para deslocar água em quantidade certa para o local certo, deixando-a disponível para as plantas. Existem diversos tipos e sistemas de irrigação, sendo de total importância a escolha correta e o projeto adequando do sistema pra otimizar o uso da água, garantindo uma produtividade alta e mais sustentável (CHRISTOFIDIS 2013).

Por outro lado, a escolha correta e um projeto adequado não garante o melhor aproveitamento dos recursos hídricos, sendo de essencial importância a adoção de uma metodologia eficiente de manejo da irrigação, definindo o momento e a quantidade ideal de água para as plantas, proporcionando aumento da produtividade e da qualidade do produto (CÂMARA 2007).

Existem várias formas de se fazer o manejo da irrigação, sendo uma delas a utilização da curva de retenção de água no solo, onde se consegue obter um intervalo de umidade em diferentes tipos e formações do solo uteis para a planta. O solo possui espaços chamados de poros, por onde a água se movimenta ou/e fica retida sob a ação de forças de retenção que surgem entre suas moléculas e as partículas minerais e catiônicas do solo (REINERT et al 2006).

Através da umidade e da força de retenção de água no solo é possível a obtenção de uma curva, denominada curva de retenção de água no solo (NETTO 2007). A avaliação dessa curva nos permite uma estimativa rápida e eficiente da disponibilidade de água que a planta tem em determinado solo, determinando também a capacidade máxima de armazenamento de água no solo na profundidade pré- estabelecida.

Essa curva é geralmente determinada em laboratório, com o uso de amostras de solo indeformadas, submetendo-as a diferentes tensões. Posteriormente pode-se obter uma equação que caracteriza a curva, e determinar a umidade solo para qualquer leitura de tensão.

Comparando a umidade de capacidade de campo do solo obtida pela curva com a

umidade ideal para determinada planta, é possível saber a quantidade certa de água que a irrigação deve disponibilizar para a planta (FRIZZONE 2017).

Novas frentes de estudos devem continuar surgindo para se reduzir ainda mais os desperdícios dos recursos hídricos, e uma delas é a utilização da água magnetizada na irrigação. Alguns experimentos têm mostrado benefícios produtivos e na economia de água no uso de água tratada magneticamente na irrigação de diversos cultivos (SILVA 2018). De acordo com Toledo et al (2008) a água submetida a um campo magnético afeta o fenômeno da troca iônica, e todos os elétrons passam a ter a mesma polaridade da fonte de magnetização, como polos iguais se repelem as moléculas se separam, fragmentando os grandes aglomerados, os transformando e agrupamento moleculares menores. Tai et al (2008) observaram que a água quando submetida ao magnetismo, está sujeita a modificações em suas propriedades, incluindo o pH, força iônica, tensão superficial, tornando-se mais energética e com maior capacidade de movimentação.

2 OBJETIVO

Objetivou-se nesse trabalho a elaboração e a avaliação de curvas de retenção de água no solo em condição de campo e laboratório, utilizando água comum e água magnetizada.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Retenção e movimento de água no solo

A água é utilizada para diversas funções, para se beber, lavar, irrigar. Mas a água utilizada nessas funções é completamente diferente da água do solo. A água está, no solo, intimamente ligada com partículas sólidas, de tamanho coloidal. Essa interação da água com o sólido do solo altera o comportamento tanto de um quanto de outro. Segundo Reinert (2006) a água na forma líquida apresenta diversas propriedades muito importantes para seu comportamento no solo, como a polaridade, pontes de hidrogênio e tensão superficial da água. Essas propriedades fazem com que a água localizada nos sistemas porosos do solo atinja seu estado de menor energia livre e seja retida contra a gravidade, por capilaridade e por adsorção.

Os problemas envolvidos na irrigação muitas vezes são solucionados através do conhecimento da dinâmica da água no perfil do solo. Segundo Sasso et al. (2000) a água armazenada no solo é de extrema importância, pois é a principal fonte de nutrientes essenciais para as plantas. As principais formas de aplicação de água no solo para as plantas são as chuvas e a irrigação.

A escolha da irrigação para se aplicar água ao solo depende de diversos fatores, o conhecimento das necessidades hídricas ao longo do ciclo de crescimento das culturas e as características de retenção de água no solo. Segundo Libardi (2005) um estudo da tensão superficial é de total importância para a compreensão da retenção de água no solo. Os líquidos possuem sua superfície contrátil, ou seja, ao ser estendida a superfície tende a voltar à posição inicial, o que se prova, de acordo com Libardi, que o líquido se encontra em constante tensão. Medeiros et al. (2015) afirma que a tensão superficial é a forma com que as moléculas de água estão ligadas entre si formando uma superfície resistente, essa tensão é resultado das ligações de hidrogênio, porém esta atração das moléculas é diferente no interior do líquido, sendo a força de atração das moléculas das superfícies da água maior que a atração das moléculas abaixo da superfície.

As moléculas da superfície estão em contato com o ar, não havendo moléculas acima, o que causa uma restrição das suas ligações de hidrogênio às moléculas abaixo e ao lado, diferente das moléculas que estão abaixo da superfície onde são atraídas por todas as direções. Essa diferença de atrações na superfície resulta em uma força sobre essas moléculas, o que causa uma contração do líquido, causando a tensão superficial (MEDEIROS et al 2015).

Outra propriedade importante para o estudo das relações hídricas no solo é o

potencial total de água no solo. Hillel, em 1980, afirmou que o potencial total de água no solo representa a soma dos trabalhos realizados quando uma massa infinitesimal de água é levada para o estado considerado no solo, sendo que a tendência da água no solo é sempre assumir estados de menor energia potencial. O potencial de água no solo é composto por todos os potenciais que atuam na fase líquida do solo. De acordo com Biassusi (2001), a maior parte dos estudos envolvendo movimento de água no solo consideram o potencial total como sendo a soma dos potenciais de pressão, matricial e gravitacional, desconsiderando o potencial osmótico por ser, na maioria dos solos, desprezível.

