



UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL

Tamires Dália Ferreira da Silva

**Distribuição da comunidade de fungos micorrízicos
arbusculares associada às diferentes lâminas de irrigação
e aplicação de bioestimulante no cultivo do meloeiro.**

Petrolina

2017

Tamires Dália Ferreira da Silva

**Distribuição da comunidade de fungos micorrízicos
arbusculares associada às diferentes lâminas de irrigação
e aplicação de bioestimulante no cultivo do meloeiro.**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal do *Campus* de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Adriana Mayumi Yano-Melo

Coorientadora: Dr^a. Danielle Karla Alves da Silva

Petrolina

2017

S586d Silva, Tamires Dália Ferreira da
Distribuição da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares associada às diferentes lâminas de irrigação e aplicação de bioestimulante no cultivo do meloeiro / Tamires Dália Ferreira da Silva. — Petrolina, 2017.
47 f. : il. ; 29 cm.

Dissertação (Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus de Ciências Agrárias, Petrolina-PE, 2017.
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Adriana Mayumi Yano-Melo.

Referências.

1. Melão - cultivo. 2. Fungos. 3. Bioestimulante. I. Título. II. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 635.61

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL

FOLHA DE APROVAÇÃO


Tamires Dália Ferreira da Silva

Distribuição da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares associada às diferentes lâminas de irrigação e aplicação de bioestimulante no cultivo do meloeiro.


Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Aprovada em: 17 de Fevereiro de 2017.


Banca Examinadora



Profª Drª Adriana Mayumi Yano-Melo – Orientadora (Univasf)



Profa. Dra. Ligia Borges Marinho – Membro externo (Uneb, DTCS)



Profa. Dra. Maryluce Albuquerque da Silva Campos – Membro externo (UPE,
Campus Petrolina)

*À minha mãe, **Dália**, como pequeno
gesto de retribuição ao amor e
dedicação que sempre teve e têm
para comigo.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, minha força, pelo dom da vida, pela proteção, por me amparar em todos os momentos e por me conduzir sempre no melhor caminho.

A minha mãe, Dália, uma grande guerreira e batalhadora, pelo amor, carinho, confiança, educação e pelo imenso incentivo dedicado, mesmo distante, sempre esteve presente, sem sua força eu não teria conseguido. Obrigado por tudo mãe!

Ao meu noivo Tiago, que se fez presente em todos os momentos dessa jornada. O seu amor, carinho, conselhos e principalmente, apoio, foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Obrigado por compartilhar os momentos difíceis e os felizes. Amor, muito obrigado de coração!

A toda minha família, sem vocês a vida não teria graça. Obrigado pelas orações e por sempre estarem torcendo por mim.

A minha orientadora, Prof. Dr^a Adriana Mayumi, pela oportunidade, orientação e paciência durante esse período.

A minha co-orientadora Prof. Dr^a Danielle Karla, pelas enormes contribuições, pelos conselhos e pela disponibilidade. Obrigado por tudo, de coração!

Aos professores do programa de Pós-graduação em Agronomia – Produção Vegetal e a todo os colegas do curso, foi muito bom conviver e conhecer cada um de vocês.

A todos do laboratório de Microbiologia da Univasf – CCA, Alícia, Aline, Angélica, Daniella, Esther, Inácio, Khatianne, Lílian, Luiz, Maria Eugênia, Mateus e Poliana, por todos os momentos de descontração e por todo o trabalho em equipe, cada um tem um cantinho especial no meu coração. Em especial, gostaria de agradecer a

Karen e Valdirene, por toda a amizade, pelos conselhos, ajuda, incentivo e por todas as risadas, vocês são demais meninas!!!

À Univasf pela oportunidade de concluir o mestrado.

À Facepe pela concessão da bolsa de Mestrado.

À Embrapa Semiárido pela parceria para execução do trabalho

Por fim, a todos os meus grandes amigos que sempre me incentivaram durante este período e tornaram minha vida ainda mais feliz! É uma honra tê-los em minha vida!!!

“Não é sobre chegar no topo do mundo e saber que venceu, é sobre escalar e sentir que o caminho te fortaleceu. É sobre ser abrigo e também ser morada em outros corações, e assim ter amigo contigo em todas as situações. A gente não pode ter tudo, qual seria a graça do mundo se fosse assim? Por isso, eu prefiro sorrisos e os presentes que a vida trouxe para perto de mim.” (Ana Vilela)

RESUMO

O melão é uma das culturas mais produzidas no Brasil e a região Nordeste apresenta condições edafoclimáticas propícias ao desenvolvimento da cultura; com o uso da irrigação a região do Vale do São Francisco tornou-se grande polo produtor. Com a expansão da cultura busca-se a melhoria das práticas agrícolas, dentre estas, o manejo da irrigação e uso de bioestimulantes. Salienta-se que as práticas agrícolas podem afetar a comunidade microbiana, formada por diversos grupos funcionais do solo. Dentre os grupos funcionais, destacam-se os simbioses, em especial os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), que podem trazer diversos benefícios às plantas associadas. Desta forma, buscou-se testar as seguintes hipóteses neste trabalho: a) a redução na lâmina de irrigação no cultivo de meloeiro reduz a esporulação e ocorrência de espécies de FMA alterando a composição e estrutura da comunidade e; b) a adição de bioestimulante no solo neutraliza o efeito da redução de água, permitindo a manutenção do número de glomerosporos e ocorrência das espécies de FMA. Objetivou-se neste estudo verificar o efeito da diferenciação de lâminas de irrigação (60, 80, 100 e 120% ETc – evapotranspiração da cultura) e uso de bioestimulante (0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 L ha⁻¹) na cultura do meloeiro sobre a comunidade de FMA. Foram realizadas duas coletas na área – antes da instalação do experimento e após o primeiro ciclo de produção do melão. Não houve interação entre a aplicação de diferentes lâminas de irrigação e de bioestimulante sobre a esporulação dos FMA, indicando que estes fatores atuam de forma independente. Constatou-se que o número de glomerosporos no solo aumentou com a introdução do cultivo, alterando a comunidade de FMA, principalmente em termos de abundância e frequência das espécies. As lâminas de irrigação não afetaram a esporulação no solo, mas modificaram a composição da comunidade de FMA, indicando distinção entre as menores e maiores lâminas e redução na diversidade de espécies. Ao contrário, a adição de bioestimulante reduziu o número de glomerosporos, mas não provocou mudança na estrutura da comunidade de FMA. Foram identificadas 12 espécies de FMA, distribuídas em cinco gêneros, com destaque para *Acaulospora* com maior número de espécies. Conclui-se que a redução da lâmina de irrigação no cultivo de meloeiro não afeta a esporulação, mas altera a composição e reduz a diversidade de FMA. A adição de

bioestimulante pode mitigar, parcialmente, o efeito da redução de água, pois embora afete negativamente a esporulação, mantém a diversidade de espécies de FMA.

Palavras-chave: Glomeromycota, diversidade, evapotranspiração, índices ecológicos, Cucumis melo

ABSTRACT

Melon is one of the most produced crops in Brazil and the Northeast region present edaphoclimatic conditions suitable to the development of this culture; irrigation in the semiarid area of San Francisco Valley allows this region to become a major production hub. With the expansion of this culture, we seek to improve agricultural practices, among them irrigation management and the use of biostimulants. It should be noted that agricultural practices may affect the microbial community composed of various functional groups of soil. Among the functional groups, stands out the symbionts, especially the arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), which can provide several beneficial to the plant host. Thus, we tried to test the following hypotheses in this work: a) the reduction in the irrigation levels in the melon crop reduces the sporulation and occurrence of AMF species, altering the composition and structure of the community; B) the addition of biostimulant in the soil neutralizes the effect of water reduction, allowing maintenance of the number of glomerospores and occurrence of AMF species. The objective of this study was to verify the effect of the differentiation of irrigation levels (60, 80, 100 and 120% ET_c - evapotranspiration of the crop) and use of biostimulant (0, 0.5, 1.0, 2.0 and 4, 0 L ha⁻¹) applied in the melon culture, addressing the effects of these management practices on the AMF community. Two samplings were performed in the area – before installing the experiment and after the first melon production cycle. There was no interaction between the application of different levels of irrigation and biostimulant doses on the AMF sporulation, indicating that these factors acts independently. It was verified that the glomerospores number in the soil increased with the introduction of the crop, altering the AMF community, mainly in terms of abundance and frequency of the species. The irrigation levels did not affect the sporulation, but they modified the AMF community composition, indicating distinction between the highest and lowest irrigation levels, and reduction of AMF species diversity. In contrast, the addition of biostimulant reduced the number of glomerospores, but did not change the AMF community structure. Twelve AMF taxa were identified, belonging to five genera, with *Acaulospora* presenting the higher species number. It is concluded that the reduction of the irrigation levels in the melon cultivation does not affect sporulation, but it alters the composition and reduces AMF diversity. The addition of biostimulant can

mitigate, in part, the effect of water reduction, because although adversely affect sporulation, retains the AMF species diversity.

