

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

**INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**CURSO DE AGRONOMIA**

**GUILHERME CARDOSO DUARTE**

**APLICAÇÃO DE ÁGUA ELETROMAGNETIZADA SOB DIFERENTES  
LÂMINAS EM PLANTAS JOVENS DE CAFEIEIRO (*Coffea arábica L.*) NA REGIÃO  
DO CERRADO MINEIRO**

**Monte Carmelo - MG**

**2022**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

**GUILHERME CARDOSO DUARTE**

**APLICAÇÃO DE ÁGUA ELETROMAGNETIZADA SOB DIFERENTES  
LÂMINAS EM PLANTAS JOVENS DE CAFEIEIRO (*Coffea arábica L.*) NA REGIÃO  
DO CERRADO MINEIRO**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao Curso de Agronomia, da  
Universidade Federal de Uberlândia,  
Campus Monte Carmelo, para obtenção  
do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Eusímio  
Felisbino Fraga Junior

**Monte Carmelo – MG**

**2022**

**GUILHERME CARDOSO DUARTE**

**APLICAÇÃO DE ÁGUA ELETROMAGNETIZADA SOB DIFERENTES  
LÂMINAS EM PLANTAS JOVENS DE CAFEIEIRO (*Coffea arabica L.*) NA REGIÃO  
DO CERRADO MINEIRO**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao Curso de Agronomia, da  
Universidade Federal de Uberlândia,  
Campus Monte Carmelo, para obtenção  
do grau de Engenheiro Agrônomo.

**Banca examinadora**

---

Prof. Dr. Eusímio Felisbino Fraga Júnior  
Orientador

---

Prof. Dr. Osvaldo Rettore Neto  
Membro da Banca

---

Me. Renan Zampiroli  
Membro da Banca

**Monte Carmelo**

**2022**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo, aos docentes do curso de Graduação em Agronomia, em especial ao Professor Dr. Eusímio Felisbino Fraga Júnior pela oportunidade de me orientar e contribuir nessa etapa tão importante. Gostaria de agradecer também o professor Osvaldo pelas ideias e ensinamentos durante toda a fase da graduação, além de todos os outros professores que sempre estavam dispostos a transmitir conhecimentos.

Gostaria de agradecer também minha namorada Jordana Peres Veiga que esteve presente nos melhores e piores momentos dessa jornada, sempre me incentivando e apoiando para que tudo ocorresse da melhor maneira.

Aos meus pais e minha família que sempre estiveram comigo, em especial meu avô Múcio Cardoso Monteiro, que foi uma das pessoas mais importantes durante toda a graduação, principalmente no quesito pessoal. Agradeço também meus amigos que de certa forma contribuíram para meu crescimento profissional e pessoal.

Aos membros da banca, que puderam firmar este compromisso em avaliar o trabalho desenvolvido, meu muito obrigado.

Por fim, agradeço à todos os membros do CinCi (Centro de Inteligência em Cultivos Irrigados), pela ajuda, apoio e companheirismo ao longo da jornada. No mais, agradeço a Deus por todo meu aprendizado e por mais uma fase concluída em minha vida.

## RESUMO

A produção cafeeira proporciona grande importância social e econômica no Brasil em diferentes países em todo o mundo. Contudo, o sucesso produtivo da cafeicultura sofre com as ameaças oriundas das mudanças climáticas globais, principalmente quando se refere aos veranicos severos e maiores ocorrência de secas nas regiões produtoras. Deste modo estudo com a utilização de água magnetizada pode ser eficiente para maximizar a utilização da água pelas plantas e minimizar as perdas hídricas durante o processo de absorção. Diante do disposto, o objetivo com esse trabalho foi estudar o efeito da aplicação de água eletromagnetizada em diferentes lâminas de irrigação no desenvolvimento inicial de plantas jovem de cafeeiro arábica (*Coffea arábica* L.). O experimento foi realizado em casa de vegetação na Universidade Federal de Uberlândia – Campus Monte Carmelo. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2x2, sendo duas lâminas de irrigação (100% e 50% da necessidade de irrigação) e dos procedimentos de magnetização da água (água pura ou controle e água magnetizada), em cinco repetição, sendo de cada planta foi considerado uma unidade experimental. Para o ensaio experimental foram utilizadas mudas de cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L), obtidas junto a viveiro de mudas certificado e pertencentes a cultivar IPR100, apresentando no momento do plantio três pares de folhas definitivas. Desta forma, é possível observar que a reposição de 100% da lâmina de água as variáveis massa verde da parte aérea, massa verde das raízes, massa verde total, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, massa seca total, relação raiz parte aérea, altura, diâmetro e teor de clorofila total apresentaram valores significativamente superior quando comparados a lâmina de reposição de 50%. A aplicação de água magnetizada em plantas jovens de cafeeiro arábica pode proporcionar melhoras na eficiência do uso da água. As plantas de cafeeiro arábica apresentaram maior desempenho fisiológico, crescimento inicial e acúmulo de biomassa vegetal quando cultivado na maior lâmina de irrigação.