Há duas situações em que se pode ocorrer o fluxo de água no solo. No solo saturado, o potencial total é a soma do potencial gravitacional (distância entre um ponto no interior do solo e um nível de referência, na maioria das vezes a superfície do solo), e o potencial de pressão (quantidade de água atuando sobre o ponto no interior do solo). De acordo com a fórmula de Darcy (1856), a quantidade de água que passa por unidade de tempo e de área é proporcional ao produto de duas propriedades do meio poroso, o gradiente de potencial total e a condutividade hidráulica do solo. Em outras situações, o fluxo de água nos poros do solo ocorre em situações de não saturação, onde as fases gasosas, líquidas e sólidas se interagem causando a capilaridade e a adsorção, que produzem pressões de sucção, causando um potencial negativo de pressão, o potencial matricial. Na condição do solo não saturado, o potencial total é o somatório do potencial gravitacional com o potencial matricial. Com relação entre o potencial matricial e o conteúdo de água no solo é possível a geração de uma curva, denominada curva de retenção de água no solo. Essa relação é característica de cada tipo de solo, sendo possível a determinação do teor de água nos solos através do seu potencial matricial (BIASSUSI 2001)

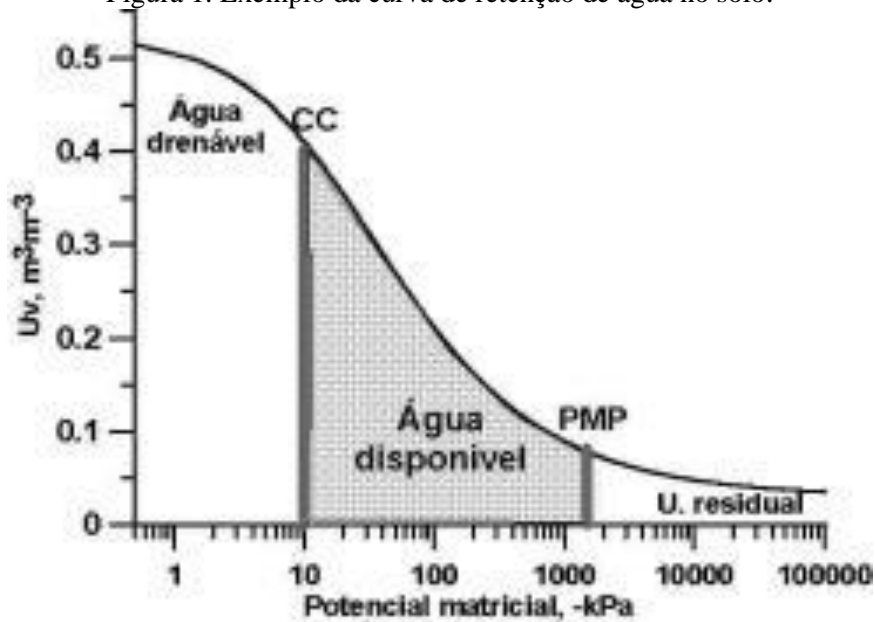
3.2 Curva de retenção de água no solo

A curva de retenção de água no solo é uma representação gráfica que relaciona a umidade e o potencial matricial (tensão ou força de retenção) de um solo (BIASSUSI,2001). De acordo com Tormena & Silva (2002), é parte fundamental da caracterização das propriedades hidráulicas do solo, especialmente em estudos de disponibilidade de água para as plantas, de dinâmica da água no solo, de infiltração e no manejo da irrigação.

As curvas de retenção do solo assumem uma importância fundamental na hidrologia do solo pois serve como assistência para a modelagem hidráulica do solo, e pode servir para identificar de forma quantitativa a estrutura porosa do solo. Essas curvas são plotadas em

eixos cartesianos, onde normalmente a ordenada é representada pela umidade e a abscissa pela tensão matricial, como representado na Figura 1. Essa curva geralmente tem formato logarítmico, possuindo dois pontos de considerável importância para o entendimento da quantidade de água no solo, e manejo de irrigação, o ponto de murcha permanente, e o ponto de capacidade de campo (OTTONI 2019).

Figura 1. Exemplo da curva de retenção de água no solo.



Fonte: Reinert, 2006.

O ponto de capacidade de campo (CC) caracteriza a quantidade de água retida no solo após sua saturação, após o excesso ter sido drenado e a taxa de movimento descendente ter decrescido acentuadamente. Segundo Netto et al (1999), os critérios para a determinação de capacidade de campo são relativos, pois os processos de distribuição de água no solo é contínuo, dificultando a visualização do momento exato do ponto de capacidade de campo. Muitos trabalhos foram desenvolvidos visando a determinação do ponto de capacidade de campo, sabendo que esse ponto é uma propriedade do solo, muitos experimentos foram realizados em laboratórios para se facilitar sua determinação e relacionar a umidade de capacidade de campo com um potencial matricial do solo. Apesar de ser uma propriedade muito subjetiva, Netto et al (1999) reconhecem que esse conceito tem muitas aplicações práticas, desde que se compreenda seu caráter variável no tempo e no local da análise.

Por outro lado, o ponto de murcha permanente (PMP), representa a porcentagem de umidade que o solo ainda conserva quando as plantas mostram, pelas primeiras vezes sinal de murchamento permanente. O PMP representa a quantidade de água no solo em que

qualquer quantidade abaixo dele a planta não conseguiria retirar mais água do solo na mesma quantidade em que ela transpira, o que levará ao seu murchamento e à morte, portanto é importante que o solo não alcance o PMP (MAROUELLI et al 2011).

Cada topo de planta possui diferentes capacidades de se retirar água do solo. Então, para não se deixar chegar ao ponto de murcha permanente deve-se assumir um coeficiente específico de cada planta, o que faz com quem a umidade não atinja a o ponto de murcha permanente. Essa umidade de solo específica de cada cultura recebe o nome de umidade crítica, a qual qualquer umidade abaixo desta, as plantas entram em estresse hídrico. (AMORIM, RESENDE, MIRANDA 2015).

Existem diversas formas de se determinar o ponto de capacidade de campo, e o ponto de murcha permanente do solo, e de se fazer a curva de retenção de água no solo, tanto em laboratório, como diretamente em campo. Um método utilizado em laboratório para se fazer a curva de retenção de água no solo é a câmara de Richards, o qual simula uma tensão determinada na amostra de solo e por diferença de massa, entre o solo úmido após ser submetido à pressão e o solo seco em estufa a 105 grau Celsius se determina conteúdo de água no solo. (JUNIOR et al 2007). A metodologia de Richards apresenta algumas desvantagem, sendo um método que necessita de aparelho com alto custo, reduzindo os laboratórios que o possuem, e possivelmente não representa bem as condições de campo segundo Cassel 1985 apud Santos et al 2001.

Para a elaboração da curva de retenção de água no solo em campo, métodos diretos de determinação da tensão matricial do solo são utilizados, como a tensiometria e a sonda TDR, por exemplo. Os tensiômetros são muito utilizados na agricultura, no manejo da irrigação, mas são também utilizados na elaboração da curva de retenção de água no solo. Com os tensiômetros são feitas as leituras de tensão de água no solo, ou seja, se obtém o potencial matricial instantâneo do solo, comparando esse potencial com a umidade instantânea, obtida por diferença de peso entre a amostra de solo retirada no momento da medição do tensiometro e o solo seco em estufa, é possível a compatibilidade dos dados e a obtenção da curva de retenção de água no solo (BONDER 2008).

A curva de retenção de água no solo é essencial para o manejo da irrigação. Tendo em vista que a curva nos revela a umidade de capacidade de campo do solo, e ponto de murcha permanente. A quantidade de água a ser aplicada pela irrigação deve ser necessária para que o solo atinja a capacidade de campo à uma camada correspondente à profundidade efetiva das raízes da planta. Essa quantidade a ser aplicada pode ser determinada utilizando a tensão matricial instantânea do solo, o qual nos revela através da curva de retenção a disponibilidade

atual de água no solo (MAROULLI et al 2011).

