

NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO NO CULTIVO DE *Amaranthus cruentus* L. EM FUNÇÃO DA EVAPORAÇÃO DE MINI-TANQUE EVAPORÍMETRO

MARA RÚBIA MENDES DE MELO¹ E RICARDO ALEXANDRE LAMBERT²

¹ Doutoranda, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônômica, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rua José Barbosa de Barros, 1780. CEP: 18.610-307, Botucatu-SP - Brasil. E-mail: mara_mendesmelo@hotmail.com

² Professor Titular no curso de agronomia no Instituto Luterano de Ensino Superior (ILES/ULBRA Itumbiara), Av. Beira Rio, 1001. CEP: 75.522-330, Itumbiara-GO – Brasil. E-mail: ricardoalexandre Lambert@gmail.com

1 RESUMO

As pesquisas com amarantho ainda são incipientes no Brasil, no entanto a cultura apresenta perspectivas promissoras, dessa forma, é importante que se realize mais estudos para verificar quais processos fisiológicos, mudanças morfológicas e fenológicas da planta se alteram em função da irrigação. Objetivos da pesquisa foi determinar a real necessidade hídrica do amarantho, por meio de diferentes lâminas de irrigação e estudar o efeito sobre o rendimento e características do amarantho. Os tratamentos avaliados foram: 90%; 120%; 150%; 180%; 210% da evaporação. A evaporação diária foi observada por um mini-tanque evaporímetro. Os parâmetros medidos e avaliados foram número de folhas, diâmetro do caule e altura, comprimento das raízes, massa fresca da parte aérea, massa fresca das raízes, massa seca da parte aérea e massa seca das raízes. Comprimento, largura, peso fresco e seco da inflorescência e produção comercial por plantas e peso de mil sementes. As lâminas deficitárias bem como excessivas promoveram menores médias observadas, na maioria dos parâmetros avaliados; a lâmina de 180% foi a que melhor favorece o desenvolvimento final; e a lâmina que proporcionou maior produtividade foi a de 210%. Conclui-se que o amarantho tem elevada necessidade hídrica.

Palavras chaves: lâmina de irrigação, amarantho, produção, morfológicas.

MELO, M. R. M.; LAMBERT, R. A.

LEVELS OF IRRIGATION ON GROWING *Amaranthus cruentus* L. DEPENDING ON THE EVAPORATION OF MINI-TANK EVAPORIMETER.

2 ABSTRACT

Research on amaranth is still incipient in Brazil, however the culture has promising prospects, and it is important to conduct more studies to verify which physiological processes, morphological and phenological changes of the plant change as a function of irrigation. The research objectives were to determine the real water requirement of amaranth, through different irrigation depths and to study the effect on the yield and characteristics of amaranth. The treatments evaluated were 90%; 120%; 150%; 180%; 210% evaporation. Daily evaporation was observed by a mini-tank evaporimeter. The parameters measured and evaluated were the number of leaves, stem diameter and height, root length, shoot fresh mass, root fresh mass,

shoot dry mass and root dry mass. Length, width, fresh and dry weight of the inflorescence and commercial production per plant and weight of a thousand seeds. Deficit as well as excessive water depths promoted the lowest observed averages in most of the evaluated parameters; the 180% blade was the one that best favors the final development; and the blade that provided the highest productivity was 210%. It was concluded that amaranth has a high water requirement.

Keywords: irrigation depth, amaranth, production, morphological.

3 INTRODUÇÃO

O interesse mundial pelo amaranto é muito recente. Muitos são os países que, atualmente, cultivam o amaranto com diversas finalidades. Costa; Melo; Ferreira (2007) apontam que embora existam pesquisas e iniciativas de incorporação das folhas e grãos desse pseudocereal na alimentação humana e o enriquecimento de produtos alimentícios, o Brasil ainda não é listado como consumidor de amaranto. As características agronômicas que incentivam o plantio do amaranto são o rápido crescimento, tolerância ao déficit hídrico, grande produção de biomassa e ciclagem de nutrientes, além de ser uma fonte riquíssima de proteínas, minerais e vitaminas que podem ser utilizados tanto na alimentação humana como animal (SANTOS; COSTA, 2007).

O cultivo do amaranto pode ser feito em três épocas, safra, safrinha e inverno, e a produtividade depende da quantidade de água disponível para irrigação e dos índices pluviiais do período. A correção de solo, a irrigação e os equipamentos adequados garantem produções permanentes (TAGUCHI, 2011). Os estudos com amaranto ainda são incipientes, no entanto a cultura apresenta perspectivas promissoras, dessa forma é importante que se realize mais pesquisas no sentido de estabelecer quais processos fisiológicos, mudanças morfológicas e fenológicas da planta se alteram em função do déficit hídrico (SILVA, 2015).

Vieira *et al.* (2014) afirmam que a produção agrícola é a atividade humana que

tem sido responsável por grande parcela da água utilizada, tornando-se necessária a implantação de sistemas de irrigação eficientes, além da utilização de métodos que quantifiquem as reais necessidades hídricas das culturas, para que não haja desperdício. Um fator que necessita ser bem estudado é a quantidade e frequência de água a ser aplicada. Atualmente o manejo da quantidade total de água necessária a ser aplicada pode contar com a utilização de vários métodos, como o uso do equipamento tensiômetro, postos meteorológicos automatizados, tanques classe A e outros (BERNARDO, 1989).

Golin (2014) afirma que os evaporímetros são instrumentos que possibilitam uma medida direta do poder evaporativo da atmosfera, estando sujeitos aos efeitos de radiação, temperatura, vento e umidade relativa do ar. Os evaporímetros mais conhecidos são os atmômetros e os tanques de evaporação. Contudo, o mini-tanque evaporímetro é hoje muito utilizado a campo, devido ser de fácil operação, apresentar baixo investimento, e poder ser instalado em meio à cultura, o que favorece a avaliação da demanda hídrica, devido à estrutura favorecer a evaporação.

Lisboa *et al.* (2011) afirmam que o uso de tanques alternativos para medir a evaporação pode ser uma ferramenta útil para o manejo da irrigação, especialmente para pequenos agricultores que não têm acesso aos elementos meteorológicos necessários para o uso das equações. Estes mesmos tanques apresentam a vantagem da medição direta da evaporação, que se

correlaciona com a evapotranspiração das culturas.

Considerando-se esses aspectos, o presente trabalho teve como objetivo: Determinar a real necessidade hídrica da cultura, por meio de diferentes lâminas de irrigação. Estudar o efeito das lâminas de irrigação sobre o rendimento e características do amaranto cultivado em ambiente protegido, no município de Itumbiara-GO, visando definir critérios para o manejo da irrigação adequada.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campus experimental do curso de agronomia do Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara-GO ILES/ULBRA. A cidade está localizada na região Centro-Oeste, a uma altitude média de 440m a 18°26' latitude Sul 49°13' longitude Oeste. Segundo INMET (2020), o clima dessa região é caracterizado como quente e seco, com temperatura

oscilando de 19° até 42°C. A precipitação varia de 1400 mm a 1800 mm, com chuvas regulares nos meses de outubro a março e uma estação seca de abril a novembro. O período de realização do experimento foi de 01 de dezembro de 2013 à 30 de março de 2014.