**Palavras-chave:** Crescimento de plantas, restrição hídrica, IPR 100, Cafeeiro arábica

## ABSTRACT

Coffee production provides great social and economic importance in Brazil in different countries around the world. However, the productive success of coffee farming suffers from threats arising from global climate change, especially when referring to severe summers and greater occurrence of droughts in producing regions. In this way, a study with the use of magnetized water can be efficient to maximize the use of water by plants and minimize water losses during the absorption process. In view of the above, the objective of this work was to study the effect of applying electromagnetic water at different irrigation depths on the initial development of young Arabica coffee plants (*Coffea arabica* L.). The experiment was carried out in a greenhouse at the Federal University of Uberlândia – Campus Monte Carmelo. The experimental design used was a completely randomized design (DIC) in a 2x2 factorial scheme, with two irrigation depths (100% and 50% of the irrigation need) and water magnetization procedures (pure water or control and magnetized water), in five repetitions, each plant being considered an experimental unit. For the experimental test, seedlings of coffee arabica (*Coffea arabica* L) were used, obtained from a certified seedling nursery and belonging to the cultivar IPR100, presenting at the time of planting three pairs of definitive leaves. In this way, it is possible to observe that the replacement of 100% of the water depth, the variables green mass of the shoot, green mass of the roots, total verte mass, dry mass of the aerial part, dry mass of the roots, total dry mass, root ratio shoot, height, diameter and total chlorophyll content showed significantly higher values when compared to the replacement depth of 50%. The application of magnetized water in young arabica coffee plants can provide improvements in water use efficiency in young arabica coffee plants. Arabica coffee plants showed higher physiological performance, initial growth and plant biomass accumulation when cultivated at the highest irrigation depth.

**Keywords:** Plant growth, water restriction, IPR 100, arabica coffee plant

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	7
2. OBJETIVO .....	8
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	8
3.1 A cultura do café e sua importância econômica .....	8
3.2 Irrigação da cafeicultura.....	10
3.3 Água magnetizada na irrigação do cafeeiro .....	11
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	13
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
6. CONCLUSÕES .....	21
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS: .....	21

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de café, com uma estimativa de produção na safra de 2022 de 55,7 milhões de sacas beneficiadas, correspondendo a aproximadamente um terço da produção mundial (167,4 milhões de sacas). Esses valores evidenciam um aumento de até 16,8% em relação ao valor colhido na safra anterior. O país também é considerado o maior exportador de café e o segundo maior consumidor da bebida no mundo (Conab, 2022).

Ressalta-se ainda, que a produção cafeeira representa grande importância social e econômica, gerando emprego e renda a diferentes regiões do Brasil e do mundo (Pham et al., 2019). Contudo, o sucesso produtivo da cafeicultura sofre com as ameaças oriundas das mudanças climáticas globais (Bunn et al., 2015).

Tal circunstância ocorre em virtude dos efeitos nocivos das mudanças climáticas associados principalmente ao aumento de temperatura e na intensidade e durabilidade dos períodos de seca (Marçal et al., 2021). De fato, a seca tem se destacado como um dos principais estresses abióticos que afetam a cultura cafeeira em todo o mundo (Rodrigues et al., 2021; Marques et al., 2021).

De modo geral, destaca-se que o estresse pela seca estimula a senescência das folhas mais velhas (Damatta et al., 2006). Embora DaMatta et al. (2018) destacam que essa queda inicialmente não afete de forma direta a fotossíntese líquida do cafeeiro, os autores ressaltam que com a extensão do período de seca, tendem a ocorrer modificações na regulação estomática, proporcionando reduções significativas na fotossíntese líquida, ocasionando danos diretos na qualidade e produção dos grãos, aumentando também a bienalidade da lavoura (Bunn et al., 2015; Rivera et al., 2015; Damatta et al., 2018).

Essa é das questões mais debatidas da atualidade, pois tem afetado o abastecimento de reservatórios para o consumo humano, indústria, e geração de energia hidrelétrica (Rosa et al., 2019). Deste modo, estudos com a utilização de água magnetizada podem ser eficientes para maximizar a utilização da água pelas plantas e minimizar as perdas hídricas durante o processo de absorção.

Conforme destacado no estudo de Porto (2004), o campo eletromagnético tem a capacidade de alterar a composição molecular das pontes de hidrogênio da água. Esse efeito de remodelação faz com que a água seja absorvida pelas membranas celulares de forma mais eficiente (Elias, 2015).

A água tratada magneticamente afeta o fenômeno de troca iônica como decorrência da redistribuição de cargas espaciais nas micelas coloidais do solo, e das mudanças espaciais das cargas nas argilas (Lopes et al., 2007). Ressalta-se que a água é constituída de moléculas polares que respondem ao campo magnético externo via dipolo elétrico. Assim, no equilíbrio tem-se gravitando em redor de cada íon uma camada ou cluster de água de densidade diferente da água pura não magnetizada. Para a grande maioria dos solos, quanto menor for o “diâmetro” do íon e maior a quantidade de carga presente no íon, na solução aquosa magnetizada, maior será o número de hidratação. A interação predominante nesse fenômeno é de natureza eletrostática (Lopes et al., 2007).

## **2. OBJETIVO**

Estudar o efeito da aplicação de água eletromagnetizada em diferentes lâminas de irrigação no desenvolvimento inicial de plantas jovem de cafeeiro arábica (*Coffea arábica* L.).

## **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1 A cultura do café e sua importância econômica**

O cafeeiro tem sua origem na África, sendo que o cafeeiro arábica tem sua genealogia associadas a regiões mais frias e altas, na região da Etiópia e o cafeeiro conilon, ou canephora a região mais quente e baixas, onde hoje encontra-se o Congo (Pham et al., 2019).

Segundo relatos históricos, a “descoberta” da planta de café como uma cultura ocorreu em virtude da observação de um pastor de cabras da região. Esse pastor percebeu que quando o seu rebanho de cabra se alimentava de um determinado arbusto em específico, os

animais ficavam mais animados e com mais energia. Posteriormente por meio da infusão das folhas destes arbustos deu-se a origem dos primórdios da bebida café. Após essa descoberta, plantas do cafeeiro foram envidas para a região da Arábia e posteriormente até a Europa, onde em forma de cultura foi difundida por todo o mundo.

Outrossim, por muitos séculos o café sofreu com muitos mitos e paradigmas até a difusão e o sucesso que a cultura possui nos dias de hoje. Conforme destacado na literatura, o café é uma das bebidas preparadas mais consumida atualmente. Tal sucesso faz com que essa cultura seja uma das principais commodities agrícolas do mundo, movimentando a economia e gerando empregos de forma direta e indireta em todos os setores de produção (Pham et al., 2019).