3.3 Manejo da irrigação via solo

O intervalo de tempo entre uma irrigação e outra é obtida levando em consideração diversos fatores, e recebe o nome de turno de rega. Existem diversas formas da realização do manejo de irrigação. Quando se utiliza valor fixo de turno de rega, a facilidade da realização do manejo aumenta, porém os erros da quantidade de água aplicada podem ser maiores. O valor variável do turno de rega se dá de acordo com diversos fatores envolvendo o solo, a planta e o microclima da região (ALBUQUERQUE 2010)

O manejo deve ser definido como sendo a aplicação de água na quantidade certa e na hora certa de irrigação. O uso racional de qualquer projeto de irrigação deve considerar os aspectos sócias e ecológicos da região, mantendo o propósito da irrigação que é o abastecimento de água para as plantas à medida que elas necessitam, levando em consideração os aspectos de armazenamento de água no solo (JUNIOR, KLAR 1997)

Para o cálculo para a lâmina de irrigação deve-se levar em consideração o ponto de capacidade de campo, o ponto de murcha permanente, e a profundidade efetiva do sistema radicular. Através da Equação 1 (Bernardo,2019), pode-se obter a quantidade de água total disponível no solo até a profundidade das raízes.

$$ADT = (\theta_{CC} - \theta_{PMP}) * Z \quad (1)$$

Onde ADT é a água total disponível no solo em cm, θ_{CC} é a umidade de capacidade de campo em cm^3/cm^3 , θ_{PMP} significa a umidade do ponto de murcha permanente em cm^3/cm^3 e Z é a profundidade efetiva do sistema radicular em cm . Segundo Pereira (2014), os valores da umidade de capacidade de campo e do ponto de murcha permanente pode ser obtido utilizando a curva de retenção de água no solo.

Silveira (1994) afirma que a Equação 1 pode ser utilizada para o manejo de irrigação, sabendo-se a umidade instantânea do solo, esta pode ser inserida na equação em substituição da umidade do ponto de murcha permanente, obtendo a quantidade de água momentanea presente no solo podendo-se tomar a decisão correta para a o manejo da irrigação.

Frizzone (2017) afirma que a água total no solo não está facilmente disponível para as plantas. À medida que a tensão no solo vai aumentando em módulo, a dificuldade de as plantas extraírem água também vai aumentando. Por isso, para se fazer o manejo da irrigação, se permite que a planta utilize parta da água disponível total do solo, antes de se proceder com

a outra irrigação, não deixando atingir o ponto de murcha permanente. Ao se conhecer a umidade crítica (θ_{cr}), teor de água do solo a partir do qual o rendimento da cultura começa a diminuir, o déficit máximo permitido de água no solo para o manejo de irrigação, pode ser obtido utilizando a Equação 2.

$$ADR = (\theta_{cc} - \theta_{cr}) * Z \quad (2)$$

Onde ADR é a água real disponível no solo em cm, θ_{cc} é a umidade de capacidade de campo em cm^3/cm^3 , θ_{cr} significa a umidade crítica da cultura em cm^3/cm^3 e Z é a profundidade efetiva do sistema radicular em cm. Segundo Bernardo (2019), sempre que for possível deve ser usado esse procedimento, o que fará com que o turno de rega seja variável permitindo adequar a irrigação às diferentes fases do crescimento das plantas, bem como a variação da demanda de água ao longo do dia e do desenvolvimento do cultivo.

Existem várias formas de determinação da umidade crítica das culturas no solo. A utilização da tensiometria para a determinação dessa umidade vem sendo um método muito usado para se fazer essa determinação via campo, diminuindo os erros. A medição da tensão do solo utilizando tensiômetros é um método direto para a determinação da porcentagem de água no solo. Os tensiômetros possuem uma cápsula de cerâmica ligada por meio de um tubo a um vacuômetro, onde a tensão é obtida.

Os tensiômetros são instalados à profundidade desejada, dependendo da profundidade das raízes de cada cultura. O lado ruim da utilização de tensiômetros para se medir a tensão de água no solo é que sua capacidade de leitura só atinge aproximadamente 0,75 atm, permitindo que ele somente cubra uma parte da água disponível no solo. O vacuômetro pode ser de medida digital e sua tensão é medida utilizando a Equação 3 (Bernardo 2006):

$$\Psi_m = \Psi_1 + 0,09799 * C \quad (3)$$

Onde Ψ_1 vem a ser a leitura do vacuômetro em kPa e c a altura da coluna de água presente no tensiômetro em cm.

As culturas possuem diferentes valores de potencial matricial crítico ao seu desenvolvimento como mostrado na Tabela 1:

Tabela 1. Potencial Matricial Crítico de algumas culturas.

Cultura	Potencial Matricial Crítico(kPa)
Alface	20-30
Alho	15-30
Batata	20-40
Pepino	100
Morango	10-35
Repolho	30-50
Vagem	25-70

Fonte:Frizzone et al, 2018

Quando atingido esse potencial é necessário que se comece a irrigação para que não se ocorram prejuízos na produtividade. Segundo Frizzone et al (2018), o tensiômetro tem sido utilizado com sucesso no manejo da irrigação. Com este instrumento determina-se o potencial matricial no solo, estando esse potencial na faixa crítica de determinada cultura é necessário a disponibilidade de água para a planta. Com a obtenção da tensão matricial do solo, e utilizando a curva de retenção de água no solo, infere-se sobre o grau de umidade do solo, o qual é utilizado para se calcular a quantidade de água de irrigação necessária (FRIZZONE et al, 2018)

3.4 Influência da água magnetizada na produção de cultivos

O uso da água magnetizada na agricultura vem crescendo como uma alternativa de aumentar a produção e diminuir o consumo de água (KRINENBERG 2016).

A atração ou repulsão por determinados materiais são fenômenos que estão relacionados com o magnetismo. Apesar da água ser uma matéria que tem uma resposta magnética fraca, ocorre diversas alterações de suas propriedades quando submetidas a campo magnético. Trabalhos desenvolvidos por Berezin et al. (1991) demonstrou o enfraquecimento ou a quebra de ligações de hidrogênio da água, quando esta é submetida a um campo magnético. Dentro dessa linha de raciocínio, Toledo (2008) afirma que as ligações de hidrogênio intermoleculares também eram enfraquecidas e quebradas, tornando possível um outro arranjo de clusters, possuindo tamanhos menores, onde tem-se por hipótese que esses clusters menores teriam maiores facilidades de atravessar algumas barreiras, apresentando comportamentos diferentes dos clusters maiores.

Entretanto, deve-se levar em consideração diversos fatores que influenciam nas mudanças causadas na água pelo magnetismo, como a força e a direção do campo elétrico, a duração da exposição da água a um campo magnético, o pH da água e os aditivos presentes no sistema (CHIBOWSKI et al., 2005).