O experimento foi instalado em uma casa de vegetação com área total de 168 m², pé direito de 2,3m e revestida com malha termorefletora com 50% (Aluminet®). A estrutura do teto era em arco com plástico transparente, as laterais de tela preta e o piso de terra batida coberto com brita.

A calagem e adubação foram realizadas com base na análise química e física do solo (Tabelas 1) e seguiu as recomendações disponíveis para a cultura do amaranto. Para tanto foi realizada uma adubação de plantio e uma de cobertura. A dosagem utilizada foi 500 kg ha⁻¹ do formulado 4-24-16, 10 Kg ha⁻¹ de Zinco, 5 Kg ha⁻¹ de boro e de cobertura 80 Kg ha⁻¹ de N.

Tabela 1. Resultado da análise química e textural do solo utilizado para o cultivo do amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) em vasos, Itumbiara, GO.

Solo	pH	P	K	Ca	Mg	SB	CTC	H+Al
	CaCl ₂	mg.dm ⁻³				C mol c /dm ⁻³		
Amostra 01	6,2	11,81	224,0	3,45	1,30	63,96	5,32	3,0
Composição do solo			Unidade			Valor		
Areia			%			35		
Silte			%			53		
Argila			%			12		

Fonte: Laboratório de Análise de Solo ILES/ULBRA.

Foi utilizada a cultivar de *Amaranthus* BRS-Alegria da empresa EMBRAPA Cerrados. Realizou-se o plantio no dia 20 de dezembro de 2013, colocando 10 sementes por vasos. O início da germinação ocorreu aos quatro dias após a semeadura (DAS), e o desbaste foi feito aos 12 DAS, deixando apenas uma planta por vaso. Durante o período de realização do experimento não houve a aplicação de

nenhum outro tipo de produto complementar.

Antes do plantio o solo foi colocado em sua capacidade de campo. Os vasos foram dispostos com espaçamento entre linhas de 22 cm. Utilizaram-se vasos com capacidade de 15 litros, com uma forração de sombrite para auxiliar na drenagem do mesmo.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado,

envolvendo 5 tratamentos com 4 repetições, totalizando 20 vasos, de acordo com o croqui da área (Figura 1). Os tratamentos avaliados foram: Trat. 01: 90% da evaporação; Trat. 02: 120% da evaporação; Trat. 03: 150% da evaporação; Trat. 04: 180% da evaporação; Trat. 05: 210% da evaporação. Observando o valor de evaporação diária do minitanque evaporímetro, calculou-se o valor da lâmina para os tratamentos avaliados.

O cálculo utilizado para se obter a lâmina de água necessária para o experimento é discriminado a seguir (Equação 1):

$$Lt = Emt \times Tr \times Av \quad (01)$$

Em que:

Lt = Lâmina de irrigação total utilizada (mL);

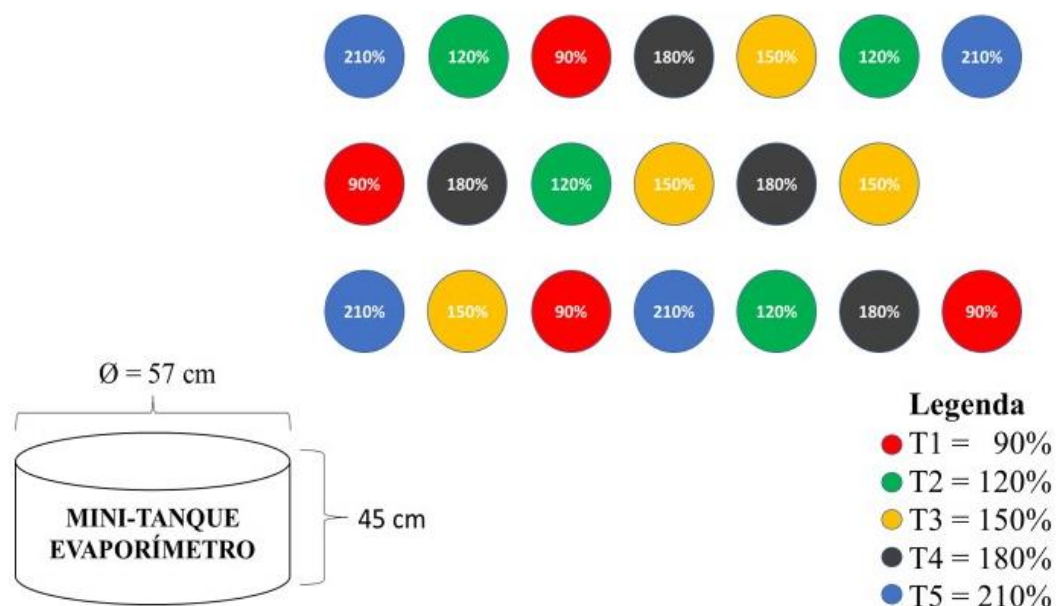
Emt = Evaporação no mini tanque (cm);

Tr = Tratamento utilizado em decimal;

Av = Área do vaso (cm²).

O minitanque evaporímetro alternativo utilizado possuía as seguintes características: forma circular, construído a partir um tambor metálico e pintado, com capacidade de 200L, diâmetro interno de 57 cm de diâmetro e 45 cm de profundidade. O minitanque permaneceu apoiado sobre estrado de madeira, este com altura de 15 cm acima do solo (Figura 1). No tanque foi colocado água até o nível de 40 cm abaixo da borda livre onde o mesmo apresentava uma régua de 50 cm para a leitura da evaporação diária.

Figura 1. Croqui do experimento com amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) em função das lâminas de irrigação, com representação gráfica das dimensões do mini-tanque evaporímetro, Itumbiara, GO.



Estas leituras do nível de água no mini tanque, foram realizadas diariamente sempre as 09:00 horas da manhã, em intervalos de 24 horas. Depois de observada a evaporação do mini tanque em cm, pode-se calcular a lâmina de irrigação total,

obtendo assim a quantidade de água necessária para cada tratamento.

Durante a condução do estudo, foram medidas as temperaturas máxima e mínima e do ambiente diariamente, por meio de um termômetro do tipo de capela de máxima e

mínima com botão central designado para esse fim, instalado em abrigo na casa de vegetação.

Os parâmetros medidos e avaliados durante o período experimental, foram distribuídos em três conjuntos: aqueles relacionados ao seu desenvolvimento inicial, os relacionados ao seu desenvolvimento final e os que se relacionavam a sua produção. Em relação ao desenvolvimento inicial foram determinadas as seguintes características morfológicas aos 20, 40, e 60 dias: número de folhas, diâmetro do caule e altura. O segundo conjunto relacionado ao seu desenvolvimento final aos 90 dias: foi avaliado diâmetro do caule, comprimento da parte aérea, comprimento das raízes, massa fresca da parte aérea, massa fresca das raízes, massa seca da parte aérea e massa seca das raízes. Para o último conjunto de parâmetros, determinou-se: Comprimento, largura, peso fresco e seco da inflorescência e produção comercial por plantas e peso de mil sementes.