Keywords: Glomeromycota, diversity, evapotranspiration, ecological indices, *Cucumis melo*

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1 – Número de glomerosporos referentes às coletas realizadas antes e após o cultivo do melão no Vale do São Francisco, Petrolina- PE.....	28
Figura 2 – Número de glomerosporos referente ao fator lâminas de irrigação em cultivo de melão no Vale do São Francisco, Petrolina- PE.....	29
Figura 3 - Número de glomerosporos em relação ao fator doses de bioestimulante em cultivo de melão no Vale do São Francisco, Petrolina- PE...	30
Figura 4 - Análise de escalonamento multidimensional não métrico (MDS) baseado nas comunidades de FMA antes e depois do cultivo do melão (<i>Cucumis melo</i> L.) no Vale do São Francisco, Petrolina- PE.....	36
Figura 5 - Análise de escalonamento multidimensional não métrico (MDS) baseado nas comunidades de FMA para as lâminas de irrigação (60, 80, 100 e 120% ETc) aplicadas no cultivo do melão, no Vale do São Francisco, Petrolina – PE.....	37
Figura 6 - Análise de escalonamento para as doses de bioestimulante aplicadas no cultivo do melão, no Vale do São Francisco, Petrolina – PE.....	37

Lista de tabelas

Pág.

Tabela 1 – Abundância relativa (%) e espécie indicadora de fungos micorrízicos arbusculares antes (AC) e depois (DC) do cultivo de melão (<i>Cucumis melo</i> L.), em diferentes tratamentos de irrigação (60, 80, 100 e 120% ETc) e doses de biofertilizante (0,0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0%).....	32
Tabela 2 –. Riqueza, equitabilidade de Pielou, índice de diversidade de Shannon e dominância em área antes e depois do cultivo melão sob diferentes lâminas de irrigação (60, 80, 100 e 120% da Evapotranspiração da cultura – ETc) e doses de bioestimulante (0,0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0% de L ha ⁻¹)..	34
Tabela 3 - Resultados PERMANOVA para os fatores analisados, coletas, lâminas de irrigação e doses de bioestimulante.....	35

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1. Melão	17
2.2. Fungos Micorrízicos Arbusculares.....	18
2.3 Práticas agrícolas e FMA.....	20
2.4. Bioestimulante.....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.RESULTADOS.....	28
5. DISCUSSÃO.....	38
6. CONCLUSÕES.....	40
REFERÊNCIAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo* L.) é a espécie mais cultivada da família Cucurbitaceae, entre as frutas e hortaliças é a oitava cultura mais produzida no mundo, sendo a China o maior produtor, com mais de 50% da produção mundial (FAO, 2016). No Brasil, o Nordeste é a principal região produtora da cultura, destacando-se os estados do Ceará, Rio Grande do Norte e também a região do Vale do Submédio do São Francisco (IBGE, 2015), projetando-se no cenário nacional pela forte vocação agrícola, especialmente pela riqueza advinda da fruticultura irrigada, com importantes impactos socioeconômicos.

A atividade agrícola gera impactos ambientais que podem ser minimizados com a utilização de práticas agrícolas mais sustentáveis, por exemplo, manejo da irrigação, da adubação e aplicação de substâncias orgânicas e/ou inorgânicas que podem estimular o desenvolvimento vegetal e da comunidade microbiana no solo.

Tendo em vista que a disponibilidade hídrica é um dos entraves para expansão e/ou produtividade agrícola, principalmente na região Nordeste, a eficiência no uso da água é considerada prioridade, uma vez que a água vem se tornando um fator limitante na agricultura sobrepujada pelas mudanças climáticas. Dentre os tipos de irrigação utilizados, a irrigação por gotejamento tem se mostrado mais eficiente na utilização da água (BATISTA et al., 2009); no entanto, essa eficiência depende de outros fatores, como o tipo de solo, as condições climáticas, entre outros.

A disponibilidade hídrica, assim como o tipo e concentração da adubação e outras substâncias aplicadas ao solo, podem afetar as comunidades microbianas do solo, e, conseqüentemente, alterar o equilíbrio e funcionalidade dos sistemas agrícolas (HUNGRIA, 2000). Dentre os micro-organismos presentes no solo, destacam-se os fungos micorrízicos arbusculares (FMA). Esses fungos pertencem ao filo Glomeromycota, são biotróficos obrigatórios e formam simbiose com a maioria das espécies vegetais (ca. 90% das plantas terrestres) (BRUNDRETT, 2009). Os FMA desempenham importante papel no ambiente ajudando as plantas a tolerar

estresses de origem biótica e abiótica (SMITH; READ, 2008), sendo assim considerados grupo funcional chave da biota do solo.

Na produção de frutíferas, esses fungos podem atuar no aumento da absorção de diversos nutrientes (ZAI et al., 2007) e trabalhos relatam que estes fungos podem ser considerados bioestimulantes por atuarem no aumento da absorção e translocação de nutrientes, na indução de produção de metabólitos secundários e no balanço de fitohormônios (ROUPHAEL et al., 2015). Entretanto, o manejo do solo e das culturas modifica a comunidade dos FMA, podendo selecionar ou até mesmo eliminar espécies desses fungos da biota do solo (CARRENHO et al., 2010), resultando em benefícios diferenciais em decorrência da composição desta comunidade.

O manejo de irrigação pode trazer mudanças nas características biológicas do solo, relacionados aos FMA, em geral, o aumento da disponibilidade hídrica diminui a densidade de esporos de FMA no solo (LIU et al., 2015) e pode afetar o potencial de inóculo de FMA (ORTEGA-LARRÓCEA et al., 2007). Por outro lado, algumas espécies de FMA são menos sensíveis à redução hídrica no solo, como observado em *Claroideogломus etunicatum* (Univasf 06) por Silva et al. (2015).

Considerando que a ocorrência e a atividade dos FMA pode ser afetada pela disponibilidade de água, buscou-se entender o efeito da combinação de lâminas de irrigação e aplicação de bioestimulante sobre a composição e estrutura da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares após um ciclo de produção do meloeiro. Neste sentido, buscou-se testar as seguintes hipóteses nesse trabalho: a) a redução da lâmina de irrigação no cultivo de meloeiro diminui a esporulação e ocorrência de espécies de FMA, alterando a composição e a estrutura da comunidade e; b) a adição de bioestimulante no solo neutraliza o efeito da redução de água, permitindo a manutenção do número de glomerosporos e ocorrência das espécies de FMA. Objetivou-se nesse estudo verificar o efeito da diferenciação das lâminas de irrigação (60, 80, 100 e 120% ETc – Evapotranspiração da cultura) e uso de bioestimulante (0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 L ha⁻¹) na cultura do melão sobre a comunidade de FMA.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Melão

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma olerácea, pertencente à família Cucurbitaceae, sendo umas das espécies mais cultivadas da família. É de origem africana (AKASHI et al., 2001), porém foi na Índia que onde ocorreu sua disseminação. Atualmente encontramos cultivares de melão em diversas regiões do mundo (DEULOFEU, 1997). Entretanto a China é o maior produtor mundial dessa olerícola (SANTOS et al., 2014); enquanto que, o Brasil ocupa o 12º lugar com 22.021 hectares de área plantada (FAOSTAT, 2016), destacando-se a região Nordeste, devido as condições edafoclimáticas propícias para a produção, com os estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia e Pernambuco sendo os maiores produtores da cultura na região. O Vale do Submédio do São Francisco que abrange Bahia e Pernambuco se destaca como um polo de produção dessa cultura (IBGE, 2013), possuindo uma elevada importância econômica e social em toda região.

Trata-se de uma planta anual, rasteira, perene, herbácea, suas folhas são aveludadas e com pecíolos grandes e apresentam tamanhos e formas bastante variados, apresenta um sistema radicular com crescimento abundante nos primeiros 30 cm de profundidade do solo, na sua maioria as flores são andromonóicas (presença de flores masculinas e hermafroditas) e com fruta exótica (ALBUQUERQUE JÚNIOR, 2003).

O meloeiro é uma cultura de rendimento satisfatório, no Brasil a produção chega à 565,9 mil toneladas, com rápido retorno econômico devido ao ciclo curto (60 a 70 dias), constituindo um negócio vantajoso para os produtores. As condições climáticas do semiárido, como a baixa precipitação pluviométrica e alta insolação, são favoráveis ao cultivo dessa hortaliça-fruto (CAVALCANTE JÚNIOR, 2013), visto que a cultura é adaptada à regiões com temperatura mais elevada e clima seco, necessitando de irrigação para suprir a demanda hídrica (COSTA, 2013).

A cultura apresenta frutos que podem ser de formato redondo, alongado ou oval, alcançando diâmetros que variam de 20 a 25 cm e dependendo da cultivar, o fruto pode pesar de um a quatro quilos. O Melão é composto de 90% de água, contendo também importantes vitaminas (A, C e E), além de sais minerais e um alto teor de açúcares, que o torna muito atrativo (MOREIRA et al., 2009).