Outro estudo realizado por Porto (1998) identificou alterações na tensão superficial, na condutividade elétrica, na pressão de vapor, e temperatura de congelamento da água. Mais tarde, Porto (2007) avaliou, mais uma vez, a variação da condutividade elétrica da água quando submetida a um campo magnético, e concluiu que a água exposta a um campo possui valores mais elevados de condutividade elétrica do que a água não tratada.

O tratamento da água magneticamente está sendo difundido e utilizado com bons resultados na agricultura, apesar da pouca compreensão do mecanismo que rege o fenômeno (PORTO, 2004).

Fernandes et al (2018) verificou um aumento significativo na produtividade do cafeeiro quando irrigado com água magnetizada, possuindo tratamentos que aumentaram cerca de 17 sacas na média durante três anos de cultivo. Esse acréscimo da produtividade do café, representou, com os valores da época, um retorno maior para o produtor, aproximadamente 8500 reais por hectare e por ano. Experimentos realizados por Putti et al (2015) resultaram em 63% a mais em sua produtividade no cultivo da alface. Outro estudo realizado por Putti et al (2013) com alface mostrou que o comprimento da raiz, a biomassa verde da raiz, a biomassa seca da raiz e a biomassa seca da parte aérea aumentaram, no desenvolvimento inicial da cultura, quando utilizada a água magnetizada comparada com a irrigação em água comum.

Silva et al (2018) verificou que a altura da parte aérea e o comprimento das raízes no cultivo de mudas de alface apresentaram melhores resultados utilizando irrigação com água magnetizada comparando com a irrigação utilizando água natural, o que se torna possível reduzir os dias do ciclo da produção da muda de alface.

Estudos realizados por Harakuchi et al (2016) notam que existem diferenças significativas no aumento do caule e na clorofila do tomate quando aplicada água magnetizada no cultivo, porém nenhuma mudança significativa foi observada nas raízes do tomateiro.

Putti et al (2018) irrigou a cultura da cenoura utilizando água magnetizada, e concluiu que a água tratada magneticamente proporcionou aumento no desenvolvimento da cultura, ocasionando maior produção.

Conforme Putti et al (2015) as principais mudanças que ocorrem na água quando

tratada magneticamente são um aumento na adsorção na superfície do solo, aumento na cristalização, precipitação de sais e na permeabilidade do solo, aumentando a eficácia da irrigação.

Os intervalos entre irrigações também pode ser afetado quando utilizada água magnetizada no cultivo, como diz Khoshraives et al. (2011), que fez um estudo utilizando água submetida a um campo magnético na irrigação localizada, e constatou que se obtém uma maior umidade do solo quando comparada à água convencional, podendo assim, aumentar os intervalos entre irrigações.

O uso da água magnetizada tem mostrado uma evolução tanto na qualidade quanto na produtividade da produção agrícola. A inclusão de novas tecnologias que otimizem o uso da água na agricultura sem perder a qualidade e aumentando a produção de alimentos, tem sido uma tese que influencia positivamente a adoção do tratamento magnético da água (SILVA,2011).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em uma estufa no laboratório de irrigação do Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Lavras na primeira metade do ano de 2019. O experimento foi desenvolvido em 3 etapas: 1) preparação do solo e canteiros; 2) fabricação e instalação de tensiômetros; 3) coleta de dados.

4.1 Preparação do solo e canteiros

Anteriormente à elaboração da curva de retenção do solo na condição de campo, o solo Latossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 2006) foi preparado e analisado. O solo foi revolvido, deixando-o solto e propício para o experimento. A Tabela 2 apresenta o resultado da análise química do solo da área.

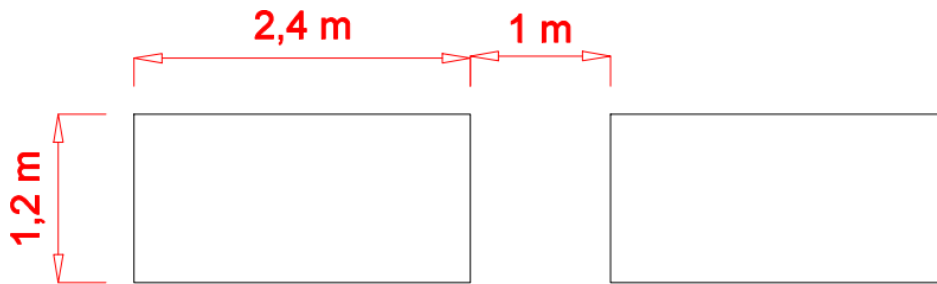
Tabela 2. Análise química do solo.

Característica (unidade)	Profundidade (cm)		Característica (unidade)	Profundidade (cm)	
	0 - 20	20 - 40		0 - 20	20 - 40
Ph	6,60	6,40	V (%)	87,43	84,71
K (mg dm ⁻³)	87,00	39,22	Mg (%)	0,56	0,65
P (mg dm ⁻³)	10,03	4,89	M.O. (dag kg ⁻¹)	2,96	2,39
Na (mg dm ⁻³)	-	-	P-Rem (mg L ⁻¹)	67,10	67,70
Ca (cmolc dm ⁻³)	4,82	4,16	Zn (mg dm ⁻³)	2,98	1,79
Mg (cmolc dm ⁻³)	2,10	1,83	Fe (mg dm ⁻³)	63,13	57,76
Al (cmolc dm ⁻³)	0,04	0,04	Mn (mg dm ⁻³)	85,78	68,12
H+Al (cmolc dm ⁻³)	1,03	1,10	Cu (mg dm ⁻³)	5,46	5,27
SB (cmolc dm ⁻³)	7,14	6,09	B (mg dm ⁻³)	0,28	0,27
t (cmolc dm ⁻³)	7,18	6,13	S (mg dm ⁻³)	64,37	61,33
T (cmolc dm ⁻³)	8,17	7,19	-	-	-

Fonte: O Autor.

As dimensões dos canteiros foram desenvolvidas na parte final da estufa com dimensões de 1,2xm por 2,4 m, distanciados em 1 m como mostrado a Figura 2.

Figura 2. Esquema das dimensões dos canteiros.



Fonte: O Autor.

Foram aplicados 8,64 kg de esterco seco por canteiro, com a intenção de corrigir, de acordo com análise química do solo, a falta de matéria orgânica no solo.

Para reduzir as perdas de água por escoamento lateral, uma estrutura de plástico foi colocada ao redor dos canteiros, como mostrado na Figura 3:

Figura 3. Construção dos canteiros. Etapa na qual foram colocadas as estruturas de plásticos para se reduzir as perdas de água



Fonte: O Autor.

4.2 Fabricação e Instalação dos Tensiômetros

Os tensiômetros foram feitos artesanalmente no laboratório de irrigação. Foram produzidos 6 tensiômetros para trabalhar a uma profundidade de 12,5cm, 6 para se trabalhar a uma profundidade de 25cm e 3 para se trabalhar a uma profundidade de 40cm, para cada canteiro, um total de 15 tensiômetros por canteiro.