Para a avaliação de diâmetro das plantas, foi utilizado um paquímetro digital graduado em milímetro, obedecendo sempre uma altura de medição de 5 cm do solo. A avaliação do comprimento foi realizada com auxílio de uma régua graduada. Para a obtenção do peso seco das inflorescências, estas foram colhidas inteiras e secas ao ar, até atingirem peso constate, e em seguida as sementes foram debulhadas, passadas em um soprador e pesadas. As massas frescas da parte aérea e das raízes após pesadas foram colocadas em estufa para secagem com temperatura de 65°C durante 72 horas, para a obtenção das matérias secas das mesmas.

A avaliação estatística do experimento foi realizada pelo programa

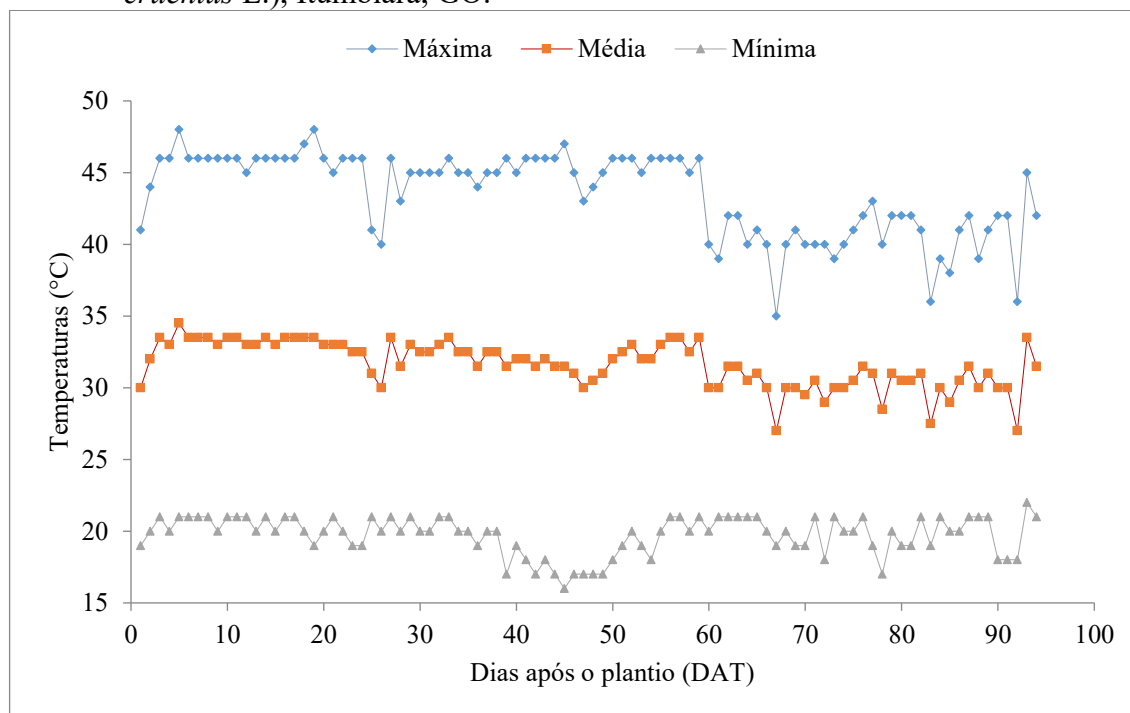
computacional SISVAR (FERREIRA, 2003), sistema para análise de variância. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias submetidas à análise de regressão a 1 e 5% de probabilidade, utilizando-se médias de cada avaliação, onde as equações que melhor se ajustaram aos dados foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão e no maior coeficiente de determinação (R^2).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas máximas, mínimas e médias no interior da casa de vegetação, durante a condução do experimento, estão apresentadas na Figura 2. Neste período, a temperatura média do ar no interior da casa de vegetação foi de 31,64°C; as mínimas ficaram entre 16 e 22°C e as máximas, entre 35°C e 48°C. Segundo Gonçalves; Mustafá; Gerencer (2012), para o cultivo de amaranto a temperatura média do ambiente deve ser maior que 25°C, e afirma que o amaranto não cresce em temperaturas abaixo de 18°C. Já Farfan; Marcílio; Spehar (2005), informam que a planta de amaranto tem capacidade de se desenvolver e frutificar num ambiente com muita luminosidade e elevadas temperaturas (35 a 45°C). Isso explica o processo de adaptação das espécies na região do cerrado.

Observa-se então que o valor médio das temperaturas máxima (43,53°C) e mínima (19,76°C) encontrado nesse estudo está dentro da faixa recomendada pelos autores. Tais condições climáticas, dentro da faixa adequada proporcionou um ambiente ótimo para o desenvolvimento do experimento.

Figura 2. Temperaturas máximas, mínimas e médias no interior da casa de vegetação, registradas durante a execução do experimento com amaranto (*Amaranthus cruentus* L.), Itumbiara, GO.

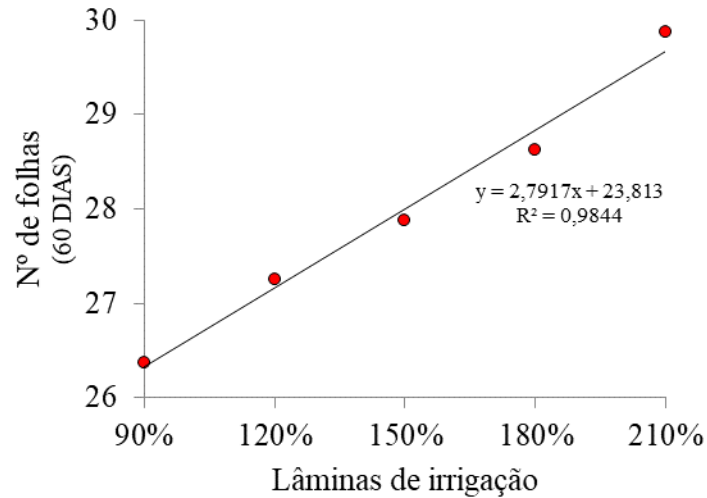


De acordo com os resultados da análise de variância para as médias do diâmetro do caule, não houve diferença significativa, para nenhum dos dias avaliados. Silva *et al.* (2007) também observaram a ausência de efeito significativo para as lâminas de irrigação para a característica diâmetro do caule na cultura do girassol. Resultado contrário, foi encontrado por Oliveira (2013) trabalhando com milho sob diferentes lâminas de irrigação, concluiu que a maior lâmina de água utilizada representou um decréscimo do diâmetro avaliado.

Os resultados da análise de variância para as médias de número de folhas

demonstraram que nas avaliações aos 20 e 40 dias, não houve diferença significativa, porém aos 60 dias houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade. Conforme resultados, obteve-se uma resposta linear, para as médias de número de folhas aos 60 dias que aumentam proporcionalmente com o aumento das lâminas de irrigação (Figura 3). Boareto *et al.* (2012), trabalhando com girassol em função da aplicação de lâminas de água, observaram que o número de folhas do girassol sofreu a influência do manejo de irrigação.