No Brasil, desde a chegada das primeiras plantas de café na região do Pará e posteriormente a sua migração até o sudeste do país, as plantas encontraram condições edafoclimáticas ideais para o seu desenvolvimento, proporcionando ao Brasil destaque produtivo em todo o mundo (CONAB, 2022). Ressalta-se, no entanto, que a história do café no Brasil teve o seu auge na época do coronelismo que resultou em impactos importantes à economia de vários estados Brasileiros, como por exemplo, o desenvolvimento econômico do estado de São Paulo e seu declínio oriundo principalmente em consequência a crise de 1929, onde várias regiões produtoras foram obrigadas a parar de produzir café por conta da redução das exportações e da queda drástica dos preços (Nagay, 1999).

Após a crise de 1929 o Brasil voltou a produzir café e, por meio das pesquisas de pontas que são geradas no país, do melhoramento genético, desenvolvimento de cultivares melhoradas, e da boa aptidão agroclimática, permitiram que a produção cafeeira em todas as regiões do país apresentassem grande destaque, e elevaram o Brasil ao patamar de maior produtor, maior exportador e segundo maior consumidor de café, conforme destacado pela organização internacional de café (OIC), em 2018.

Além de sua importância econômica, a cafeicultura também tem grande relevância social para o Brasil, principalmente quando pensamos em pequenos produtores. De acordo com o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), 38% de todo o café produzido no Brasil tem sua origem da cafeicultura familiar, sendo que 79,53% dos empreendimentos agrícolas que atuam na cafeicultura são oriundos de agricultura familiar.

Destaca-se que grande parte da produção de café é decorrente do cultivo de pequenos produtores familiares situados em mais de 60 países localizados em sua maioria nas regiões

tropicais, sendo altamente dependentes do cultivo de café em sequeiro para manter sua produção (Pham et al., 2019).

Esses produtores, no entanto, ficam à mercê dos efeitos nocivos oriundos das variações climáticas, dado que, dentre os problemas associados a essas variações agroclimáticas, está o aumento de temperatura e intensificação dos veranicos, fatores de grande impacto para a cafeicultura atualmente (Vicente et al., 2015; Moreira et al., 2021).

### **3.2 Irrigação da cafeicultura**

A cultura cafeeira tem sua origem nos sub-bosques africanos, sendo adaptadas e melhoradas para o cultivo atualmente a pleno sol. No entanto, ressalta-se que o efeito conjunto dos estresses hídricos e térmicos tendem a proporcionar, alterações moleculares que afetam processos bioquímicos associados a fotossíntese (Ramalho et al., 2018; Damatta et al., 2018).

Do ponto de vista morfológico, o estresse decorrente do déficit hídrico no cafeeiro é manifestado por meio de vários distúrbios tais como: clorose foliar, senescência das folhas e morte de ramos, que são maximizados pelo efeito conjunto deste estresse com o impacto das temperaturas supra-ótimas e deficiências minerais (Damatta e Ramalho, 2006; Damatta et al., 2018).

Desta forma, destaca-se que a magnitude do dano que o déficit hídrico acarreta ao cafeeiro está diretamente relacionado com o efeito que o mesmo proporciona na fisiologia da planta e conseqüentemente a morfologia da mesma. Conforme destacado por Wu et al. (2018), quando a planta se encontra em condição de deficiência hídrica, ocorre um aumento na resistência estomática das folhas o que ocasiona redução na absorção de CO<sub>2</sub>, reduzindo a fotossíntese e conseqüentemente causa danos diretos ao crescimento e produtividade da planta (Peloso et al., 2017).

Ressalta-se ainda, que o estresse hídrico em plantas cultivadas se enquadra como uma das principais ameaças a produtividade, dado que, seu efeito restringe um grande número de processos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos na planta, afetando a absorção de

nutrientes, assimilação e partição de carbono, redução no crescimento da planta e no rendimento e qualidade dos grãos (Avila et al., 2020).

A baixa disponibilidade hídrica conciliada com a ocorrência de altas temperaturas proporciona uma redução na turgidez celular e aumenta consideravelmente a síntese de etileno foliar, proporcionando assim quedas precoces das folhas resultando na redução da área fotosinteticamente ativa da planta (Damatta e Ramalho, 2006; Semedo et al., 2018).

No período fenológico do cafeeiro correspondente a expansão rápida dos grãos o déficit hídrico pode levar a consideráveis perdas associadas a abortamentos dos frutos, culminando a redução na produtividade da lavoura, bem como perdas em qualidade dos grãos (Camargo e Camargo, 2001). Ressalta-se que como o próprio nome reflete, a expansão rápida dos frutos é o período onde os frutos encontram o seu maior crescimento e desenvolvimento, sendo que deficiência hídrica nesse período pode proporcionar perdas significativas no desenvolvimento desses frutos (Laviola et al., 2007), bem como pode maximizar o efeito do dreno (fruto) nas plantas, culminando na redução do crescimento e desenvolvimento dos ramos vegetativos e acentuando a bienalidade da lavoura (Laviola et al., 2007)

Deste modo, diante do disposto, fica evidente que a restrição hídrica afeta de forma significativa a fenologia do cafeeiro, podendo desencadear danos fisiológicos, morfológico, químico e bioquímico que pode comprometer o crescimento, desenvolvimento, produtividade e qualidade do café. Levando em consideração que o cafeeiro é destacado com uma cultura que apresenta alta sensibilidade aos efeitos oriundos das mudanças climáticas (Marques et al., 2021), práticas culturais que visam reduzir os efeitos diretos e indiretos do déficit hídrico no cafeeiro surgem como alternativa viável para o futuro da cafeicultura.