Todos os tensiômetros foram manufaturados com capsulas porosas novas, para não se

ter variação entre as capsulas, ou capsulas antigas entupidas. As capsulas foram coladas com cola araldite em tubos PVC com comprimentos de acordo com a profundidade de trabalho, como mostrado na Figura 4:

Figura 4: Colagem das capsulas porosas nos tubos PVC.



Fonte: O Autor.

Como observado na Figura 4, os tubos foram colocados em uma caixa de areia, e posteriormente foram coladas as capsulas porosas, para não se ter desalinhamento da capsula em relação ao tubo.

No outro lado da tubulação foi colado, também com a cola araldite, um tubo de acrílico com menor diâmetro, transparente, onde se é possível acrescentar água ao tensiômetro e visualizar o nível. Após confeccionado os tensiômetros e secas as colas, vários testes foram feitos para confirmar sua qualidade.

O primeiro teste realizado foi o teste em saturação, onde os tensiômetros foram preenchidos com água destilada, e suas capsulas foram submersas em água, como mostra a Figura 5:

Figura 5. Teste dos tensiômetros em saturação.



Fontes: O Autor.

Com os tensiômetros submersos em água foi feito a aferição com um tensímetro, devendo-se mostrar 0 (zero), ou próximo de zero. Os tensiômetros que não mostraram uma medição igual a zero foram substituídos. Esse teste foi feito com a intenção de se avaliar o funcionamento dos tensiômetros sobre a saturação.

Em seguida, os tensiômetros foram retirados da água, e com o auxílio de uma seringa produziu-se um vácuo dentro deles, para se avaliar a leitura do tensímetro mediante a um vácuo interno, além de se avaliar se não havia entrada de ar por alguma parte do tensiômetro.

Em seguida foi realizado o último teste, de tempo de resposta. Os tensiômetros foram colocados ao sol (Figura 6) e feita a leitura com o tensímetro, medindo se o tempo de resposta mediante a perda de água. Após colocados ao sol, os tensiômetros foram submersos na água, avaliando o tempo de resposta mediante entrada de água.

Figura 6: Tensiômetros ao sol para avaliação de tempo de resposta.



Fonte: Os autores

Com todos os testes realizados, o tensiômetros com problemas foram substituídos por outros com funcionamento adequado.

Após a verificação de quais tensiômetros estavam prontos para serem utilizados, estes foram instalados nos canteiros. Instalou-se 15 tensiômetros em cada canteiro, de forma aleatória, espaçados de 30 cm entre eles, e 60 cm da borda do canteiro, para evitar qualquer influência da bordadura sobre os tensiômetros.

Após colocados os tensiômetros no solo, o canteiro foi saturado. Foi montado um sistema de irrigação utilizando 30 gotejadores com 4 L h^{-1} cada em cada um dos canteiros Figura 7. O sistema foi ligado, e periodicamente foram feitas medições nos tensiômetros. No momento em que a leitura foi nula o sistema foi desligado, pois foi alcançado a saturação do solo.

Figura 7. Fase de saturação do solo dos canteiros.



Fonte: O Autor

4.3 Coleta dos dados

As leituras foram realizadas com um tensímetro, ou manômetro digital, e no momento de cada medição foram coletadas três amostras de solos em cada profundidade, para a obtenção da umidade presente no solo naquele momento, pelo método padrão da estufa. Com isso se obteve a umidade do solo, e a tensão, sendo possível a avaliação da umidade do solo relacionado com a tensão de retenção da água no solo. O potencial matricial de cada leitura foi calculado através da Equação 3 (p.17):

Com o solo saturado, a primeira informação a ser obtida foi a capacidade de campo. Após a saturação do solo, uma lona foi colocada nos canteiros, para se evitar a perda de água por evaporação. Portanto, com a presença da lona, todas as formas de o solo perder água foram minimizadas, podendo assim ser obtida a capacidade de campo. Foram feitas as leituras dos tensiômetros concomitantemente às amostragens de solo, sendo essas leituras realizadas às 3, 6, 12, 24 horas após o encharcamento do solo. Após o primeiro dia o intervalo de amostragem e coleta de dados passou a ser de 24 horas, até que a leitura do tensímetro fosse

constante, deduzindo assim, que foi atingida a capacidade de campo do solo, quando a variação de umidade foi de 1% entre dois dias consecutivos.

Após obtida a capacidade de campo do solo, a lona foi retirada, e as medidas continuaram com um intervalo de 24 horas, até que a leitura do tensímetro atingisse aproximadamente 80 kPa, retirando sempre, as amostras de a cada leitura.

As umidades foram obtidas com base em massa, com pesagem após a coleta no solo, e pesagem após a secagem à 105°C. As umidades foram convertidas para base volumétrica multiplicando o valor de umidade com base em peso pela massa específica do solo da área (1,14 g/cm³ para o canteiro de água comum e 0,99 g/cm³ para o canteiro de água magnetizada).

Foi feito, para critério de comparação, curvas em laboratório. Peneirou-se (em peneira de 2mm) uma amostra mista de solo representativa da área do canteiro, colocou-se o solo em três anéis de PVC e o saturou. Após saturado, realizou-se o procedimento em mesa de tensão de 0,1 a 1 mca, e em câmara de Richards a 1 bar.

Os dados obtidos foram colocados no programa Excel, analisados e realizados modelos matemáticos. Foram realizadas análises de regressão para se escolher o melhor modelo, e assim geradas as curvas de retenção de água no solo com os dados obtidos em campo, para água magnetizada e água convencional, e a curva de retenção do solo obtida em laboratório somente para a água convencional.

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

As densidades do solo dos canteiros obtidas foram, 0,99 g/cm³ para o canteiro saturada com água tratada magneticamente e 1,14 g/cm³ para o canteiro de água comum. Onde podemos concluir que o solo utilizado para o experimento não estava homogêneo, portanto não foi utilizada a densidade do solo para a comparação da umidade, como a densidade do solo obtida foi diferente para os casos, a umidade utilizada para a realização da curva foi a umidade gravimétrica, excluindo a densidade dos cálculos.