Figura 3. Representação gráfica e equação de regressão de número de folhas (60 dias) das plantas de amaranto em função das lâminas de irrigação.



Os resultados da análise de variância para o parâmetro altura demonstrou que houve diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade aos 20 e 60 dias e ao nível de 5% aos 40 dias. Na Figura 4, é apresentado a altura de plantas aos 20 e 40 de acordo com os tratamentos aplicados, obtendo os valores médios de 33,5; 30,5; 29,75; 29,75 e 24,0 cm aos 20 dias e 51,75; 51,5; 46,5; 46,5 e 44,25 cm aos 40 dias, para os níveis 90%, 120%, 150%, 180% e 210% de evaporação, respectivamente, observando-se uma redução linear do comprimento da parte aérea. Assim, pode-se afirmar que o aumento crescente das lâminas de água aplicada no solo, para a cultura do amaranto, no desenvolvimento inicial das plantas até aos 40 dias, afetou o desenvolvimento do caule dessa cultura, pois maior lâmina de água pode significar que as plantas têm maior dificuldade para retirar água do solo, resultando em um menor crescimento do comprimento da parte aérea.

Com relação à altura aos 60 dias, obteve-se uma regressão quadrática. Foi observado que a lâmina de 120% proporcionou maior desenvolvimento da parte aérea. Por outro lado, as lâminas de maior nível favoreceram uma queda significativa no desenvolvimento da parte

aérea. A lâmina de 90% se destacou favorecendo um melhor desempenho até aos 40 dias, porém aos 60 dias foi observado que esta lâmina foi a que menos favoreceu o crescimento da parte aérea, este evento pode ser explicado, pois quanto maior for o porte da planta maior será a sua demanda de água (Figura 4). Plantas com menor disponibilidade hídrica tendem a apresentar menor altura, pois a restrição hídrica pode afetar os processos metabólicos do crescimento das plantas (TAIZ; ZAGER, 2004).

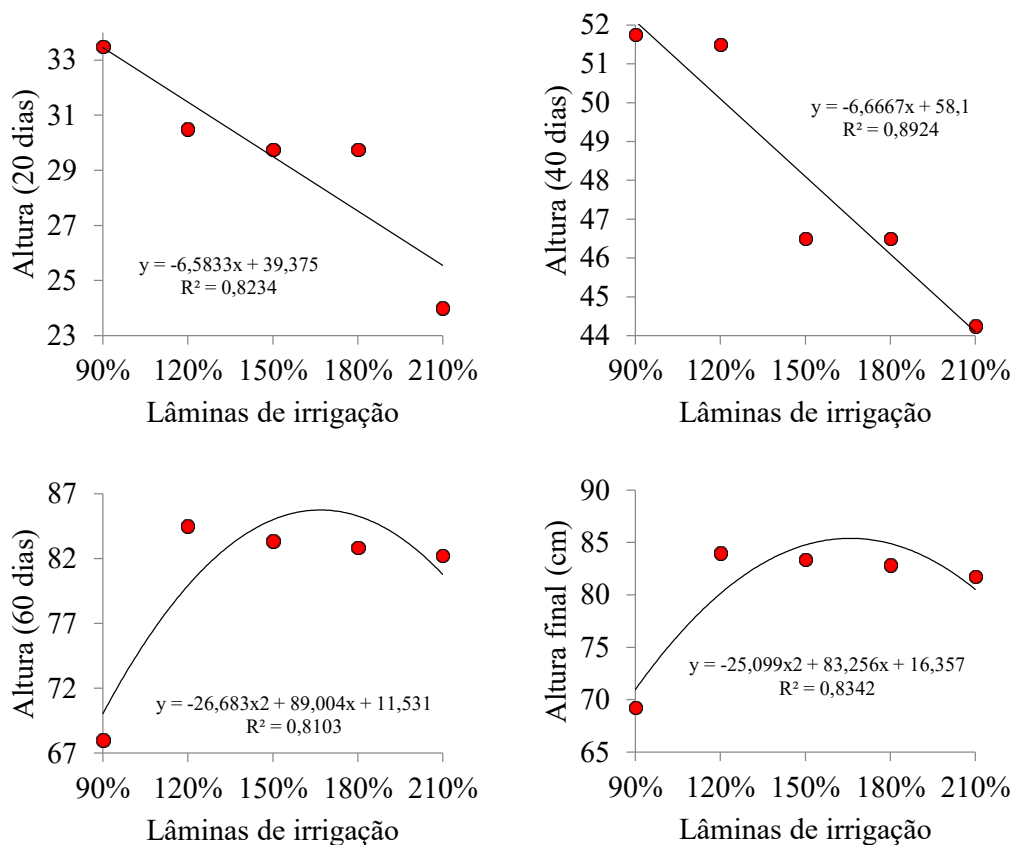
Para a característica altura final, a análise de regressão permitiu um ajuste quadrático de curva de 0,83. Conforme equação ajustada, o valor do máximo da altura foi de 84 cm, obtido na lâmina de 120%. Nas lâminas de 150%, 180% e 210% ocorreram um decréscimo no seu desenvolvimento. A lâmina de 90% foi a pior entre os tratamentos (Figura 4). Ferreira (2012) conceitua que a planta de amaranto apresenta estatura média de 1,80 m. Como no presente trabalho foram observadas alturas bem inferiores, podemos ressaltar que o cultivo protegido pode ter afetado negativamente o seu desenvolvimento.

Este resultado está de acordo com o encontrado por Vidal (2012), o qual notou que a lâmina de irrigação a 150% apresentou

altura de 2,21 vezes maior que as plantas irrigadas com lâmina de 25% da evapotranspiração, no milho com diferentes lâminas de irrigação, da mesma forma que lâminas com porcentagem superior observaram-se um decréscimo. Também foi notado resultados semelhantes ao deste

experimento por Gomes *et al.* (2003) em que a altura das plantas de girassol aumentou, conforme se aumentou a lâmina aplicada. Domingos *et al.* (2005) afirmam que as maiores produções de grãos de amaranto apresentaram relação com as plantas mais altas, independente da cultivar.

Figura 4. Representação gráfica e equação de regressão da altura (20, 40, 60 dias e final) das plantas de amaranto em função das lâminas de irrigação.

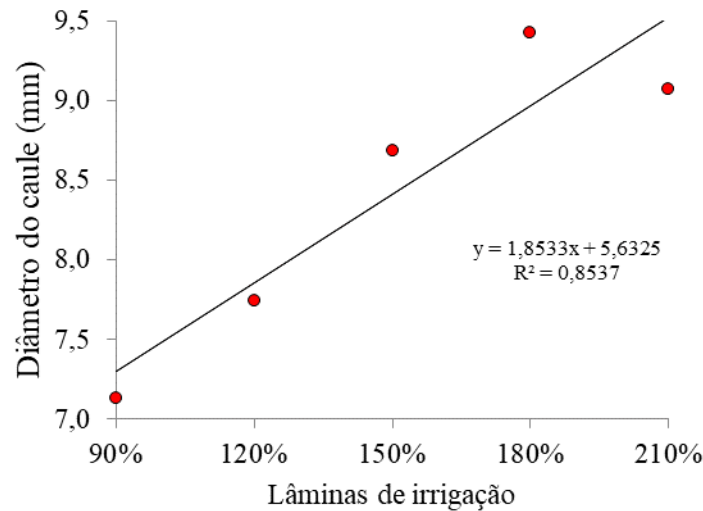


A variável massa seca da parte aérea foi significativa ao nível de 5% de probabilidade. O diâmetro do caule, comprimento da parte aérea, comprimento das raízes, massa fresca da parte aérea, massa fresca das raízes e massa seca das raízes avaliados foram significativas ao nível de 1% de probabilidade.