A maior parte da produção de melão do Brasil pertence ao grupo amarelo, no qual estão inclusos várias cultivares e híbridos (GRANGEIRO et al., 1999) que possuem características peculiares, sendo necessário o atendimento aos aspectos técnicos para melhorar a produtividade e qualidade dos frutos, os quais envolvem adubação (CHAVES et al., 2014), irrigação (CAMPELO et al., 2014) e outras técnicas, incluindo o uso de bioestimulantes.

2.2 Fungos Micorrízicos Arbusculares

Ao longo do tempo, os micro-organismos passaram por processos evolucionários ao ponto de determinar características que lhes possibilitassem coexistência com diferentes seres vivos (BERBARA et al., 2006). Um exemplo importante envolve a simbiose entre as plantas e os micro-organismos heterotróficos, como as micorrizas arbusculares, consideradas uma das simbioses mais antigas e bem estabelecidas (SCHÜBLER; SCHWARZOTT; WALKER, 2001). Os fungos que formam a micorriza arbuscular são os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), e evidências fósseis tanto desses fungos como da simbiose com as plantas são comprovadas e datam de cerca de 460 milhões de anos, como relatado por SIQUEIRA et al. (2010). Os FMA foram fundamentais para a conquista do ambiente terrestre pelas plantas, indicando a origem ancestral dessa relação (MOREIRA et al., 2008).

Estes fungos, pertencentes ao filo Glomeromycota, são componentes da comunidade microbiana do solo e possuem importante papel no sistema solo-planta, encontrando-se amplamente distribuídos na maioria dos ecossistemas terrestres (SCHÜBLER; SCHWARZOTT; WALKER, 2001). Esse filo atualmente está dividido em três classes, cinco ordens, 15 famílias, 38 gêneros e, apresentam aproximadamente 290 espécies (OEHL et al., 2011, GOTO et al., 2012, BLASZKOWSKI; CHWAT, 2013, MARINHO et al., 2014, OEHL et al., 2014; ÖPIK; DAVISON, 2016).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) colonizam as raízes de aproximadamente 90% das plantas vasculares terrestres investigadas e são amplamente distribuídos (BRUNDRETT, 2009). Esses fungos são considerados biotróficos obrigatórios, ou seja, precisam estar associados às raízes de plantas

vivas para completarem seu ciclo de vida (SIQUEIRA et al., 2012). Essa associação é caracterizada principalmente pela formação de arbúsculo, estrutura típica que consiste na ramificação de hifas dentro da célula vegetal, que define a micorriza arbuscular, sendo considerado o principal sítio de troca de nutrientes entre os simbioses (SMITH; READ, 2008). Nesta simbiose a planta fornece carbono para o fungo, que em contrapartida aumenta a disponibilidade de nutrientes e água para a planta (PARNISKE, 2008). Além dos arbúsculos, outras estruturas como esporos, vesículas, células auxiliares e micélio intra e extrarradicular são formadas. O esporo, também denominado de glomerosporo (GOTO; MAIA, 2006), é a principal estrutura de sobrevivência dos FMA (MAIA et al., 2010). O micélio extrarradicular atua como complemento da raiz, amplificando a área de exploração das raízes no solo, melhorando assim a absorção de água e nutrientes do solo (WILLIS et al., 2013; SMITH, 2011).

Dentre os nutrientes que podem ter a absorção incrementada, destacam-se o fósforo, zinco e cobre, porém outros elementos também são relatados (SMITH; READ, 2008). Além disso, os FMA promovem o desenvolvimento das plantas sob diversas condições de estresses, como presença de metais pesados (VOGT et al., 1987, ARRIAGADA, 2010, NOGUEIRA et al., 2007), deficiência hídrica (AUGÉ, 2001; KIVLIN, 2013), presença de patógenos (ANJOS et al., 2010; CAMPOS et al., 2013), e salinidade do solo (YANO-MELO; SAGGIN; MAIA, 2003; LÚCIO et al., 2013).

Com relação à estrutura física do solo, os FMAs contribuem para a formação de agregados estáveis através de diferentes mecanismos, seja pela ação mecânica das hifas ou pela produção de uma glicoproteína, denominada glomalina (RILLIG, 2004). Essa glicoproteína contém cerca de 60% de carboidratos, nitrogênio ligado ao oligossacarídeo e ferro insolúvel em água (PURIN; KLAUBERG FILHO, 2010), sendo responsável pela estabilização dos agregados do solo, protegendo a proteína da decomposição, simulando um canal de drenagem importante de carbono no solo (SINGH et al., 2013); além de ser apontada como um importante meio de armazenamento de nitrogênio no solo (FOKOM et al., 2012). Na literatura, relata-se a produção de glomalina e proteínas do solo relacionadas à glomalina (PSRG) pelos FMA, ressaltando-se que a forma de quantificação destes elementos é distinta; enquanto a primeira é detectável apenas com o uso de anticorpo monoclonal

MAB32B11 a segunda, mais relatada na literatura, é quantificada pelo método de Bradford (HAMMER; RILLIG, 2011).

Os FMAs contribuem também com a atividade fotossintética e o aporte de material orgânico, aumentam a decomposição e a ciclagem de carbono e nutrientes (SIQUEIRA et al., 2007). Bender, Conen, Van der Heijden (2015) observaram que a micorrização permitiu imobilização do nitrogênio, e conseqüentemente reduziu a perda de N dissolvido em uma pastagem experimental; no entanto, esses autores afirmam que o papel dos FMA nos processos de transformação de nutrientes ainda não são bem elucidados. Essa associação possui um importante papel na manutenção dos ecossistemas naturais e no desenvolvimento sustentável dos agrossistemas (CARRENHO et al., 2010).

Os FMA ocorrem em uma ampla faixa de umidade, sendo encontrados em regiões áridas à ambientes de plantas submersas, com espécies que respondem de forma distinta às condições de excesso e déficit hídrico (CAVALCANTE, GOTO, MAIA 2009). Segundo Cavalcante et al., 2001, os FMA contribuem significativamente na tolerância das plantas às condições de deficiência hídrica, permitindo a manutenção do crescimento vegetal. Recentemente, Baslan, Qaddoury e Goicoechea 2014, avaliando o efeito da simbiose micorrízica sobre o crescimento e produção de biomassa vegetal na fase de produção de mudas de palmeira, sob dois regimes de irrigação (75% e 25% da capacidade de campo), constataram que para a irrigação com 25% da capacidade de campo reduziu a colonização micorrízica, porém o benefício da micorrização para o crescimento das plantas independeu da quantidade hídrica fornecida.

2.3 Práticas agrícolas e FMA

A produção agrícola é definida pelo tipo de cultura e pelas condições ambientais, por exemplo, temperatura, umidade relativa às quais são cultivadas e principalmente por práticas agronômicas, sendo esta, o principal motivo para a alteração dos componentes do solo (SIQUEIRA et al., 2010). As diferentes formas de manejo do solo podem modificar as propriedades edáficas, refletindo em suas características químicas, físicas e biológicas, causando, muitas vezes, a degradação e perda de qualidade (MOREIRA; SIQUEIRA,, 2008). Além disso, as práticas do

manejo do solo ou das culturas cultivadas interferem na estrutura e na atividade da comunidade microbiana do solo (SIQUEIRA et al., 2010), podendo alterar a população e a diversidade dos FMAs (LUMINI et al., 2010; AVIO et al., 2013).

Os FMAs são amplamente distribuídos, sendo mais comumente encontrados nos trópicos (SMITH; READ, 2008). Esses micro-organismos possuem grande importância para o funcionamento do ecossistema agrícola (VERBRUGGEN; KIERS, 2010). Entretanto, os cultivos e práticas agrícolas podem levar à alterações na comunidade micorrízica, as quais podem selecionar espécies e gerar perda de diversidade (SILVA et al., 2008).

O histórico da área, o tipo de cultivo, as mudanças na vegetação, o controle de ervas daninhas e a irrigação são fatores que influenciam na formação da simbiose micorrízica e na ocorrência dos FMA (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Diversos estudos têm mostrado que o revolvimento excessivo do solo, queimadas, monocultura e encharcamento afetam negativamente as comunidades dos FMA, diminuindo a diversidade de espécies (SIQUEIRA et al., 2010). Esses fatores influenciam ou alteram a comunidade dos FMAs, selecionando ou até eliminando espécies (CARRENHO et al., 2010).

A influência de práticas agrícolas como o preparo mecânico do solo, o manejo das culturas, os tratos culturais e a irrigação (GARCÍA et al., 2008; SIQUEIRA et al., 2010) sobre as populações nativas de FMAs são fatores que merecem ser melhor estudados para que seja possível desenvolver sistemas de manejo eficientes, buscando a produção sustentável (MIRANDA et al., 2010).