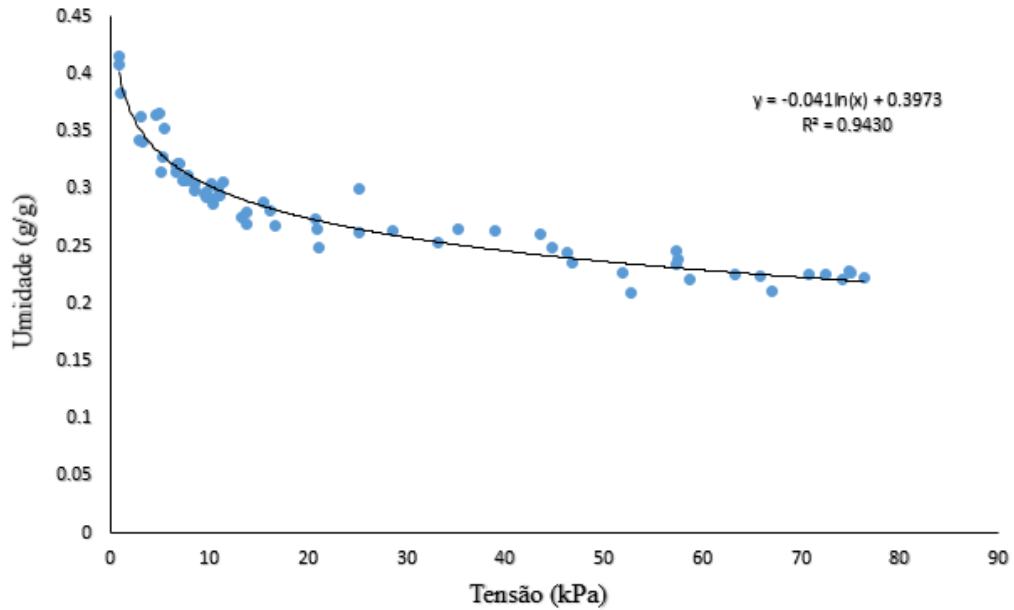
Foi feita a análise de regressão para os ajustes dos dados de umidade volumétrica do solo em função do potencial matricial do solo, no uso da água comum, e da água magnetizada.

Foi realizada a regressão para três modelos: linear, 2^o grau e logarítmico. Para o modelo linear o coeficiente de determinação foi de 59,63% e 72,84%, para água magnetizada e água comum respectivamente. Para o modelo 2^o grau o coeficiente de determinação foi de 79,6% para água magnetizada e 93,87% para água comum. Já o modelo logarítmico apresentou um

melhor ajuste dos dados de umidade em função da tensão de água no solo, com coeficiente de determinação igual a 79,8% para o canteiro utilizado com água magnetizada e 94,30% para o canteiro avaliado água comum.

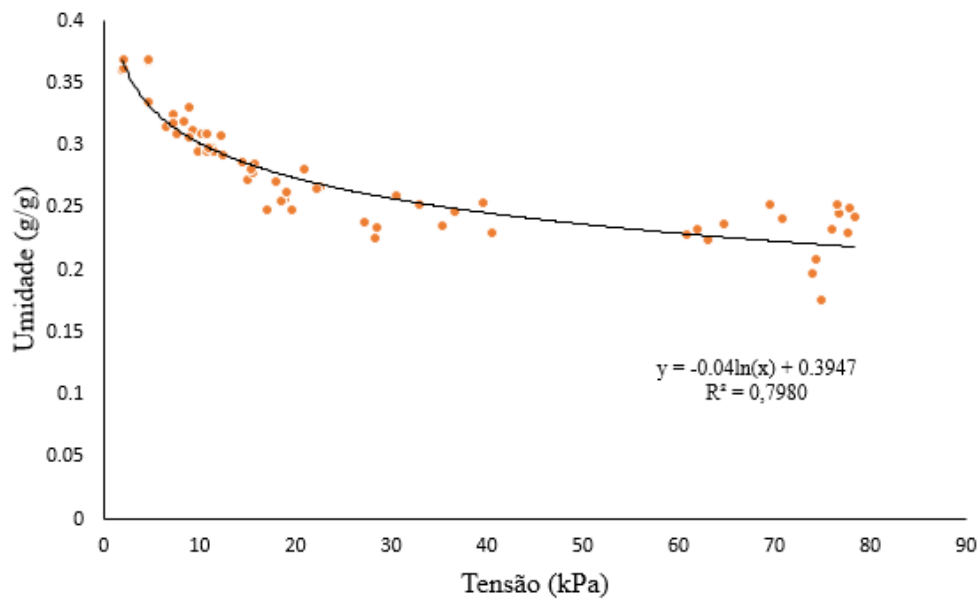
As Figura 8 e Figura 9 mostram as curvas de retenção de água no solo para os canteiros utilizando água comum e água magnetizada.

Figura 8. Curva de Retenção de Água no Solo utilizando água comum.



Fonte: O Autor.

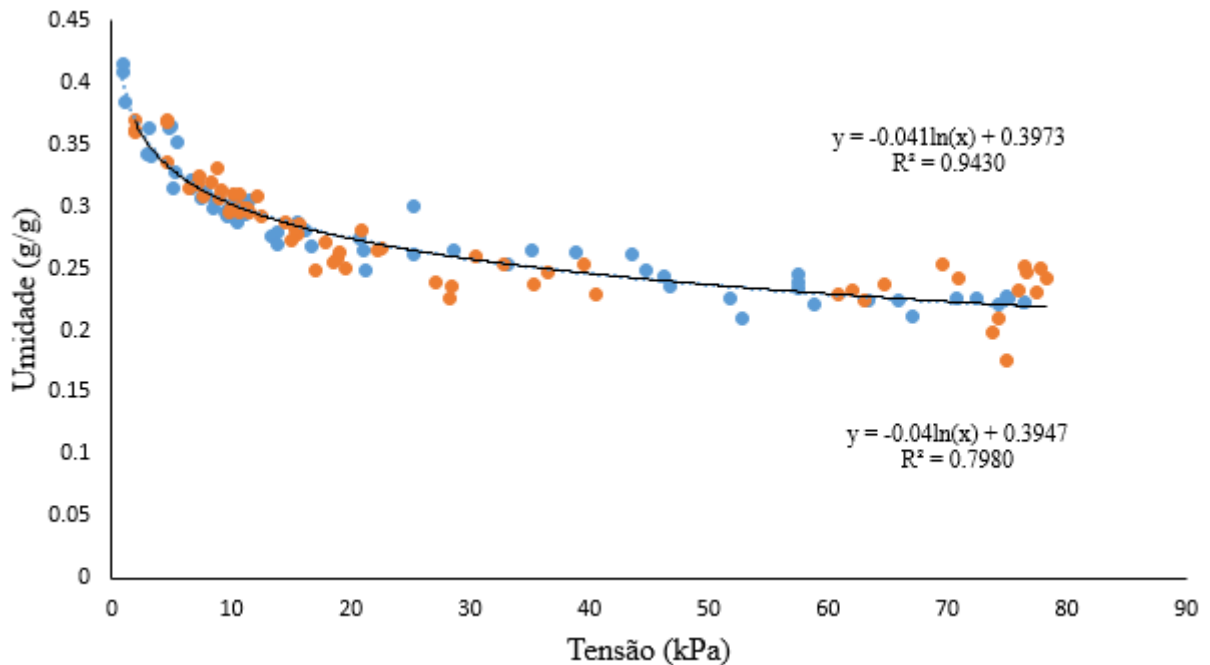
Figura 9. Curva de Retenção de Água no Solo utilizando água magnetizada.



Fonte: O Autor.

A Figura 10 mostra a comparação das curvas em um mesmo gráfico, onde pode-se observar que as curvas obtidas ficaram próximas.

Figura 10. Comparação entre a Curva de Retenção de Água no Solo utilizando água magnetizada e água comum.



Fonte: O Autor.