A análise de regressão para o diâmetro do caule está apresentada na Figura 5. Verifica-se que, à medida que se

aumentou a quantidade de água irrigada, melhor a planta respondeu. Isso nos mostra que o manejo de irrigação de 180% foi o melhor tratamento para a devida variável testada, tendo uma diferença entre o menor tratamento (90%) de 2,2925mm, já com o maior tratamento (210%) ocorreu um decréscimo na resposta. Stallknecht e Schulz-Schaeffer (1993) afirmam que o caule do amaranto apresenta variação entre 2,54 e 15 cm, dependendo da densidade das plantas e da umidade da superfície do solo.

Figura 5. Representação gráfica e equação de regressão do diâmetro do caule das plantas de amaranto em função das lâminas de irrigação.

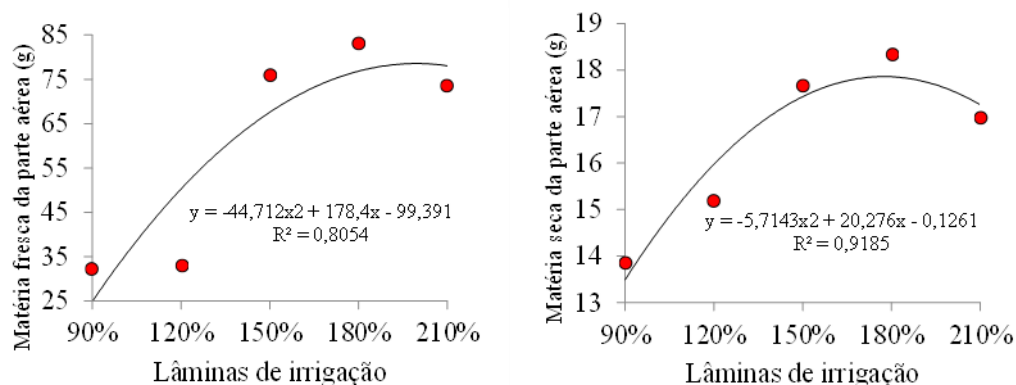


Na Figura 6, estão dispostos o comportamento dos dados da massa fresca da parte aérea e massa seca da parte aérea, em função das lâminas de irrigação aplicadas com base na evaporação do mini tanque evaporímetro. Observa-se que, o fator lâmina provocou efeitos significativos, os valores médios de massas das plantas mantiveram uma tendência quadrática em função da lâmina aplicada. A lâmina de 180% se destacou das demais lâminas nos dois parâmetros mencionados.

Fasina; Awe; Aruleba (2008) em pesquisa mostraram que irrigar a cultura do amaranto diariamente deu o maior rendimento de biomassa. Resultados semelhantes a este trabalho foi observado por Gomes *et al.* (2003), em sua pesquisa

avaliando o impacto da suplementação hídrica no acúmulo e partição da matéria seca de girassol, constataram que a massa da planta aumentou conforme o aumento das lâmina de irrigação. De acordo com Paiva *et al.* (2005), o decréscimo de água no solo diminui o potencial de água na folha e sua condutância estomática, promovendo o fechamento dos estômatos, bloqueando o fluxo de CO₂ para as folhas, afetando o acúmulo de fotoassimilados. Por outro lado, a planta responde positivamente às condições mais favoráveis de água no solo, mantendo taxas fotossintéticas elevadas, proporcionando uma maior produção de fotoassimilados, implicando em maiores produções de matéria fresca.

Figura 6. Representação gráfica e equação de regressão da massa fresca da parte aérea e massa seca da parte aérea das plantas de amaranto em função das lâminas de irrigação.

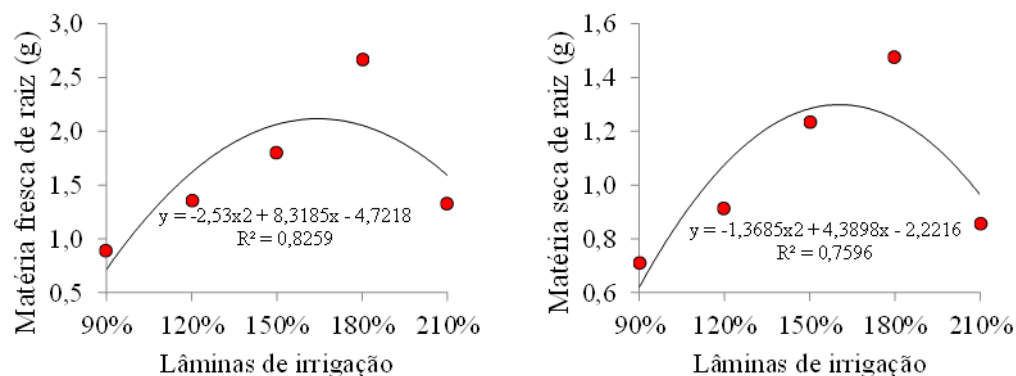


A deficiência hídrica reduz a multiplicação e a expansão das células, resultando em menor crescimento do dossel vegetativo das plantas. Em geral, o crescimento das plantas é afetado pela disponibilidade de água no solo, pois a extensibilidade plástica e elástica dos tecidos decresce quando estes são expostos a condições limitadas de disponibilidade hídrica, reduzindo a expansão do dossel vegetativo (NEUMANN, 1995).

Dada à significância da influência do fator lâmina de irrigação, a análise de

regressão polinomial indicou um polinômio de 2º grau como sendo a equação que melhor descreve o comportamento da massa fresca das raízes e massa seca das raízes, em função das lâminas aplicadas (Figura 7). Taiz e Zeiger (2004) afirmam que a melhor forma de se avaliar o crescimento de uma planta seria a massa seca, pois a massa fresca é um parâmetro muito sensível às oscilações hídricas, uma vez que a maior parte dos vegetais é formada por água.

Figura 7. Representação gráfica e equação de regressão da massa fresca das raízes e massa seca das raízes das plantas de amaranto em função das lâminas de irrigação.