### **3.3 Água magnetizada na irrigação do cafeeiro**

O estudo de Porto (2004) mostra que o campo eletromagnético tem a capacidade de alterar a composição molecular das pontes de hidrogênio. Esse efeito de remodelação faz com que a água seja absorvida pelas membranas celulares de forma mais eficiente. Sendo assim, a

água com tratamento eletromagnético tem efeito sobre a solubilidade dos sais, fazendo com que sejam reduzidas ou prevenidas as incrustações presentes nas tubulações (Elias, 2015).

A água tratada magneticamente afeta o fenômeno de troca iônica como decorrência da redistribuição de cargas espaciais nas micelas coloidais do solo e também das mudanças espaciais das cargas nas argilas (Lopes et al., 2007). Ressalta-se que a água é constituída de moléculas polares que respondem ao campo magnético externo via dipolo elétrico. Assim, no equilíbrio tem-se gravitando em redor de cada íon uma camada ou cluster de água de densidade diferente da água pura não magnetizada. Para grande maioria dos solos, quanto menor for o “diâmetro” do íon e maior a quantidade de carga presente no íon, na solução aquosa magnetizada, maior será o número de hidratação. A interação predominante nesse fenômeno é de natureza eletrostática (Lopes et al., 2007).

Especialmente na cultura de plantas, o tratamento com água magnetizada tem sido uma alternativa eficiente (Fernandes et al., 2018). De acordo com Lin e Yotvat (1989), algumas das principais melhorias da irrigação eletromagnetizada na agricultura são a eficiência do uso da água, aumento da produtividade, maior qualidade da água, menor volume de fertilizantes necessários, além da diminuição do entupimento nas tubulações. Para Lopes et al. (2007), a irrigação eletromagnética possui um bom custo benefício, podendo ser utilizada como alternativa de otimização de produção.

A pesquisa de Crippa (2018) analisou a produtividade do cafeeiro irrigado com diferentes lâminas de água magnetizada. Concluiu-se, a partir do estudo, que o uso da lâmina de 100% com água magnetizada promoveu um aumento da produtividade em detrimento das demais lâminas. O resultado do estudo de Lopes et al. (2007), sobre irrigação magnética, verificou que há efeito do campo magnético nas variáveis altura de planta, fitomassa fresca e seca da parte aérea e do sistema radicular.

Nesse contexto a melhor forma para se testar a eficiência da água magnetizada na irrigação relacionada ao estresse hídrico da planta é medindo o potencial de água na folha. Clark e Hiller (1973) verificaram que o potencial de água na folha ( $f$ ) foi o melhor indicador do estado hídrico da planta. Para Rena e Maestri (2000), provavelmente, o potencial de água na folha medido na ante-manhã, que independe largamente das condições da atmosfera, parece indicar melhor o estado hídrico do cafeeiro, podendo, portanto, ser utilizado como o índice mais adequado para estimativa da necessidade de irrigação.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado entre os dias 13 de janeiro de 2020 e 07 de junho de 2020 em casa de vegetação situada na Universidade Federal de Uberlândia – Campus Monte Carmelo – Unidade Araras, Latitude 18° 43'36.5938" S e Longitude 47°31'28.7472" W. O clima característico do cerrado é caracterizado por apresentar verões quente e úmido e invernos seco e frio, sendo classificado com Aw de acordo com a classificação climática de Koppen-Geiger (Klein, 2000).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2x2, sendo duas lâminas de irrigação (100% e 50% da necessidade de irrigação) e dos procedimentos de magnetização da água (água pura ou controle e água magnetizada), em cinco repetição, sendo de cada planta foi considerado uma unidade experimental. Para o ensaio experimental foram utilizadas mudas de cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L), obtidas junto a viveiro de mudas certificado e pertencentes a cultivar IPR100, apresentando no momento do plantio três pares de folhas definitivas.

O solo utilizado foi coletado a uma profundidade de 10 a 40 cm, descartando-se os primeiros 10 cm do perfil do solo com o intuito de reduzir o efeito da matéria orgânica presente na camada superficial. Todo o volume de solo foi seco à sombra e homogeneizado em peneira de malha 2,0 mm e em seguida separado em volumes de 10 dm<sup>3</sup>, por meio de pesagem em balança de precisão, e acondicionado em vasos plásticos selados, com capacidade de 12 dm<sup>3</sup>.

Foram instalados tensiômetros em cada vaso plástico, com o objetivo de controlar a necessidade e o volume de irrigação, que eram realizadas diariamente, de forma localizada, utilizando gotejadores autocompensantes. Os demais tratos culturais e fitossanitários do cafeeiro foi feito de acordo com as recomendações propostas por Santinato; Fernandes; Fernandes (2008).

Após 176 dias de condução experimental foram avaliadas as variáveis altura de planta (cm), diâmetro de caule (mm) com auxílio de régua graduada e paquímetro digital respectivamente. Posteriormente procedeu-se o corte do caule e a separação das folhas para cada unidade experimental. A biomassa da parte aérea foi acondicionada separadamente em sacos de papel e encaminhados a estufa de circulação forçada de ar à 65°C até a massa constante de modo a determinar a massa seca da parte aérea (MSPA).

As raízes foram removidas dos vasos, lavadas e secas a sombra, posteriormente acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas à estufa de circulação forçada de ar à 65°C até massa constante, determinando assim a produção de massa seca das raízes (MSR). A determinação da massa seca total foi realizada por meio da soma dos valores de massa seca das raízes e da massa seca da parte aérea.

Avaliou-se também a clorofila a, b e total, através de índice SPAD (Soil Plant Analysis Development), sendo avaliado o terceiro ou quarto par de folha desenvolvida situada no terço mediano das plantas.

Os dados foram submetidos a análise de variância com a finalidade de analisar a diferença entre os tratamentos. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa de análise estatística SISVAR (Ferreira, 2011).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, é possível observar que houve interação significativa entre Água Eletromagnetizada x Lâmina de irrigação somente nas variáveis de teor de clorofila A e B. Com isso, nas demais variáveis, cada tratamento foi comparado isoladamente. Observa-se ainda, que nas análises dos tratamentos isolados, todas as variáveis com exceção da eficiência de utilização de água (EUA), foram diferentes significativamente somente nos tratamentos referentes as lâminas de irrigação. Já na EUA apresentou somente diferença significativa entre os tratamentos com água eletromagnetizada e o controle.