Os modelos logarítmicos ajustados não apresentaram diferença com 5% de significância pelo teste F, como mostrado na Tabela 3, o que se pode concluir que não há a influência da água tratada magneticamente no comportamento de retenção de água no solo.

Tabela 3. Teste f com 5 % de significância.

	<i>Umidade AC</i>	<i>Umidade AM</i>
Média	0.283501111	0.276740166
Variância	0.002399361	0.001847946
Observações	63	63
gl	62	62
F	1.298393819	
P(F<=f) uni-lateral	0.153276447	
F crítico uni-lateral	1.523506162	

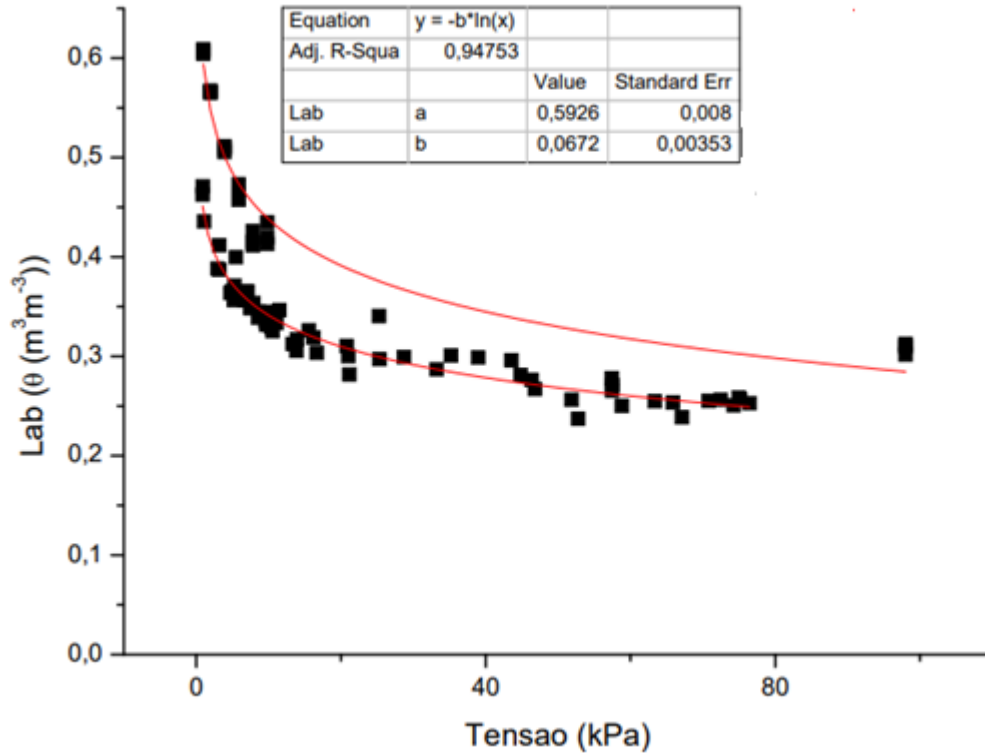
Fonte: O Autor

Se compararmos o mesmo valor de umidade o uso da água magnetizada não apresentou um valor de tensão no solo diferente que o valor de tensão da água comum.

A Figura 11 apresenta a comparação da curva de retenção de água no solo feita em

campo com a curva de retenção de água no solo feita em laboratório.

Figura 11. Comparação entre a curva feita em laboratório e a curva feita em campo, utilizando água comum



Fonte: O Autor

Os dados gerados em laboratório (curva superior da Figura 11) foram melhores ajustados com coeficiente de determinação de 95%, já para dados em campo (curva inferior da Figura 11) foi de 94%.

Uma explicação para a diferença entre as curvas é a condição do solo no momento da coleta dos dados, visto que o solo analisado em condições de campo foi um solo deformado o que causa alterações na sua estrutura porosa.

Se fizermos a mesma comparação que anteriormente, e pegarmos o mesmo valor de umidade observa-se que a tensão de retenção no solo para a curva realizada em laboratório foi maior, concluindo que condições laboratoriais podem gerar resultados diferentes, superestimados nesse caso, ocasionando na prática, uma aplicação em excesso de água pela irrigação.

No uso de água comum a tensão de capacidade de campo foi de 10,03 kPa, enquanto o uso de água magnetizada foi de 10,39 kPa. A tensão da capacidade de campo da curva de retenção feita no laboratório, foi assumida como igual à encontrada no campo utilizando água comum, o que assegura confiabilidade ao trabalho.

Considerando os modelos matemáticos ajustados, e a tensão de capacidade de campo como sendo 10 kPa, foi obtido as umidades de capacidade de campo para os tratamentos.

Não houve diferença significativa da umidade de capacidade de campo da água comum comparado com a água magnetizada.

Foi observado que os dados obtidos no canteiro com água magnetizada estão mais dispersos, possuindo um coeficiente de determinação igual a 79,83%, comparado com os dados do canteiro com água comum que foi 94,31%.

São vários os fatores que poderiam causar essa diferença, o tipo de água em si, a presença de sombras causadas por fatores externos, erros de manejo, entre outros, sendo necessário a repetição do experimento para uma conclusão mais concreta.

A Figura 10 nos mostra a comparação entre curva de retenção do solo feito com os dados obtidos em laboratório e a curva de retenção de água no solo feita com dados do campo, utilizando água comum. Sabe-se que condições laboratoriais podem gerar resultados diferentes para as curvas de retenção de água no solo quando comparadas as obtidas em condições de campo. In Situ foi possível caracterizar parâmetros como capacidade de campo que se feita em laboratório pode ser subestimada ou superestimada e essas diferenças podem levar a um manejo incorreto da irrigação.

Foi feito um exemplo de manejo de irrigação para a alface quando utilizadas as três curvas de retenção de água no solo gerados por este experimento.

A tensão de água no solo crítica para a alface foi considerada como sendo 30 kPa e 10 kPa como sendo a tensão de capacidade de campo. Os valores foram inseridos nas regressões e foram obtidas as seguintes umidades.

Tabela 4. Umidade Crítica da alface utilizando os três tratamentos.

Tensões (kPa)	Umidade Água Comum (cm³/cm³)	Umidade Água Magnetizada (cm³/cm³)	Umidade Curva Laboratório(cm³/cm³)
Crítica (30)	0,2915	0,2889	0,3640
Umidade Capacidade de campo (10)	0,3410	0,3384	0,4380

Fonte: Elaborado pelo Autores

Pode-se observar que o teor de água do solo quando utilizando a curva de retenção de água no solo feita em laboratório fio maior comparado com a curva de retenção feita em campo utilizando água comum e água magnetizada, que por sua vez nao apresentaram diferença estatística.