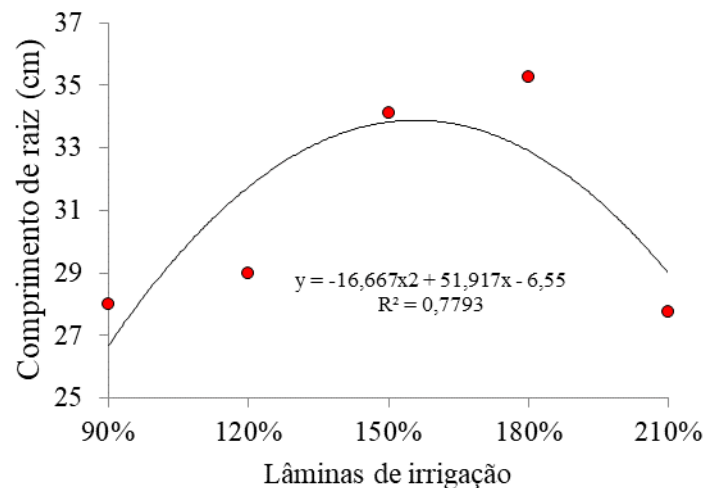


De acordo com a significância da influência da lâmina de irrigação no comprimento de raiz, realizou-se a análise de regressão a qual indicou uma equação de quadrática (Figura 8). Observou-se que as raízes das plantas cultivadas sob as lâminas de 90%, 120% e 210% foram as que menos

se desenvolveram. E a lâmina de 180% foi a que mais sobressaiu para comprimento de raiz, sendo seguida muito próxima pela lâmina de 150%. Pinto *et al.* (2011) em estudo, observaram a redução no comprimento médio de raiz e de parte aérea. As raízes apresentaram comprimentos

menores com média de 1,09 cm enquanto a testemunha alcançou a média de 2,33 cm.

Figura 8. Representação gráfica e equação de regressão do comprimento das raízes das plantas de amaranto em função das lâminas de irrigação.



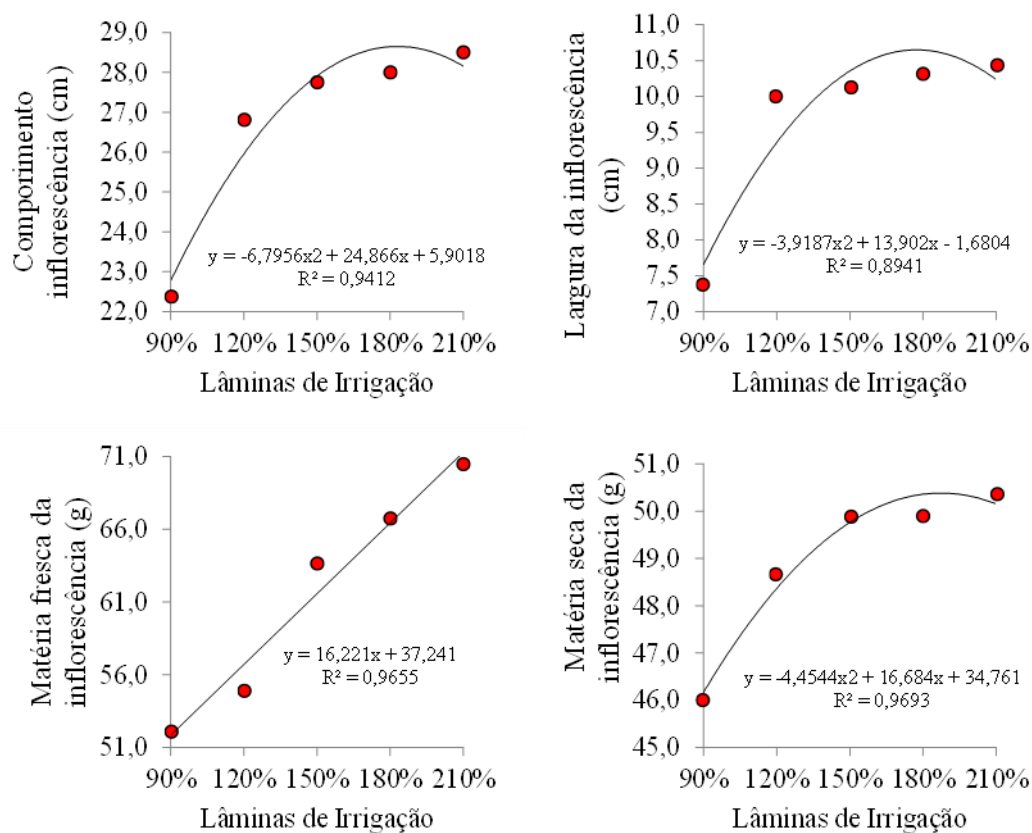
Os resultados foram significativos pelo teste F ($p < 0,01$) para os parâmetros comprimento e largura da inflorescência. A Figura 9 mostra a tendência quadrática para o comprimento da inflorescência. A maior lâmina, de 210% que equivale a (894,6 mm) de lâmina aplicada foi a que sobressaiu as demais e a variação entre os tratamentos foi crescente. A tendência de aumento da largura da inflorescência pode ser visualizada na Figura 9. A largura da inflorescência apresentou comportamento semelhante ao comprimento da inflorescência, visto que o tratamento que se sobressaiu foi o de 210% que equivale a (894,6 mm) de lâmina aplicada. Já a menor lâmina de 90% que equivale a (383,4 mm) que menos se desenvolveu.

Os parâmetros matéria fresca e seca da inflorescência foram significativos pelo

teste F ($p < 0,01$). Na Figura 9 está representada a análise de regressão para matéria fresca da inflorescência, mostrando uma tendência linear. Observa-se uma reta crescente respectivamente, de acordo com as lâminas aplicadas, 90% (383,4 mm), 120% (511,2mm), 150% (639,0mm), 180% (766,8mm) e 210% (894,6 mm). A Figura 9 mostra uma tendência quadrática para o parâmetro matéria seca da inflorescência. Verifica-se um desenvolvimento crescente, de acordo com que as lâminas foram aumentando, com destaque para o tratamento de 894,6 mm de lâmina aplicada.

Ribeiro; Pieterse; Famba (2018) em estudo revelaram que os comprimentos das panículas e dos entrenós, bem como os rendimentos de palha e grãos de ambas as cultivares de amaranto diminuem quando há a diminuição do teor de água no solo.

Figura 9. Representação gráfica e equação de regressão do comprimento da inflorescência, largura da inflorescência e matéria fresca e seca da inflorescência das plantas de amaranto em função das lâminas de irrigação.



Os parâmetros produtividade por planta e peso de mil sementes foram significativos pelo teste F ($p < 0,01$). Os valores das lâminas aplicadas (durante todo ciclo da cultura), as medias observadas dos parâmetros produtividade e peso de mil sementes, para cada nível de reposição (tratamentos) são verificados na Tabela 2.

Sabe-se que a irrigação visa atender à demanda de água das plantas nos períodos críticos, e é necessário aplicá-la em quantidade correta. Se insuficiente, prejudica o desenvolvimento da planta e, se em excesso, provoca desperdícios de água, energia e nutrientes (SILVA *et al.*, 2008).

Tabela 2. Lâminas aplicadas, produtividade e peso de mil sementes das plantas de amaranto em função das lâminas de irrigação, Itumbiara-GO.