Estudos demonstram redução na comunidade de FMA com o cultivo agrícola, pois das 17 espécies registradas antes do cultivo, apenas 12 espécies foram detectadas após o cultivo (JANSA et al., 2002). Avaliando ecossistemas brasileiros, CARRENHO et al. (2010) observaram que ambientes naturais e cultivados se diferenciavam, em termos de diversidade de FMA, demonstrando que as práticas agrícolas afetam a composição desses micro-organismos. Por outro lado, GOSLING et al. (2010) não constataram aumento no número de esporos e potencial de colonização desses fungos em área cultivada com cebolinha (nome da espécie) manejada organicamente, indicando que a ausência de alteração pode ser decorrente da rapidez com que os FMA podem responder às alterações físicas e químicas do solo. Recentemente, DANTAS et al. (2015) observaram que o manejo da irrigação em pomar orgânico diminuiu a riqueza de espécies e a densidade de

esporos em, caatinga. Tendo em vista que as práticas agrícolas têm forte influência sobre a comunidade de fungos micorrízicos arbusculares, torna-se imprescindível conhecer os efeitos em sistemas de cultivo irrigados no semiárido, os quais são pouco estudados.

A região do Vale do São Francisco, apesar de estar localizada em um ambiente semiárido, possui grande importância nacional pela produção da fruticultura irrigada, porém, a irrigação afeta a colonização micorrízica e a produção de glomerosporos. Em trabalho realizado no Senegal, foi verificado que o aumento da disponibilidade hídrica (25%, 50% e 100%) teve efeito negativo na colonização micorrízica em *Acacia Senegal* (L.) Willd. (NDIAYE et al., 2011).

Ortega-Larrocea et al. (2007) avaliando o efeito de irrigação com água residuária sobre a abundância de esporos de FMA no solo, observou redução na abundância de esporos com o avançar do tempo de estabelecimento do sistema de irrigação; os autores salientam que este efeito foi resultante da concentração total de metais pesados no solo. Recentemente, Liu et al. (2015) constataram, em um trabalho realizado na China, que a densidade de esporos diminuiu com o aumento da disponibilidade hídrica. Estes resultados demonstram a importância de mais estudos para melhor compreensão sobre os manejos de irrigação aplicados, fato que deve considerar a região e a cultura de interesse.

Em relação aos benefícios do uso de FMA na atenuação dos efeitos deletérios do estresse hídrico, diversos trabalhos tem demonstrado que estes fungos são eficientes em aumentar a tolerância das plantas (AUGÉ, 2001), Na família Curcubitaceae, Omirou et al. (2013) observaram que a inoculação com fungos micorrízicos exóticos em melancia [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai] aumentou a tolerância da cultura aos efeitos negativos do estresse hídrico. Em um experimento com plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.) inoculadas com duas espécies de *Glomus* sob déficit hídrico (60 e 80%) da capacidade de campo, Gholamhoseini et al. (2015) observaram que a aplicação desses micro-organismos foi fundamental para a cultura do girassol em condições áridas e semiáridas, pois em condições de menor disponibilidade de água as plantas inoculadas apresentaram maior rendimento e maior matéria seca que as plantas não inoculadas.

Em trabalho realizado no Canadá avaliando comunidades de FMA em videira sob duas frequências de irrigação (diária e a cada 3 dias), Holland et al. (2014),

observaram que a riqueza e a composição da comunidade de FMA foi maior na frequência de irrigação a cada 3 dias. O conhecimento desses fatores e de seus impactos na ocorrência e diversidade de FMAs é essencial para o desenvolvimento de estratégias de manejo de práticas agrícolas, com o objetivo de obter uma agricultura sustentável (CARRENHO et al., (2010).

2.4 Bioestimulante

A definição de bioestimulantes vegetais mais empregada é de que estes, são substâncias e/ou micro-organismos capazes de estimular os processos naturais para melhorar a absorção de nutrientes, a eficiência de nutrientes, a tolerância a estresse abiótico e a qualidade da cultura, quando aplicados em plantas ou na rizosfera (BROWN; SAA, 2014).

Estima-se que o comércio com bioestimulantes deve chegar a dois milhões de dólares em 2018, considerando o grande crescimento do uso deste composto, principalmente no mercado europeu (CALVO; NELSON; KLOPPER, 2014). Porém, um aspecto amplamente discutido é o próprio conceito de “bioestimulante” de forma que os países possam adotar e estabelecer regulação sobre a comercialização deste tipo de produto (JARDIM, 2015).

Dentre as substâncias que podem compor os bioestimulantes estão o ácido húmico e o fúlvico, as proteínas hidrolisadas e outros compostos contendo nitrogênio, extratos de plantas e de algas marinhas, quitosana e outros biopolímeros, além de compostos inorgânicos (JARDIM, 2015). Os principais grupos de micro-organismos que podem compor os bioestimulantes são bactérias, principalmente as promotoras do crescimento vegetal – BPCV, e os fungos benéficos (JARDIM, 2015).

De acordo com Jardim (2015), os biostimulantes proporcionam um bom equilíbrio fisiológico, concedendo uma melhor aproximação ao potencial genético da cultura, quando aplicadas às plantas essas substâncias promovem alterações ou até modificam os processos fisiológicos e dependendo da sua formulação e composição podem proporcionar benefícios econômicos e ambientais como por exemplo, um maior crescimento e o desenvolvimento das culturas, uma menor utilização de fertilizantes e o aumento da qualidade dos produtos vegetais.

Os bioestimulantes podem ser encontrados tanto na forma sintética como na forma natural. Na forma natural encontram-se os inoculantes microbianos, os ácidos húmicos, os ácidos fulvicos e o extrato de algas marinhas, os quais têm como finalidade incrementar o crescimento e a produção das plantas devido a maior quantidade de nutrientes disponibilizados. Além disso, podem atuar aumentando a tolerância das plantas à fatores abióticos (CALVO; NELSON; KLOEPPER, 2014).

Na forma sintética são apresentados de várias formas e composições, incluindo uma quantidade variável de macro e micronutrientes, sendo comumente encontrados o zinco, o cobre, o molibidênio e outros elementos e também alguns hormônios, essenciais para várias funções fisiológicas da planta. Esses produtos são hidrossolúveis para aplicação no solo ou parte aérea das plantas, sendo que a aplicação no solo pode ser efetuada via fertirrigação (SILVA et al., 2013). No entanto, os bioestimulantes devem ser usados com cautela, pois alguns desses componentes podem ter suas concentrações elevadas no solo, tornando-o tóxicos (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2011).

Os bioestimulantes podem atuar em nível de: mecanismo celular e funções fisiológicas, trazendo melhorias as culturas, com potencial de redução nos custos de produção e benefícios ambientais (JARDIM, 2015). Na revisão realizada por Jardim (2015), o mecanismo celular relaciona-se ao estímulo da divisão celular, diferenciação e o alongamento das células, podendo também, aumentar a absorção e a utilização de nutrientes e água pelas plantas; e as funções fisiológicas podem ser alteradas pela ação dos bioestimulante, que promovem melhoria na fisiologia do vegetal, aumentando a tolerância ao estresse abiótico e o rendimento das culturas.

Todas essas funções transformam-se em benefícios econômicos e ambientais, como exemplo, menor aporte de fertilizantes, maior rendimento das culturas e aumento da qualidade e rentabilidade dos produtos. (JARDIM, 2015).

Trabalhos relacionados aos efeitos dos bioestimulantes sobre a comunidade de fungos micorrízicos no solo ainda são escassos, principalmente no semiárido brasileiro, e podem contribuir para o melhor uso deste produto, considerando a dose necessária para melhor eficiência.

Desta forma, o trabalho teve como objetivo verificar o efeito da diferenciação das lâminas de irrigação baseadas na evatranspiração da cultura - ETc (60, 80, 100 e 120%) e uso de bioestimulante (0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 L ha⁻¹) na cultura do melão sobre a comunidade de FMA.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e delineamento experimental

Em um estudo realizado no campo experimental de Bebedouro da Embrapa Semiárido, localizado na região do submédio Vale do São Francisco, Petrolina – PE, com coordenadas geográficas de 9°09'35" de latitude S, 40°32'53" de longitude O e altitude de 370 m. De acordo com a classificação climática de Köppen, a região exibe clima do tipo BSh', seco de estepe muito quente (Reddy & Amorim Neto, 1993). (coordenada geográfica). Foram realizadas coletas de solo, antes e após a produção de meloeiro, submetido a diferentes lâminas de irrigação e uso de bioestimulante, para verificar a influência destes fatores na esporulação e na comunidade de FMA.

A área apresentava vegetação nativa de Caatinga que foi desmatada e após três meses instalado o experimento. O meloeiro utilizado foi do tipo amarelo (*Cucumis melo* L.), híbrido 10/00, com espaçamento de 2,0 m x 0,3 m, O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial com quatro lâminas de irrigação [60, 80, 100 e 120% evapotranspiração da cultura (ETc)] e cinco doses de bioestimulante aplicadas via fertirrigação (0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 L.ha⁻¹ de BOOSTER® Mo), em quatro repetições, com 35 plantas por parcela. As irrigações foram realizadas por gotejamento com base na evapotranspiração da cultura (ETc), sendo a evapotranspiração de referência (ETo) calculada pelo método de Penman-Monteith, a partir de dados meteorológicos diários, e o coeficiente de cultivo utilizado foi o proposto por Doorembos & Pruitt (1977). O coeficiente da cultura (Kc) utilizado foi de 0,8. O bioestimulante BOOSTER® Mo é um produto líquido contendo 2,3% molibdênio, 3,5% de zinco, 3,0% de cobre, auxina e citocinina (Agrichem, 2016).