Tabela 1- Resumo da análise de variância de massa verde de parte área (MVPA), massa verde de raízes (MVR), massa verde total (MSTOT), massa seca de parte área (MSPA), massa seca de raízes (MSR), massa seca total (MSTOT) e relação parte aérea/raiz (PA/R), altura, diâmetro, clorofila total, clorofila A, clorofila B, clorofila total e eficiência de utilização de água (EUA) em mudas de cafeeiro arábica submetidos a diferentes lâminas de irrigação e magnetização da água.

FV	G	Quadrado médio						
		MV	MVR	MVT	MSR	MSPA	MST	PA/R
	L	PA		OT			OT	R
Água	1	96,80	45,00 <sup>ns</sup>	304,20	1,25 <sup>ns</sup>	4,05 <sup>ns</sup>	7,20 <sup>ns</sup>	0,45
(A)		ns		ns				0 <sup>ns</sup>
Lâmina (Lâm)	1	1248,20**	605,00**	3537,80**	26,45**	84,05**	217,80**	12,482**

<b>Interaç</b>	1							
<b>ão A*Lâm</b>	6	20,00 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	20,00 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	6,05 <sup>ns</sup>	9,80 <sup>ns</sup>	0,512 <sup>ns</sup>
<b>Erro</b>	1		58,67	287,25	2,40	8,52		1,77
	9	100,20					17,52	0
<b>CV</b>		39,57	37,37	36,84	37,33	19,66	22,27	32,7
								7
<b>Quadrado médio</b>								
<b>FV</b>	<b>G</b>	<b>Altura</b>	<b>Diâmetro</b>	<b>Clorofila Total</b>	<b>Clorofila A</b>	<b>Clorofila B</b>	<b>EUA</b>	
	<b>L</b>							
<b>Água</b>	1	4,05 <sup>n</sup>	0,00470	0,450 <sup>ns</sup>	0,512	0,0020		
<b>(A)</b>		s	4 <sup>ns</sup>				1,80 <sup>**</sup>	
<b>Lâmina (Lâm)</b>	1				40,898	0,1805	0,20 <sup>ns</sup>	
		151,25 <sup>**</sup>	17,65320 <sup>**</sup>	36,644 <sup>**</sup>				
<b>Interaç</b>	1							
<b>ão A*Lâm</b>	6	3,20 <sup>ns</sup>	0,772245 <sup>ns</sup>	0,800 <sup>ns</sup>	5,940 <sup>**</sup>	2,3805 <sup>**</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	
<b>Erro</b>	1	12,04	0,35065	1,591	1,175	0,2056	0,30	
	9		0					
<b>CV</b>		8,85	7,04	2,12	2,69	2,36	39,12	

\*\*F significativo em nível de 5% de probabilidade; ns não significativo

A restrição hídrica conforme destacado na literatura se destaca por ser um dos estresse abióticos que mais causam danos a culturas agrícolas (Bragança et al., 2016), no cafeeiro principalmente nos estádios iniciais de seu desenvolvimento, o fornecimento deficitário de água proporcionara danos ao crescimento e desenvolvimento da planta (Rodrigues et al., 2016, Pizzeta et al., 2016). Esse fenômeno corrobora com o observado para o experimento em estudo, onde conforme descrito na Tabela 2 e 3, nota-se que que na reposição de 100% da lâmina de água as variáveis MVPA, MVR, MVTOT, MSPA, MSR, MSTOT, PA/R, altura, diâmetro e teor de clorofila total apresentaram valores significativamente superior quando comparados a lâmina de reposição de 50%.

Tabela 2 – Médias das variáveis massa verde de parte área (MVPA), massa verde de raízes (MVR), massa verde total (MSTOT), massa seca de parte área (MSPA), massa seca de raízes (MSR), massa seca total (MSTOT) e relação parte área/raiz (PA/R) em mudas de *Coffea arabica* submetidas a diferentes lâminas de irrigação.

<b>Lâmina</b>	<b>M VPA</b>	<b>M VR</b>	<b>M VTOT</b>	<b>M SPA</b>	<b>M SR</b>	<b>M STOT</b>	<b>M PA/R</b>
<b>Re p. 100%</b>	3,20 a	6,00 a	30 a	30 a	6,90 a	10 a	,85 a
<b>Re p. 50%</b>	7,40 b	5,00 b	70 b	00 b	2,80 b	50 b	,27 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Possivelmente o evento descrito ocorre em virtude dos fatores fisiológicos que são desencadeados na planta quando a mesma se encontra em condição de deficiência hídrica (DaMatta & Ramalho, 2006), que promovem redução no crescimento e desenvolvimento do cafeeiro. Ressalta-se que uma das primeiras respostas fisiológicas das plantas ao estresse hídrico está relacionado com mecanismos de abertura e fechamento dos estômatos com a finalidade de preservar o conteúdo de água do solo, com o objetivo de aumentar o tempo de sobrevivência da planta ao campo (DaMatta & Ramalho, 2006), contudo, essa estratégia muitas das vezes relaciona-se com redução nas taxas fotossintéticas e consequentemente redução do crescimento vegetal (Taiz e Zeiger, 2009).

Tabela 4 – Médias das variáveis altura, diâmetro e clorofila total em mudas de *Coffea arabica* submetidas a diferentes lâminas de irrigação.