Tratamento (%)	Lâminas aplicadas (mm)	Produtividade (g planta)	Peso de mil sementes (g)
90%	383	3,20	0,690
120%	511	4,41	0,750
150%	639	4,58	0,787
180%	766	4,86	0,792
210%	894	5,55	0,795

Com base na Tabela 2, podemos analisar que ocorreram os seguintes acréscimos na produção entre o menor e o maior tratamento, sendo que o tratamento 90% apresentou produtividade de 3,20g, os demais tratamentos apresentaram um incremento de 37,81; 43,12; 51,87 e 73,43% para as lâminas 120%, 150%, 180% e 210%, respectivamente, em relação a lâmina 90%. Assim podemos afirmar que com a lâmina de 210% pode-se produzir em média de 73,43% a mais que a lâmina de 90%.

Resultado contrário foi encontrado por Costa e Santos (2009), em que os tratamentos não interferiram no desenvolvimento do amarantho, na produção de biomassa fresca e seca e na produção de grão do amarantho. Estudos realizados nos cerrados, por Spehar *et al.* (2003), constataram uma produção, do *Amaranthus cruentus*, de 2.359 kg ha⁻¹ de grãos e 5.650 kg ha⁻¹ de biomassa total em 90 dias de ciclo.

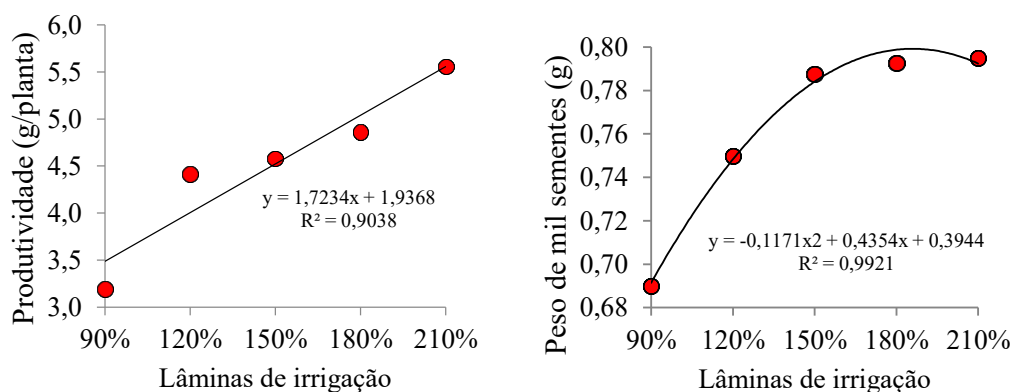
Notou-se aumento da eficiência do uso da água em função das reposições de água. Figura 10 está apresentada uma tendência linear. E novamente houve um crescimento de acordo com o aumento das lâminas. A lâmina de 210% foi a que proporcionou a maior média de produtividade. A disponibilidade hídrica do solo condicionada pelas aplicações das maiores lâminas de irrigação durante todo o

ciclo da cultura, possivelmente, possibilitou a demanda hídrica necessária para uma maior produção.

O amarantho tende a apresentar a maior biomassa de produção, nos níveis de água mais altos, e é responsivo à irrigação, isso sugere que seu o plantio deve ser antecipado, a fim de permitir uma maior disponibilidade de água (JAYME-OLIVEIRA *et al.*, 2017). A variedade de amarantho BRS Alegria apresentou maior sensibilidade à restrição hídrica, o que proporcionou decréscimos significativos na produtividade e menor índice de colheita (SILVA, 2015). Costa e Santos (2009) ao cultivarem esse mesmo vegetal teve produção média de 39,54 g planta⁻¹. Silva *et al.* (2019) utilizando a cultivar BRS Alegria teve melhor produtividade no tratamento sem restrição hídrica com média de 2.008,6 kg ha⁻¹.

Na Figura 10, é mostrado o comportamento do peso de mil sementes em função dos níveis de reposição de água, apresentando uma tendência quadrática para o parâmetro avaliado. Observa-se que os valores dos tratamentos 150%, 180% e 210% foram muito próximos, sendo as médias respectivamente 0,787; 0,792 e 0,795.

Figura 2. Representação gráfica e equação de regressão da produtividade e peso de mil sementes das plantas de amarantho em função das lâminas de irrigação.



Spehar *et al.* (2003) conceituam que os grãos prontos para o armazenamento, com umidade de 12%, apresentam peso médio de 0,68 g por 1.000 sementes. Viana (2012), trabalhando cultura do girassol observaram para a massa de 1000 aquênios com o aumento linear em função do aumento das lâminas aplicadas. A lâmina que proporcionou os maiores valores para a característica avaliada (48,23 g), foi a lâmina de 807,1 mm (125 % da ECA) e os menores (38,49 g) a de 378 mm, equivalente a 25 % da ECA, com média experimental de 43,58 g.

Steven *et al.* (2019) afirmam que os níveis apropriados de irrigação precisam ser selecionados, o que aumentará os rendimentos da cultura do amaranto. Lavini *et al.* (2015) relatam que uma redução de 50% no volume de irrigação não causou redução significativa na produção do amaranto. Toyin *et al.* (2015) destacam que a cultura do amaranto requer muito mais aplicação de água durante o período vegetativo e estádios de floração do que na emergência e senescência.

6 CONCLUSÕES

As lâminas próximas a evaporação do mini-tanque evaporímetro não atenderam as necessidades da cultura, apresentando elevada necessidade hídrica. A lâmina que proporcionou maior produtividade foi a de 210% (894,6 mm) da evaporação do mini tanque. Lâminas abaixo e muito acima da evaporação não promoveram os melhores resultados biométricos da cultura. Valores de 120% a 180% da evaporação apresentaram o melhor desenvolvimento, de forma geral, em todos os aspectos observados da cultura do amaranto.

7 REFERÊNCIAS

- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 5. ed. Viçosa, MG: UFV: Imprensa Universitária, 1989. 596 p.
- BOARETO, B.; SANTOS, R. F.; CARPINSKI, M.; MARCO JUNIOR, J.; BASSEGIO, D.; WAZILEWSKI, W. T. Manejo de irrigação de plantas energéticas - Girassol (*Helianthus annuus*). **Acta Igazu**, Cascavel, v. 1, n. 1, p. 48-58, 2012.
- COSTA, D. M. A.; MELO, H. N. S.; FERREIRA, S. R. Conteúdo de N, P, K, Ca e Mg no amaranto sob estresse salino e proteção do solo. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 2., 2007, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: CONNEPI, 2007.
- COSTA, D. M. A.; SANTOS, P. G. Uso de efluentes doméstico de lagoa de estabilização no cultivo do amaranto (*Amaranthus* spp). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 1, p. 27-33, 2009.
- DOMINGOS, V. D.; ERASMO, E. A. L.; SILVA, J. I. C.; CAVALCANTE, G. D.; SPEHAR, C. R.; COSTA, N. V. Crescimento de grãos e biomassa de cultivares de amaranto (*Amaranthus cruentus*) em função de adubação com npk. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 29-39, 2005.
- FARFAN, J. A.; MARCÍLIO, R.; SPEHAR, C. R. Deveria o Brasil investir em novos grãos para a sua alimentação? A proposta do amaranto (*Amaranthus* sp.). **Revista Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 47-56, 2005.
- FASINA, A. S.; AWE, G. O.; ARULEBA, J. O. Irrigation suitability evaluation and