Coleta e amostragem

As coletas de amostras de solo foram realizadas em outubro/2015, após o preparo do solo, que foi adubado com nitrogênio até 50 dias após o plantio e com sulfato de potássio até 60 dias após o plantio e do plantio das plântulas pré-germinadas. Na primeira coleta ainda não havia sido iniciado o manejo de irrigação e a aplicação de

bioestimulante. A segunda coleta foi realizada em dezembro/2015, um dia após a colheita do melão (primeiro ciclo). Amostras compostas de solo (três subamostras) foram coletadas na profundidade de 0-20 cm, cada amostra composta com aproximadamente 2 kg de solo. Em cada época foram coletadas 80 amostras, totalizando 160 amostras. Estas foram colocadas em sacos plásticos e transportadas para o Laboratório de Microbiologia da Universidade Federal do Vale do São Francisco. Parte das amostras de solo foi enviada para a Embrapa Semiárido para caracterização química e a outra parte foi utilizada para montagem de culturas armadilha e para avaliação da diversidade dos FMA.

Culturas armadilhas

As culturas armadilhas foram montadas a partir de amostras compostas por tratamento, totalizando 20 amostras em cada coleta. As culturas foram montadas em vasos com capacidade para 2 kg, utilizando-se amostras compostas do solo do campo (1000 mL) e areia lavada (1000 mL), tendo o Sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] e milho (*Zea mays* L.) como plantas iscas. As culturas foram mantidas por quatro meses em casa de vegetação do *Campus* de Ciências Agrárias da Univasf, com regas em dias alternados, com cerca de 500 ml de água para cada vaso. Com média de temperatura máxima de 44,4 e mínima 21,0 e com umidade máxima de 85% e mínima de 15%, no interior do ambiente protegido ao longo do estudo.

Extração de glomerosporos

Amostras de 50 mL de solo provenientes de amostras de campo e da cultura armadilha foram utilizadas para extração dos glomerosporos. O número de glomerosporos foi determinado após a extração do solo pelos métodos de peneiramento úmido e centrifugação em água e sacarose (GERDEMANN; NICOLSON, 1963; JENKINS, 1964). Após a extração, os glomerosporos foram contados em placa canaletada com auxílio do estereomicroscópio.

Identificação das espécies de FMA

Após extração e contagem, os glomerosporos foram separados em morfotipos e montados entre lâmina e lamínula com PVLG (álcool polivinílico e lactoglicerol) e/ou PVLG + reagente de Melzer (1:1 v/v), e foram identificados a partir da observação das características morfológicas em microscópio ótico, com auxílio de bibliografia especializada (BLASZKOWSKI, 2012; SCHENCK; PÉREZ, 1990).

Índices ecológicos

Os índices ecológicos avaliados foram: índice de diversidade de Shannon (H') = $-\sum (P_i \ln[P_i])$; onde $P_i = n_i/N$, n_i = número de indivíduos na espécie i , e N = número total de indivíduos em todas espécies (SHANNON; WEAVER, 1949), índice de equitabilidade de Pielou (J) = $H'/\text{Log}(S)$ em que H' é o valor obtido pelo índice de Shannon e S é o número total de espécies (PIELOU, 1975), e o índice de dominância de Simpson (C) foi calculado pela equação $C = \sum (n_i (n_i - 1) / N(N - 1))$. A riqueza de espécies foi determinada pelo número de espécies identificadas em cada amostra, e pelo total de espécies de cada tratamento. Os índices foram calculados com auxílio do programa Primer 6.0 (CLARKE; GORLEY, 2006).

Análises dos dados

Os dados referentes ao número de glomerosporos no solo nos tratamentos e coletas foram submetidos à análise de variância e análise de regressão linear, quando significativa; as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), foi realizado o teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) a 5% de significância, no programa R (FERREIRA, 2013).

Os dados de abundância relativa da comunidade de FMA foram ordenados usando a análise de escalonamento multidimensional (MDS), utilizando a distância de Bray-Curtis (KRUSKAL, 1964). A análise de permutação multivariada (PERMANOVA) foi feita para verificar diferenças na comunidade de FMA entre os tratamentos analisados (coletas, doses de bioestimulante e lâminas de irrigação). As coletas, lâminas de irrigação e doses de bioestimulantes foram considerados significativamente diferentes quando $p < 0,02$, $P < 0,008$ e $P < 0,005$, respectivamente; seguindo a correção de Bonferroni para comparações múltiplas.

A análise de espécie indicadora que combina dados de abundância e frequência relativa das espécies (DUFRENE; LEGENDRE, 1997) foi calculada para verificar espécies mais relacionadas a coletas, lâminas de irrigação e doses de bioestimulante. A significância do Valor de Indicação (VI) das espécies foi determinada pelo teste de Monte Carlo (DUFRENE; LEGENDRE, 1997), e consideradas indicadoras quando apresentavam $VI \geq 25$ e $p \leq 0,05$.

As análises multivariadas de espécie indicadora e a PERMANOVA foram realizadas com auxílio do programa PC-ORD versão 5.0 (MCCUNE; MEFFORD, 2006).

4. RESULTADOS

O número de glomerosporos diferiu significativamente entre as duas coletas, sendo maior na segunda coleta, que correspondeu ao período após um ciclo de cultivo de melão (Figura 1).

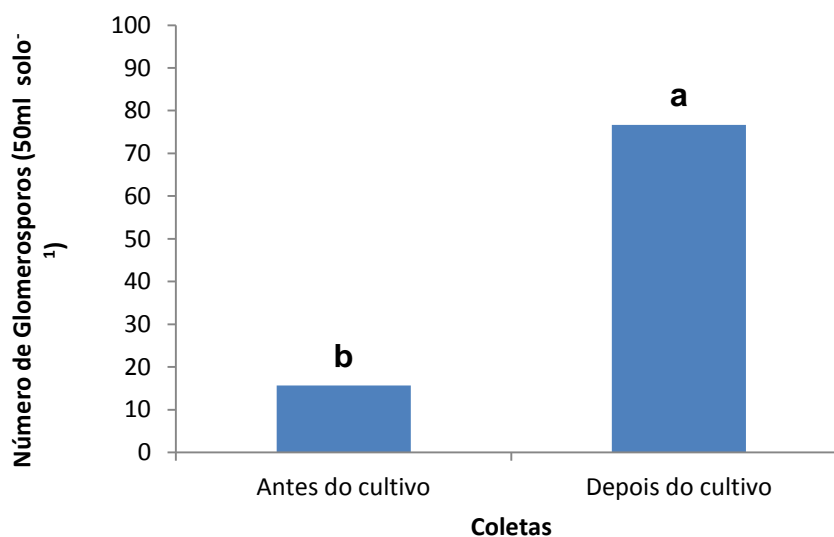


Figura 1. Número de glomerosporos referentes às coletas realizadas antes e após o cultivo do melão no Vale do São Francisco, Petrolina- PE.

Barras seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (n=160 amostras).

Não houve diferença significativa para o número de glomerosporos em relação às lâminas de irrigação ($F=2.0061$, $p= 0.12269$) (Figura 2). Por outro lado, as doses de bioestimulante aplicadas influenciaram a produção de glomerosporos, e os dados apresentaram modelo de regressão linear ($F=19.81$, $p=4e-05$, $R=0.9483314$) com diminuição no número de glomerosporos à medida que aumentavam-se as doses de bioestimulante (Figura 3)

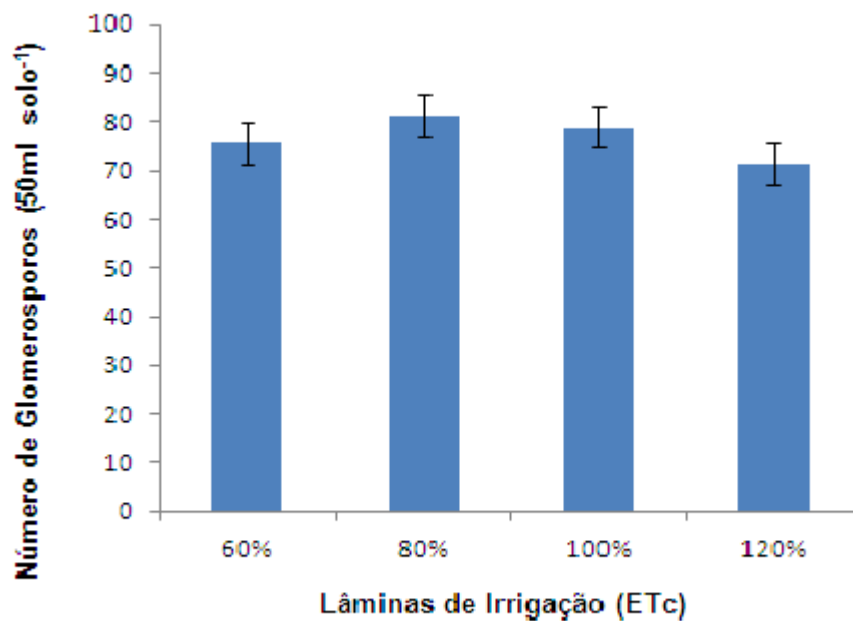


Figura 2. Número de glomerosporos referente ao fator lâminas de irrigação em cultivo de melão no Vale do São Francisco, Petrolina- PE.