<b>Lâmina</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>Clorofila total</b>
<b>Rep. 100%</b>	41,95 a	9,35 a	60,84 a
<b>Rep. 50%</b>	36,45 b	7,47 b	58,17 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

A altura e o diâmetro das plantas que receberam lâmina de reposição de 100% foram 15% e 25 %, respectivamente maiores que os tratamentos que receberam apenas 50% de reposição. Resultados semelhantes foram encontrados por Busato et al., (2007) que observou que a irrigação do cafeeiro produziu efeitos significativos sobre a altura das plantas, diâmetros da copa e do caule, proporcionando maior crescimento devido a influência de lâminas de irrigação no desenvolvimento inicial do café conilon.

Vários pesquisadores, como, Fernandes et al (1998), Karasawa et al. (2001), Martins et al (2002), Soares et al. (2005), Lambert (2009), têm estudado o efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre o desenvolvimento vegetativo e a produtividade de cafeeiros. Estes estudos têm mostrado que variações de lâminas afetam diretamente a produtividade através da redução de parâmetros de desenvolvimento vegetativo como diâmetro de caule, diâmetro de copa, número de ramos plagiotrópicos emitidos, altura de planta.

Soares et al. (2005), avaliando o efeito da aplicação de diferentes lâminas de irrigação no desenvolvimento vegetativo do cafeeiro, verificaram incremento na altura das plantas, na medida em que se aumentou o nível de irrigação. Porém, para diâmetro de caule, os mesmos autores não observaram diferença entre os tratamentos aplicados. Já Karasawa, (2001), também observou que o aumento da lâmina de irrigação melhorou características de crescimento como altura de plantas e diâmetro de caule para variedade Topázio no município de Lavras – MG. Fernandes et al. (1998), que trabalhando com café Catuaí, irrigado por pivô central, encontraram valores de crescimento vegetativo da parte aérea de 50 a 60% maiores que os não-irrigados. Em estudo de Lambert (2009), verificou que plantas de café arábica, variedade Rubi, sob diferentes lâminas de irrigação apresentaram maiores valores relacionados ao

desenvolvimento vegetativo (altura, diâmetro de copa e de caule, comprimento de ramos plagiotrópicos e ortotrópico), quando comparado com plantas de sequeiro.

Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Silva et al. (2002), que validaram maiores alturas de plantas, diâmetro do caule, diâmetro da copa e número de ramos plagiotrópicos, utilizando lâminas de irrigação maiores em relação aos controles não irrigados. A substituição 100% de ECA para o cafeeiro foi a que produziu os melhores resultados para os parâmetros de crescimento da cultura. Alves et al (2000) e Silva et al. (2003) estudaram diferentes lâminas de irrigação aplicadas em café e observaram que as lâminas que proporcionaram o máximo crescimento da cultura foram aquelas que substituíram 100% da ECA. Entre uma avaliação e outra, foram observados ganhos no desenvolvimento das plantas nas maiores lâminas de aplicação, enquanto nas mínimas houve comprometimento devido à escassez de água. Portanto, é importante destacar que a adoção de práticas de manejo de irrigação é a base para o sucesso da cafeicultura.

O déficit hídrico causa redução da taxa fotossintética, uma vez que as plantas afetadas tendem a fechar os estômatos com intuito de reduzir as perdas de água pela transpiração. Com a redução da abertura do estômato, além de reduzir as perdas de água, a planta tende a diminuir a assimilação de CO<sub>2</sub>, ocasionando a redução na produção de fotoassimilados que, prolongando o período de deficiência hídrica, irá afetar de forma negativa o desenvolvimento produção da planta (Furlan, 2007; Taiz e Zeiger, 2009).

. O teor total de clorofila total (Tabela 3) também apresentou os maiores valores para a maior lâmina, sendo que quando comparada a lâmina de 50 % foi 4,58 % maior. Verifica-se que os valores indiretos de clorofila (índice SPAD) foram afetados após a aplicação de diferentes lâminas, ou seja, houve efeito fisiológico da diminuição de água aportada. Essa resposta também pode ser observada para a clorofila a e clorofila b (Figura 4), para os diferentes tratamentos estudados. Esta sensibilidade deve-se provavelmente ao impacto da falta de água sobre a taxa de expansão das células, devido à perda de turgor (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Tabela 4 – Média das variáveis Clorofila a e Clorofila b em água magnetizada em mudas de *Coffea arábica*.

FV	Clorofila a		Clorofila b	
	Rep 100%	Rep. 50%	Rep. 50%	Rep. 100%

<b>Água</b>	40,99	39,22	19,00	18,79
<b>eletromagnetizada</b>	aA	aB	bA	bB
<b>Controle</b>	40,42	38,45	19,67	19,50
	aA	aB	aA	aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas nas linhas, para cada variável não diferem entre si, pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Já em relação a eficiência de utilização de água pelas mudas de café, foi observado que o emprego de água eletromagnetizada foi superior estatisticamente em relação ao controle (água normal) conforme descrito na Tabela 4. Tal efeito pode ser explicado, pelo fato de que o campo eletromagnético oriundo do tratamento da água, pode modificar a composição molecular das pontes de hidrogênio (Porto 2004). Tal fenômeno proporciona uma maior eficiência na absorção da água pelas membranas celulares.

Tabela 5 – Média da variável eficiência de utilização da água (EUA) em água magnetizada em mudas de *Coffea arabica*.

<b>FV</b>	<b>EUA</b>
<b>Água eletromagnetizada</b>	1,70 a
<b>Controle</b>	1,10 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Destaca-se ainda, que a água tratada magneticamente tem efeito direto nas trocas iônicas do solo, decorrente da redistribuição de cargas espaciais nas micelas coloidais e também das mudanças espaciais das cargas nas argilas (Lopes et al., 2007), explicando em tese a melhora na eficiência no uso da água encontrado neste trabalho.