- crop yield – An example with *Amaranthus cruentus* in Southwestern Nigeria. **African Journal of Plant Science**, África, v. 2, n. 7, p. 61-66, 2008.
- FERREIRA, C. C. **Efeito da densidade de plantas e doses de nitrogênio sobre a produtividade, fenologia e composição organomineral de amaranto em latossolo de cerrado**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, DF, 2012.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar**. Versão 4.2. Lavras: UFLA, 2003.
- GOLIN, I. R.; MONTEIRO, M. A.; SANTOS, R. F.; SECCO, D.; BORSOI, A.; FRIGO, E. P. Níveis de irrigação no cultivo de *Cuphea gracilis* em função da evaporação de mini-tanque evaporímetro, Maceió, 2011. In: XIX Simpósio brasileiro de recursos hídricos, **Anais...** Maceió, ABRHidro, 2011. p. 1-15.
- Gomes, E. M.; Ungaro, M. R. G.; Vieira, D. B. Impacto da suplementação hídrica no acúmulo e partição da matéria seca de girassol. In: Simpósio Nacional de Girassol, 3, e Reunião Nacional da Cultura de Girassol, 15, 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: CATI, 2003., CD-Rom.
- GONÇALVES, A. J.; MUSTAFÁ, F.; GERENCER, P. **Cultivo e funcionalidade de amaranto**. Piracicaba: USP, 2012. Disponível em: <http://respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/Mjc3MjM=>. Acesso em: 16 mar. 2014.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. 2013. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso em: 16 abr. 2020.
- JAYME-OLIVEIRA, A.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; ZIVIANI, A. C.; JAKELAITIS, A. Amaranth, quinoa, and millet growth and development under different water regimes in the Brazilian Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 52, n. 8, p. 561-571, 2017.
- LAVINI, A.; PULVENTO, C.; D'ANDRIA, R.; RICCARDI, M.; JACOBSEN, S. Effects of saline irrigation on yield and qualitative characterization of seed of an amaranth accession grown under Mediterranean conditions. **The Journal of Agricultural Science**, Florida, v. 154, n. 5, p. 858-869, 2015.
- LISBOA, T. M.; BATISTA, C. H.; AQUINO, L. A.; SILVA, H. R. F.; MELO, V. L.; SANTOS JUNIOR, V. C. Tanque evaporimétrico alternativo e equações para estimativa da evapotranspiração de referência na região norte de MG. **Revista Brasileira Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 5, n. 1, p. 54-62, 2011.
- NEUMANN, P. M. The role of cell wall adjustment in plant resistance to water deficits. **Crop Science**, Madison, v. 35 n. 1, p. 1258-1266, 1995.
- OLIVEIRA; D. B. **Avaliação fisiológica do milho (*zea mays*) sob diferentes lâminas de irrigação, no município de Itumbiara – GO**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara, Universidade Luterana do Brasil, Itumbiara, 2013.
- PAIVA, A. S; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 161-169, 2005.

- PINTO, T. T.; BONAMIGO, T.; SILVA, J.; GOMES, F. M.; FORTES, A. M. T.; PILATTI, D. M. Efeitos alelopáticos do exsudado radicular de *Amaranthus cruentus* L. sobre sementes de *Glycine max* (L.) Merrill, *Zea mays* L. e *Bidens pilosa* L. **INSULA Revista de Botânica**, Florianópolis, v. 4. n. 40, p. 13-24. 2011.
- RIBEIRO, J. E. M. M.; PIETERSE, P. J.; FAMBA, S. I. Amaranth grain production as affected by watering regimes and day length in southern Mozambique, **South African Journal of Plant and Soil**, South Africa, v. 35, n. 1, p. 23-32, 2018.
- SANTOS, P. G.; COSTA, D. M. A. Vantagens do Cultivo do Amaranto. In: Anais do II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica. João Pessoa, 2007. **Anais...** João Pessoa: CONNEPI, 2007.
- SILVA, J.; BIANCHINI, A.; COSTA, P.; LOBO, F.; ALMEIDA, J. P.; MORAES, M. Amaranth Response to Water Stress. **Journal of Experimental Agriculture International**, India, v. 40, n. 1, p. 1-9, 2019.
- SILVA, J. G. **Aspectos fisiológicos e produtivos do amaranto Submetido a diferentes períodos de estresse hídrico**. 2015. Dissertação (Mestrado Agricultura Tropical) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2015.
- SILVA, M. L. O.; FARIA, M. A.; MORAIS, A. R.; ANDRADE, G. P.; LIMA, E. M. C. Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água. **Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 482-488, 2007.
- SILVA, P. A. M.; PEREIRA, G. M.; REIS, R. P.; LIMA, L. A.; TAVEIRA, J. H. S. Função de resposta da alface americana aos níveis de água e adubação nitrogenada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1266-1271, 2008.
- SPEHAR, C. R.; TEIXEIRA, D. L.; CABEZAS, W. A. R. L.; ERASMO, E. A. L. Amaranto BRS Alegria: alternativa para diversificar os sistemas de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 5, p. 659-663, 2003.
- STALLKNECHT, G. F.; SCHULZ-SCHAEFFER, J. R. Amaranth rediscovered. In: JANICK, J.; SIMON, J. E. (ed.). **New Crops**. New York: Wiley, 1993. p. 211-218.
- STEVEN, L. P.; AYYANAGOWDAR, M. S.; MAHESHWARA BABU, B.; PAMPANNA, Y.; POLISGOWDAR, B. S.; RAMESH, G. Evaluation of Drip Irrigation Levels on Amaranthus (*Amaranthus hybridus* L) Yield and Water Use Efficiency under Shade-Net. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, India, v. 8, n. 9, p. 318-326, 2019.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- TAGUCHI, V. **Amaranto**: novidade no campo. Iguaria dos Andes, amaranto ganha espaço no Cerrado. **Revista Globo Rural**, 2011. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,ERT238954-18287,00.html> Acesso em: 05 mar. 2014.
- TOYIN, F. J.; MIGUEL, R. J.; GBENRO, O. P.; EBENEZER, A. A. Greenhouse evapotranspiration and crop factor of Amaranthus cruentus grown in weighing lysimeters. **African Journal of**

Agricultural Research, África, v. 10, n. 34, p. 3453-3461, 2015.

VIANA, T. V. A.; LIMA, A. D.; MARINHO, A. B.; DUARTE, J. M. L.; AZEVEDO, B. M.; COSTA, S. C. Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do girassol, sob condições semiáridas. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 126-136, 2012.

VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SOUSA, M. B. A.; BONOMO, R. Influência da aplicação de diferentes

lâminas de irrigação nos parâmetros de crescimento do cafeeiro na região de viçosa, MG. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Viçosa, 2000: **Anais...** Brasília, D.F.: Embrapa Café, 2000. (CD-ROM).

VIDAL, V. M. Características vegetativas do milho (*Zea mays* L.) submetido a diferentes lâminas de irrigação. In: I Congresso de Pesquisa e Pós-Graduação do Câmpus Rio Verde do IFGoiano, novembro, 2012. **Anais...** Rio Verde, 2012. (CD-ROM).