Barras indicam o desvio padrão.

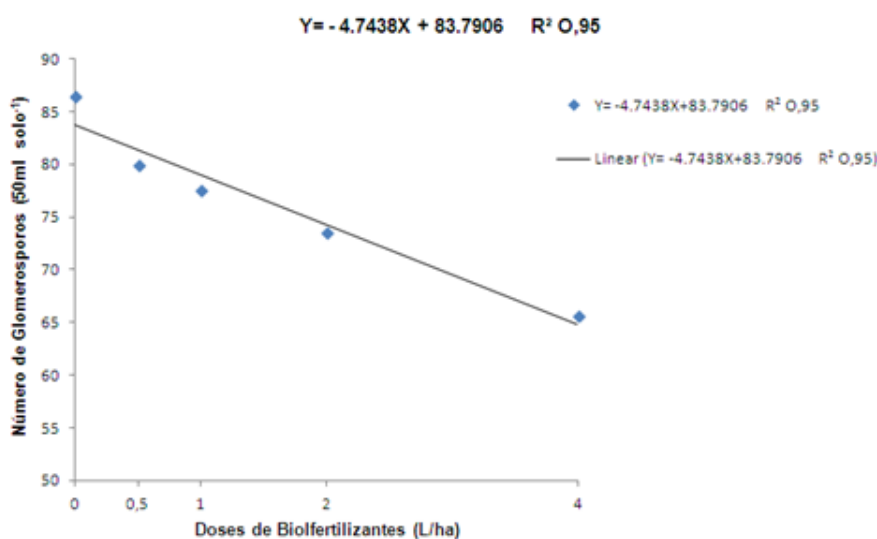


Figura 3. Número de glomerosporos em relação ao fator doses de bioestimulante em o cultivo de melão no Vale do São Francisco, Petrolina- PE.

Ao todo, foram identificadas 12 espécies de FMA distribuídas em cinco gêneros (*Acaulospora*, *Ambispora*, *Dentiscutata*, *Gigaspora* e *Glomus*) e cinco famílias (Acaulosporaceae, Ambisporaceae, Dentiscutataceae, Gigasporaceae e Glomeraceae). *Acaulospora* foi o gênero que apresentou o maior número de espécies (5), seguido por *Glomus* (3), *Gigaspora* (2); enquanto que, *Ambispora* e *Dentiscutata* apresentaram apenas uma espécie cada (Tabela 1).

Com a análise de espécie indicadora foi possível identificar oito espécies indicadora para a área antes do cultivo do melão (*Acaulospora laevis*, *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora* sp1, *Acaulospora reducta*, *Dentiscutata cerradensis*, *Gigaspora margarita* e *Glomus macrocarpum*); enquanto que, após o cultivo foi possível observar apenas três espécies indicadoras (*Ambispora appendicula*, *Glomus* sp 1 e *Glomus* sp 2). Também foi possível verificar espécies indicadoras para o fator lâmina de irrigação, *Acaulospora mellea* foi indicadora da lâmina com 60% ETc, *Glomus* sp 2 da lâmina com 80% ETc, *Ambispora appendicula* foi indicadora da lâmina com 100% ETc e *Glomus macrocarpum* foi indicadora da lâmina 120% ETc. Nenhuma espécie foi considerada indicadora para as doses de bioestimulantes (Tabela 1).

De modo geral, o índice de diversidade de Shannon e a dominância diminuíram com o aumento da lâmina de irrigação. A riqueza de espécies de FMA e

a equitabilidade de Pielou não apresentaram grandes variações entre os tratamentos (Tabela 2).

A análise de PERMANOVA mostrou diferença significativa para as comunidades de FMA entre as coletas realizadas antes e após o cultivo de melão (Tabela 3). Em relação as lâminas de irrigação, a lâmina com 60% ETc diferiu das lâminas com 100 e 120% ETc, e a lâmina com 80% da ETc diferiu apenas da lâmina com 120% ETc (Tabela 3); enquanto que, para as doses de bioestimulante as comunidades de FMA diferiram entre as doses 0,0 e 1,0 L ha⁻¹ de bioestimulante (Tabela 3).

margarita

<i>Glomus macrocarpum</i>	0,78	0,05	0,1	0,3	0,0	0,0	1,5	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,3	0,4	0,4	0,1	0,1	0,1	AC	39.2	0.0183	120%	30.4	0.0291
			2	1	3	7	8	3	2	9	2	5	1	4	5	3	2	6	4	9	2				ETc		

<i>Glomus sp1</i>	0,74	0,81	0,1	0,6	0,2	0,5	0,5	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7	0,3	0,4	0,7	0,3	0,4	0,5	0,9	0,8	0,4	DC	47.5	0.0053	120%	28.8	0.1814
			9		8	4	1	5		3	4	5	5	5		9	2	1	3	1	9				ETc		
<i>Glomus sp2</i>	0,06	1,07	1,2	1,1	0,9	1,0	1,3	1	1,4	1,5	1,0	1,2	0,9	1,4	0,8	1,3	0,3	0,6	1,1	0,0	1	DC	85.4	0.0001	80%	31.9	0.0086
			1	2	8	5	7		9	6	3	8	5	4	4	9	5	1	4	3					ETc		

*G=grupo; **VI= Valor de indicação; ***p=significância a 5% de probabilidade pelo teste de Monte Carlo

Tabela 2. Riqueza, equitabilidade de Pielou, índice de diversidade de Shannon e dominância em área antes e depois do cultivo melão sob diferentes lâminas de irrigação (60, 80, 100 e 120% da Evapotranspiração da cultura – ETc) e doses de bioestimulante 0,0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0% de L ha⁻¹).

Riqueza de espécies/amostra				
Bioestimulante	60% ETc	80% ETc	100% ETc	120% ETc
0,0%	4,50	4,00	3,00	3,50
0,5%	4,75	3,50	3,25	4,25
1,0%	5,00	3,50	3,75	4,25
2,0%	4,75	3,75	3,50	3,50
4,0%	4,75	3,75	3,50	3,00
Antes do Cultivo	5,00			
Depois do Cultivo	4,00			
Equitabilidade	60% ETc	80% ETc	100% ETc	120% ETc
0,0%	0,74	0,68	0,72	0,61
0,5%	0,72	0,69	0,63	0,69
1,0%	0,85	0,79	0,72	0,81
2,0%	0,68	0,85	0,67	0,67
4,0%	0,77	0,79	0,86	0,78
Antes do Cultivo	0,61			
Depois do Cultivo	0,74			
Índice diversidade de Shannon	60% ETc	80% ETc	100% ETc	120% ETc
0,0%	1,10	0,95	0,75	0,73
0,5%	1,12	0,85	0,73	0,98
1,0%	1,33	0,98	0,96	1,11
2,0%	1,03	1,10	0,82	0,85
4,0%	1,15	1,01	1,03	0,86
Antes do Cultivo	0,91			
Depois do Cultivo	0,97			
Dominância	60% ETc	80% ETc	100% ETc	120% ETc
0,0%	0,40	0,47	0,54	0,59
0,5%	0,40	0,49	0,58	0,47
1,0%	0,31	0,42	0,44	0,39
2,0%	0,45	0,37	0,53	0,50
4,0%	0,38	0,42	0,40	0,48
Antes do Cultivo	0,39			
Depois do Cultivo	0,45			

Tabela 3. Resultados PERMANOVA para os fatores analisados (coletas, lâminas de irrigação e doses de bioestimulante).