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nessa pesquisa foram satisfatórios, as curvas foram realizadas com satisfação e poderão ser utilizadas para o manejo correto da irrigação. Foi concluído que a utilização da água magnetizada não apresentou diferença significativa na umidade de capacidade de campo comparado com a utilização da água comum, e a curva feita em campo mostrou uma diminuição de 28,2% da umidade de capacidade de campo quando comparada com a curva realizada em laboratório.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR NETTO, A. O.; NACIF, P. G. S. and REZENDE, J. O. **Avaliação do conceito de capacidade de campo para um latossolo amarelo coeso do estado da Bahia.** *Rev. Bras. Ciênc. Solo* [online]. 1999, vol.23, n.3, pp.661-667. ISSN 1806-9657. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06831999000300020>.

AMORIM, Julio; RESENDE, Ronaldo; MIRANDA, Fábio. **Manejo da Irrigação Localizada na Cultura do Coqueiro-Anão por Meio de Tensiometria.** Sergipe: Embrapa, 2015. Comunicado Técnico. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/141679/1/cot-175.pdf>. Acesso em: 19 out. 2019

BERNARDO, S. Manual de Irrigação. 5ª ed. Viçosa, UFV: Impr. Univ., 1989.

BONDER, Brunno. **Curvas de Retenção de Água de um Solo Coluvionar de Campinas Obtidas Mediante Técnicas de Laboratório e de Campo.** Orientador: Miriam Golçalves Miguel. 2008. 152 p. Dissertação (Engenharia Civil) - Discente, [S. l.], 2008. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/257682/1/Bonder_BrunnoHenrique_M.pdf.

CÂMARA, Maria; NEGREIROS, Maria; MEDEIROS, José; NETO, Francisco; JÚNIOR, Aurélio. **Produção e qualidade de melão amarelo influenciado por coberturas do solo e lâminas de irrigação no período chuvoso.** Scielo, Brasil, p. 58- 63, 26 jul. 2006.

CAMARGO, Débora. **CONSERVAÇÃO, USO RACIONAL E SUSTENTÁVEL DA ÁGUA: Manejo da Irrigação: Como, Quando e Quanto Irrigar?.** Agência Nacional de Águas 2016. Apostila. Disponível em: https://capacitacao.ead.unesp.br/conhecerc/h/bitstream/ana/242/1/Manejo_da_Irrigacao-4h.pdf.

CETESB (São Paulo). **O problema da escassez de água no mundo.** São Paulo, 19 fev. 2015. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas_interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/o-problema-da-escassez-de-agua-no-mundo/.

CHRISTOFIDIS, D. **Irrigação, a fronteira hídrica na produção de alimentos.** *Irrigação e Tecnologia Moderna, Brasília*: ABID, n.54, p. 46-55, 2002

CHRISTOFIDIS, D. **Recursos Hídricos e Irrigação no Brasil.** Brasília: CDS – UnB, 1999.

CHRISTOFIDIS, D. **A água e a crise alimentar.** www.iica.org.br/Aguatrab/Demetrios%20Christofidis/P2TB01.htm. 1997.

FELISBERTO, T. da S.; MARINHO 2, L. B; DEON, M. D.; ANDRADE, E. de A. A; SOUZA FILHO, J. R. de. **Água disponível no solo com ponto de murcha permanente obtido por diferentes métodos.** 2014. Dissertação. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114765/1/Magnus-2014.pdf>.

FERNANDES, André. **Utilização da água magnetizada para a irrigação por gotejamento do cafeeiro.** In: Utilização da água magnetizada para a irrigação por gotejamento do cafeeiro.[S. l.], 18 ago. 2018. Disponível em: <https://www.rastrorural.com.br/index.php/tecnologia/item/66-utilizacao-da-agua-magnetizada-para-a-irrigacao-por-gotejamento-do-cafeeiro>.

FRIZZONE, José. **Necessidade de água para irrigação. Santa Maria, 2017. Texto Complementar.** Disponível em: https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An_lise_da_zona_n_o_saturada_do_solo_texto.pdf.

GENEROSO, Tarcila Neves. **Efeito da magnetização nas características da água e nos parâmetros de transporte de fósforo no solo.** Orientador: Mauro Martinez. 2016. 70 p. Dissertação (Engenharia Agrícola) - Discente, Minas Gerais, 2016. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/8202/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil: O estado das águas no Brasil. Brasília:** Agência Nacional de Energia Elétrica, 1999.

MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. **Seleção de Sistemas de Irrigação para Hortaliças. Brasília:** Embrapa. 1998.

NETTO, Antonio. **Estimativa da retenção de água no solo a partir do uso de equipamentos não convencionais, redes neurais artificiais e funções de pedotransferência.** Orientador: Silvio Crestana. 2007. 176 p. Tese (Doutorado Engenharia Ambiental) - Discente, São Carlos, 2007. Disponível <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-07042008-140003/publico/TeseAntonioAngelottiNetto.pdf>.

PEREIRA, João. **Manual prático de irrigação.** 2014. Dissertação (Agronomia) - Docente, [S. l.], 2014. MANUAL DE IRRIGAÇÃO

PUTTI FF, GABRIEL FILHO LRA, KLAR AE, CREMASCO CP, LUDWIG R, SILVA JUNIOR JF (2013). **Desenvolvimento Inicial da Alface (Lactuca sativa L.) Irrigada com Água Magnetizada.** Cul. Sab. 6:83-90

REINERT, Dalvan; REICHERT, José. **Propriedades física do solo**. 2006. 18 p. Dissertação (Agronomia) - Discente, Santa Maria, 2006. Disponível em: https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An_lise_da_zona_n_o_saturada_do_solo_texto.pdf.

SANTOS, Antonio. **Monitoramento Localizado da Produtividade de Milho Cultivado Sob Irrigação**. 2000. Revist. Bras. De Eng. Agrícola e Ambiental.

SOUSA, Valdemício; MAROUELLI, Waldir; COELHO, Eugênio; PINTO, José; FILHO, Maurício. **Irrigação e fertirrigação fruteiras e hortaliças**. 1. ed. Brasil: Embrapa, 2011. 771 p. ÚNIOR, Aderson; BASTOS, Edson; MASCHIO, Rafael; SILVA, Everaldo. **Determinação da curva de retenção de água no solo em laboratório**. Piau: Embrapa, 2007. Manual. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAMN-2009-09/21443/1/curva_retencao.pdf. Acesso em: 16 out. 2019.

TOLEDO, Evelyn J.I.; RAMALHO, Teodorico C.; MAGRIOTIS, Zuy M.. **Influence of magnetic field on physical–chemical properties of the liquid water**: Insights from experimental and theoretical models. Journal Of Molecular Structure. Lavras, p. 409-415. jan. 2008.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. & LIBARDI, P. L. **Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto**. R. Bras. Ci. Solo, Viçosa, v.22, p.573- 581, 1998.

TAI, C.Y., WU, C.K.; CHANG, M.C. **Effects of magnetic field on the crystallization of CaCO₃ using permanent magnets**. Chem. Engin. Sci., v.63, p.5606-5612, 2008.

USP (São Paulo). CURVA DE RETENÇÃO. *In*: USP (São Paulo). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. **CURVA DE RETENÇÃO**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, [200?]. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/retencao1.html>.