A otimização do uso da água por meio de procedimentos que melhorem a EUA, é encorajada, dado que, plantas que apresentam maiores EUA tem a capacidade de controlar melhor as perdas de água em condição agroclimáticas adversas, apresentando assim melhores vulnerabilidades a seca (Cavatte, 2007), desta forma o tratamento com a utilização de água magnetizada em plantas jovens de cafeeiro arábica, pode proporcionar melhorias na eficiência do uso da água dessas planta.

## 6. CONCLUSÕES

A reposição de 100% da lâmina de água as variáveis massa verde da parte aérea, massa verde das raízes, massa verde total, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, massa seca total, relação raiz parte aérea, altura, diâmetro e teor de clorofila total apresentaram valores significativamente superior quando comparados a lâmina de reposição de 50%.

A aplicação de água magnetizada em plantas jovens de cafeeiro arábica pode proporcionar melhoras na eficiência do uso da água em plantas jovens de cafeeiro arábica.

As plantas de cafeeiro arábica apresentaram maior desempenho fisiológico, crescimento inicial e acúmulo de biomassa vegetal quando cultivado na maior lâmina de irrigação.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves MEB, Faria MA, Guimarães RJ, Muniz JA & Silva EL (2000) Crescimento do cafeeiro sob diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 4 : 219-225

Avila EAL, Garcia RPO, Apfata JAC, Costa PMA, Silva NM, DaMatta FM, Zsogon A, Araujo WL, Picoli EAT, Sulpice R, Nesi NA. (2021) Specific leaf area is modulated by nitrogen via changes in primary metabolism and parenchymal thickness in pepper. *Planta*, 253, 16. doi: 10.1007/s00425-020-03519-7

Bragança, R.; Dos Santos, A. R.; De Souza, E. F.; De Carvalho A. J. C.; Luppi, A. S. L.; Da Silva, R. G. 2016. Impactos das mudanças climáticas no zoneamento agroclimatológico do café arábica no Espírito Santo. *Revista Agroambiente On-line*, v. 10, n. 1, p. 77-82.

Bunn, C., Läderach, P., Rivera, O. O., & Kirschke, D. (2015). A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. *Climatic Change*, 129(1), 89-101.

Busato, C.; Reis, E. F.; Martins, C.C.; Pezzopane, J. E. M. (2007) Lâminas de irrigação aplicadas ao café conilon na fase inicial de desenvolvimento. *Ceres*, v. 54, n. 314, p.351-357, jul./ago.

Camargo, A. P.; Camargo, M. B. P. (2001) Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. *Bragantia*, v. 60, n. 1, p. 6568.

CAVATTE, P. C. 2007 Morfologia, relações hídricas e fotossíntese em duas cultivares de *Coffea canephora* submetidas ao déficit hídrico. Viçosa: Dissertação (Mestrado), Programa de Pós graduação em Fisiologia Vegetal - UFV.

Clark, R. N.; Hiller, E. A. (1973) Plant measurements as indicators of crop water deficit. *Crop Science*, Madison, v. 13, p. 466-469.

Companhia Nacional De Abastecimento. Levantamentos de safra. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em: 21 maio 2022.

Crippa, V. M. (2018) Produtividade de cafeeiro irrigado com diferentes laminas de água magnetizada. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Agrônômica. Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo.

Damatta Fm, Ávila Rt, Cardoso Aa, Martins Scv, Ramalho Jc.(2018) Physiological and agronomic performance of the coffee crop in the context of climate change and global warming: A review. *Journal os Agricultural and Food Chimistry*. 66(21), 1883. doi: 10.1021/acs.jafc.7b04537

DaMatta FM, Ramalho JDC. (2006) Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. 18(1), 55-81. doi: [10.1590/S1677-04202006000100006](https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100006)

DaMatta FM, Ramalho JDC. 2006 Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. 18(1), 55-81..

Elias S. J. A. Verificação da Ocorrência de Mudanças Físico químicas e Moleculares da Água Quando Submetida a Tratamento Magnético: Uma Análise da Relevância Estatística. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica)- Universidade UNB GAMA, Brasília, 2015.

Fernandes, A. L. T.; Santinato, R.; Silva, R. O. (2018) Utilização de água magnetizada para a irrigação por gotejamento do cafeeiro. Disponível em: <<https://www.rastrorural.com.br/index.php/tecnologia/item/66-utilizacao-da-agua-magnetizada-para-a-irrigacao-por-gotejamento-do-cafeeiro>>. Acesso em: 5 de nov. de 2020.

Fernandes, A.L.T., Santinato, R., Santo, J.E., Amaral, R. (1998). Comportamento vegetativo-reprodutivo do cafeeiro catuaí cultivado no Oeste Baiano sob irrigação por pivô central. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 1, 1998, Araguari. Palestras e Resumos... Uberlândia: UFU/DEAGO, p.40-4.

Furlan, D. A. (2017) Coeficiente de estresse hídrico utilizando termografia infravermelha - estudo em cafeeiro conilon (*coffea canephora*). Campos do Goytacazes: Ed: UENF.

Huo, Z., Dai, X., Feng, S., Kang, S., Huang, G. 2013. Effect of climate change on reference evapotranspiration and aridity index in arid region of China. *Journal of Hydrology*, 492, 24-34.

IBGE- Instituto brasileiro de geografia e estatística. Censo agropecuário 2006: Disponível:. Acesso: 28 de maior de 2022.

Karasawa S (2001) Crescimento e produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Topázio MG-1190) sob diferentes manejos de irrigação localizada. Tese de Mestrado. Lavras, Universidade Federal de Lavras. 72 p.

Klein, A. L. (2000) Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois. São Paulo: UNESP, p.158.

Lambert, R. A. (2009) Lâminas de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Uberlândia – MG, Instituto de Ciências Agrárias, 52p.

Lopes, G. N.; Kroetz, V. J.; Alves, J. M. A.; Smiderle, O. K. (2007). Irrigação magnética. *Agro@mbiente*, v.1, p.1-8.