COLETAS*			
Fator	d.f	F	P*
Coletas	1	37961	0,0001
Resíduos	158		
Total	159		
LÂMINAS E DOSES			
Fator	d.f	F	P*
Lâminas	3	48171	0,0001
Doses	4	22697	0,0102
Interação	12	08505	0,7030
Resíduo	60		
Total	79		
COMPARAÇÃO LÂMINAS*		T	P*
60% vs 80%		1,7494	00220
60% vs 100%		2,2789	00014
60% vs 120%		2,5451	00005
80% vs 100%		1,5708	15708
80% vs 120%		2,8051	00007
100% vs 120%		1,6714	00608
COMPARAÇÃO DOSES*		T	P*
0 vs 0,5		1,0373	03608
0 vs 1,0		2,2819	00030
0 vs 2,0		0,9978	04083
0 vs 4,0		1,9169	00236
0,5 vs 1,0		1,9251	00108
0,5 vs 2,0		1,0889	03174
0,5 vs 4,0		1,5757	00645
1,0 vs 2,0		1,6110	00476
1,0 vs 4,0		0,4519	08885
2,0 vs 4,0		1,1787	02492

A comunidade de FMA diferiu antes e após o cultivo do meloeiro, especialmente quanto à abundância e a frequência das espécies (Figura 4). Em relação as lâminas de irrigação, foi possível observar que lâminas com menor disponibilidade hídrica (60 e 80%)

apresentavam comunidade de FMA que diferiam das observadas em lâminas com maior disponibilidade hídrica (120%) (Figura 5). A análise NMS mostrou que não houve diferenças na comunidade de FMA entre as doses de bioestimulante, exceto para as doses 0,0 e 1,0 L ha⁻¹ (Figura 6).

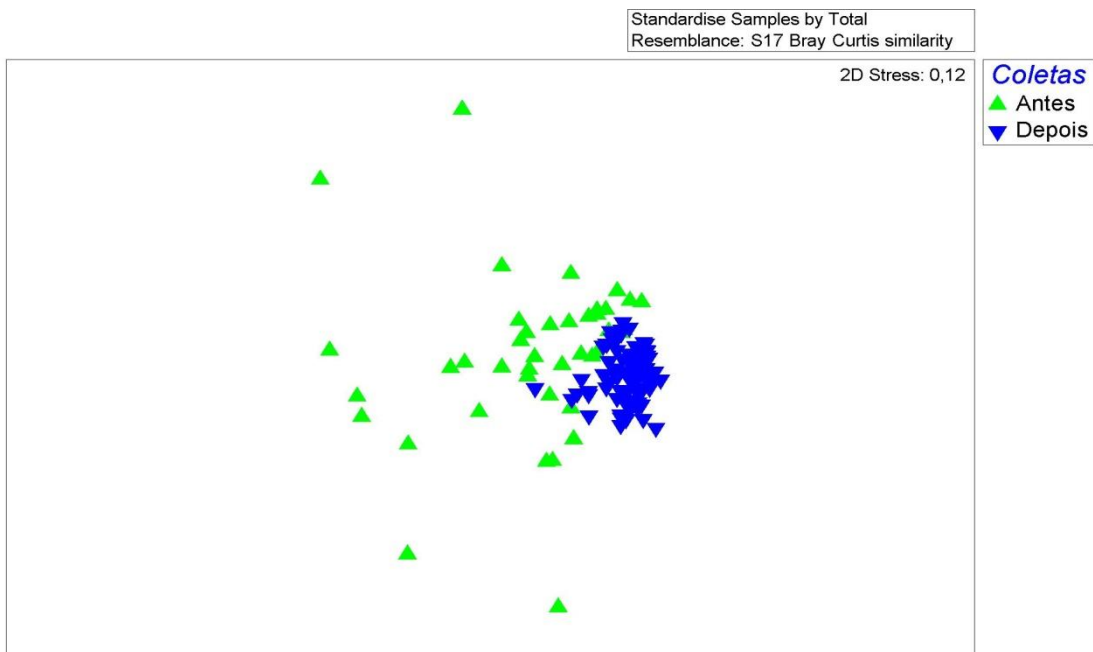


Figura 4. Análise de escalonamento multidimensional não métrico (MDS) baseado nas comunidades de FMA antes e depois do cultivo do melão (*Cucumis melo* L.) no Vale do São Francisco, Petrolina- PE

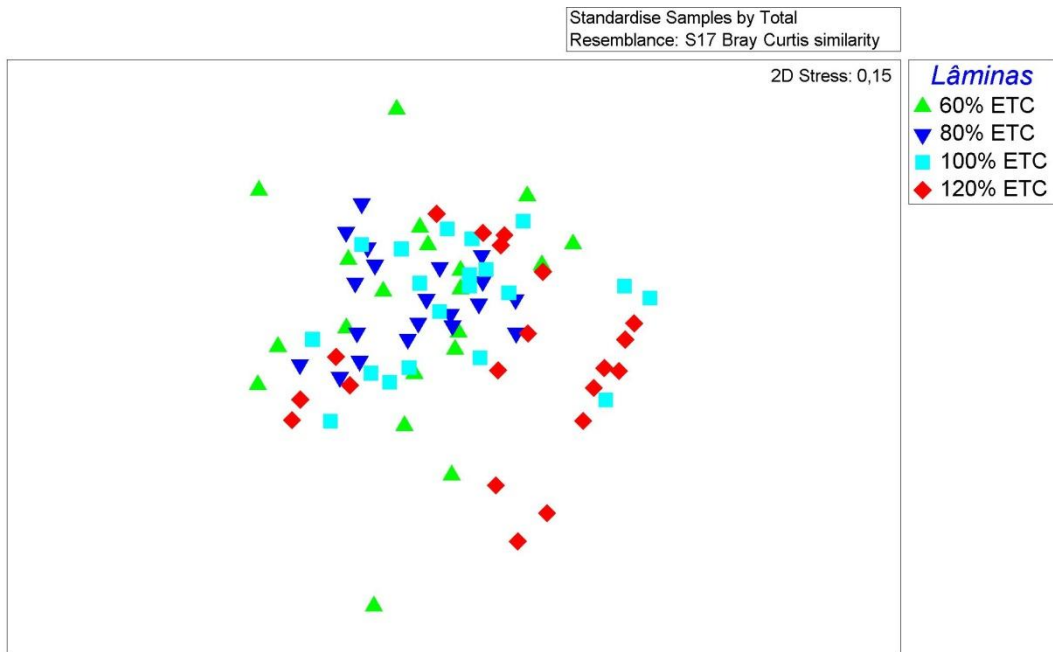


Figura 5. Análise de escalonamento multidimensional não métrico (MDS) baseado nas comunidades de FMA para as lâminas de irrigação (60, 80, 100 e 120% ETC) aplicadas no cultivo do melão, no Vale do São Francisco, Petrolina – PE.

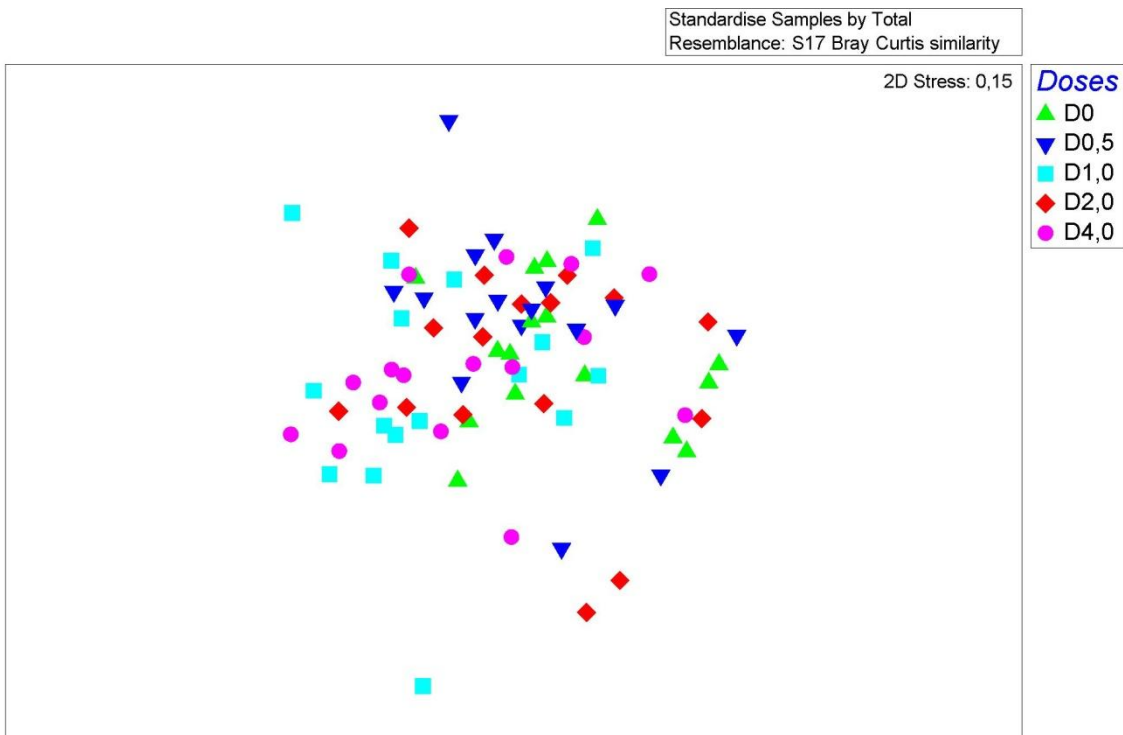


Figura 6. Análise de escalonamento para as doses de bioestimulante aplicadas no cultivo do melão, no Vale do São Francisco, Petrolina – PE.