Marçal DMS, Ávila RT, Rojas LFQ, Souza RPB, Gomes Junior CC, Ponte LR, Barbosa ML, Oliveira LA, Martins SCV, Ramalho JDC, DaMatta FM. Elevated [CO<sub>2</sub>] benefits coffee growth and photosynthetic performance regardless of light availability. *Plant Physiology and Biochemistry*. 158, 524-535. 2021. doi: 10.1016/j.plaphy.2020.11.042

Marques I, Fernandes I, Paulo OS, Lidon FC, DaMatta FM, Ramalho JC, Barros AIR. (2022) A transcriptomic approach to understanding the combined impacts of supra-optimal temperatures and CO<sub>2</sub> revealed different responses in the polyploid *Coffea arabica* and its diploid progenitor *C. canephora*. *International Journal of Molecular Sciences*. 22(6), 3125. doi: 10.3390/ijms22063125

Martins, C. P., Vilela, L. A. A., Gomes, N. M. (2002) Influência de diferentes lâminas de irrigação aplicadas nos parâmetros de crescimento do cafeeiro. V Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada, 2002, Araguari-MG. *Anais do V Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada*. v.5, p.111-115.

Moreira DT, Mellis EV, Giomo GS, Teixeira LAJ, Cavalli E, Ramos LF. Determination of physical and chemical quality of coffee beans under improved potassium fertilization managements. *Coffee Science*, 16:e161895, 2021. doi: 10.25186/cs.v16i.1895

Nagay JHC, 1999. Café no Brasil: dois séculos de história Formação Econômica, Campinas, (3): 17-23, jun. 1999.

OIC- Organização Internacional de Café. Estatísticas de comércio, 2018. Disponível < [http://www.ico.org/pt/new\\_historical\\_p.asp?section=Estat%EDstica](http://www.ico.org/pt/new_historical_p.asp?section=Estat%EDstica) >. Acesso: 27 de maio de 2022.

OLIVEIRA, L. M. M. *et al.* Evapotranspiração de referência na bacia experimental do riacho Gameleira – PE, utilizando-se lisímetro e métodos indiretos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural Sciences**, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 58-67, 14 abr. 2008. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v3i1a250>.

Peloso AE, Tatagiba SD, Reis EF, Pezzopane JEM, Amaral JFT. 2017. Photosynthetic limitations in leaves of arabic coffee promoted by the water deficit. **Coffee Science**. 12, (3), 389–399.

Pham, Y., Reardon-Smith, K., Mushtaq, S., & Cockfield, G. (2019). The impact of climate change and variability on coffee production: a systematic review. *Climatic Change*, 156(4), 609-630.

Pizetta, S. C.; Rodrigues, R. R.; Ribeiro, W. R.; Reis, E. F. Dos.; Colodetti, T. V. 2016. Análise do crescimento do cafeeiro Arábica, em relação à fração de água transpirável do 54 solo. *Coffee Science*, v. 11, n. 1, p. 46–54.

Porto, M.E.G. Alterações de propriedades da água por processos físicos e químicos. Tese (Doutorado). Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, 2004.

Rena, A. B.; Maestri, M. (2000) Relações hídricas no cafeeiro. *ITEM: Irrigação & Tecnologia Moderna*, Brasília, n. 48, p. 34-41.

REZENDE, M. S. et al. Irrigação do cafeeiro com água magnetizada sob diferentes lâminas de irrigação. In: **INOVAGRI International Meeting, IV**. 2017.

Rodrigues, R. R.; Pizetta, S. C.; Silva, N. K. C.; Ribeiro, W. R.; Reis, E. F. 2016 Crescimento inicial do cafeeiro conilon sob déficit hídrico no solo. *Coffee Science*, v. 11, n. 1, p. 33–38.

Rosa, D. R. Q., Nogueira, N. O., & Monteiro, C. R. (2019). Disseminando conhecimentos sobre manejo da irrigação no cafeeiro. *Revista ELO – Diálogos Em Extensão*, 8(1). <https://doi.org/10.21284/elo.v8i1.1309>

Semedo JN, Rodrigues WP, Dubbertein D, Martins MQ, Martins LD, Pais IP, Rodrigues AP, Leitão AE, Partelli FL, Campostrini E, Tomaz MA, Roboredo FH, Campos OS, Barros AIR, Lidon FC, DaMatta FM, Ramalho JC. (2018) Coffee responses to drought, warming and high [CO<sub>2</sub>] in a context of future climate change scenarios. In: Alves, F., Leal Filho, W., Azeiteiro, U. (eds) *Theory and Practice of Climate Adapatation*. *Climate Change Management*. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-319-72874-2\_26

Silva M.L.O, Silva A.S, Costa H.S.C, Garcia P.R, Guimarães P.T.G & Silva E.L (2002) Crescimento do cafeeiro (*Coffea arábica* L.). In: 5º Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada, Araguari-MG. Anais, UFU. p.20-23.

Soares A.R, Mantovani E.C, Rena A.B, Coelho M.B & Soares A.A (2005) Avaliação do efeito da aplicação de diferentes lâminas de irrigação no desenvolvimento vegetativo do cafeeiro para a região do Cerrado de Minas Gerais. In: 4º Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Brasília. Anais, EMBRAPACAFÉ. CD-ROM

Taiz, L. & Zeiger, E. (2009) *Fisiologia vegetal*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed. 719 p.

Vicente, M. R.; Montovani, E. C.; Fernandes, A. L. T.; Delazari, F. T.; Figueredo, E. M. (2015) Efeito de diferentes lâminas de irrigação nas variáveis de desenvolvimento e produção do cafeeiro irrigado por pivô central. **Irriga**, v. 20, p.528-543.

WU G, Liu H, Huan L, Lou Q, Lin Y, He P, Liu J, Ye Q, Feng S. 2018. Differential responses of stomata and photosynthesis to elevated temperature in two co-occurring subtropical forest tree species. **Frontiers in Plant Science**. 9(67).