5. DISCUSSÃO

O cultivo do melão influenciou a produção de glomerosporos, com maior esporulação depois do cultivo. Esse aumento do número de glomerosporos após o cultivo pode ser atribuído a vários fatores, entre eles: o manejo adotado na área, a cultura, a temperatura e umidade do solo (SIQUEIRA et al., 2010). De modo geral, maior número de glomerosporos é observado em áreas cultivadas quando comparadas com áreas de vegetação natural (MOREIRA et al., 2006; CARRENHO et al., 2010), e esse aumento na esporulação é uma estratégia de sobrevivência do fungo quando ocorre diminuição da diversidade vegetal (p.ex. monocultivo) (MIRANDA; VILELA; MIRANDA, 2005). Um trabalho conduzido na região semiárida, especificamente no Vale do São Francisco, demonstrou que o cultivo de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), proporcionou aumento no número de glomerosporos no solo quando comparado ao solo em pousio (PONTES, 2013). Os nossos resultados corroboram os desse estudo, com maior número de glomerosporos observado após a introdução do meloeiro.

Não houve efeito das lâminas de irrigação aplicadas sobre o número de glomerosporos. Entretanto, estudando no semiárido da China o efeito do manejo de irrigação em cultivo de trigo (*Triticum* sp.) sobre a esporulação, Liu et al. (2015), verificaram variação na abundância de esporos, com menor quantidade de esporos em solos com maior disponibilidade hídrica. A diferença de resposta dos nossos resultados com os de Liu et al. (2015) sugerem que a composição da comunidade de FMA pode ter influenciado nesse resultado, uma vez que houve diferença entre as comunidades de FMA mantidas sob lâminas distintas de irrigação, confirmada pela identificação de espécies indicadoras das lâminas aplicadas, que respondem de forma distinta ao aumento ou diminuição da disponibilidade hídrica.

Por outro lado, as doses de bioestimulante apresentaram efeito na esporulação, sendo verificada redução na esporulação com o aumento das doses de bioestimulante. Isso possivelmente pode ser devido à formulação do produto conter cobre, zinco, molibdênio e hormônios de crescimento, o acúmulo de elementos como cobre, zinco e molibdênio no solo, pode se tornar tóxico e com o aumento da dose o excesso desses metais pode ter sido prejudicial aos FMAs. Segundo Folli-Pereira et al. (2012), o excesso de metais pesados Zn, Cu, Pb no solo afeta a esporulação desses fungos.

Acaulospora foi gênero que apresentou o maior número de espécies, seguido por *Glomus*. Muitos trabalhos têm relatado o gênero *Glomus* como dominante em regiões semiáridas (ZHAO; ZHAO, 2007; LIU et al., 2007; MERGULHÃO et al., 2009), e em outros ocorre dominância do gênero *Acaulospora* (GAVITO et al., 2008; LI; ZHAO, 2005). Em geral, os gêneros *Glomus* e *Acaulospora* produzem pequenos esporos que possuem rápido crescimento (MELLO et al., 2012), e em ecossistemas perturbados e ambientes com clima quente e seco, esse tipo de esporo possui facilidade na propagação, aumentando a possibilidade de sobrevivência (ZHAO; ZHAO, 2007). Esses gêneros são comumente relatados como mais representativos em números de espécies em agroecossistemas de regiões áridas (TCHABI et al., 2008), tendo em vista que espécies desses gêneros possuem grande capacidade de se adaptar a diversas condições de cultivos (LOSS et al., 2009).

Acaulospora laevis, *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora* sp1, *Acaulospora reducta*, *Dentiscutata cerradensis*, *Gigaspora margarita* e *Glomus macrocarpum* foram indicadoras para área antes do cultivo, mostrando que possivelmente são sensíveis às práticas de manejo adotadas na área. Embora *A. scrobiculata* e *Glomus macrocarpum* tenham sido relatadas como espécies com ampla distribuição, ocorrendo tanto em ambientes naturais como manejados (ASSIS et al., 2014), os manejos aplicados ao solo influenciaram a ocorrência dessas espécies diminuindo a sua abundância, mostrando que mesmo as espécies consideradas generalistas podem sofrer com o tipo de manejo adotado nas áreas.

Acaulospora laevis apresenta ocorrência mais restrita, sendo registrada em áreas da Caatinga (MOREIRA et al., 2008; SILVA et al., 2006). Essa espécie se mostrou bastante sensível, pois não foi registrada sua ocorrência após o cultivo do meloeiro. Segundo Liu et al. (2015), essa espécie é mais abundante em áreas mais secas, o que pode explicar a sua ocorrência antes do cultivo, uma vez que a área era de Caatinga nativa.

Ambispora appendicula, *Glomus* sp.1 e *Glomus* sp.2 foram consideradas indicadoras da coleta após o cultivo do melão. Espécies do gênero *Glomus* apresentam maior capacidade de adaptação a solos submetidos a práticas agrícolas como: adubação, revolvimento e cultivo (DANTAS et al., 2015).

A análise PERMANOVA mostrou diferença significativa para as comunidades de FMA entre as coletas realizadas antes e após o cultivo de melão, evidenciando que o manejo aplicado ao cultivo influenciou a comunidade desses fungos. Em agroecossistemas, as práticas agrícolas promovem várias alterações no solo o que

provoca modificações nas comunidades de FMA (CARRENHO et al., 2010). Outros trabalhos têm mostrado que a conversão de áreas naturais para áreas agrícola, geralmente, proporciona aumento na riqueza de espécies desses fungos (MIRANDA et al., 2010), e essas mudanças podem estar relacionadas as estratégias desses fungos para se adaptar as novas condições do ambiente. Mudanças na comunidade com seleção de algumas espécies podem ser observadas após três ciclos de cultivo, como constatado no estudo de Menezes et al. (2016) com capim buffel (*Cenchrus ciliaris* L). Salienta-se, entretanto, que estas mudanças não necessariamente reduzem a diversidade de FMA, visto que Pontes (2013) constatou que a introdução de espécies micotróficas em área cultivada mantém a diversidade.

A análise NMS mostrou que a comunidade antes e após o cultivo diferiu, sendo essas diferenças mais relacionadas à abundância e frequência das espécies, esse efeito pode ter ocorrido devido às práticas agrícolas realizadas durante o cultivo do melão, conforme sugerido por Siqueira et al. (2008), considerando que essas práticas, além dos efeitos diretos sobre o solo, podem alterar as comunidade de FMA. Segundo Alguacil et al. (2008), os diferentes tipos de práticas agrícolas podem influenciar de forma direta ou indireta na diversidade de FMA, selecionando diferentes espécies de fungos, de acordo com o manejo adotado e a cultura implantada. Em relação às lâminas de irrigação, foi possível observar que lâminas com a menor disponibilidade hídrica (60% e 80% da ETc) tiveram comunidade de FMA diferente das lâminas com maior disponibilidade hídrica (120% da ETc), mostrando que houve seleção de espécies de FMA mais adaptadas a condições mais úmidas e menos úmidas. Segundo Holland et al. (2014), a disponibilidade de água é um dos fatores determinantes das comunidades de FMA. Em solos com um alto grau de umidade, conseqüentemente haverá pouca aeração o que pode eliminar espécies de FMA (CAPRONI, 2001) ou até mesmo selecionar espécies mais adaptadas a condições mais úmidas, explicando os resultados encontrados no presente estudo.

6. CONCLUSÃO

A redução da lâmina de irrigação no cultivo de meloeiro não afeta a esporulação, mas altera a composição e reduz a diversidade de FMA. A adição de bioestimulante pode mitigar, parcialmente, o efeito da redução de água, pois embora afete negativamente a esporulação, mantém a diversidade de espécies de FMA.

As comunidades de FMAs diferem antes e após o cultivo de melão e entre os manejos de irrigação, o que pode acarretar, em longo prazo, em seleção de espécies,

reduzindo a diversidade. Recomenda-se, desta forma, que mais ciclos de produção sejam analisados para avaliar o impacto desses manejos em longo prazo.

REFERÊNCIAS:

- AGRICHEM. **Bioestimulante Booster® Mo** –Disponível em: <<http://www.agrichem.com.br/produtos/booster-mo>>. Acesso em: 3 out. 2016.
- AKASHI, R. E.; WINTER, D. F.; GREUTER, E. On morphology and taxonomy of the genera *Cucumis* L. and *Melo* Mill. **Feddes Repertorium**, v. 106, p. 155- 159, 2001.
- ALBUQUERQUE JÚNIOR, B. S. Efeito da aplicação de CO₂ na água de irrigação em diferentes fases fenológicas da cultura do melão (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*) cultivado em ambiente protegido. 2003. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)**. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- ALGUACIL, M.M., et al. The impact of tillage practices on arbuscular mycorrhizal fungal diversity in subtropical crops. **Ecological Applications**. 18: 527–536. 2008.
- ANJOS, E.C.T. et al. Interactions between an arbuscular Mycorrhizal fungus (*Scutellospora heterogama*) and the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on sweet passion fruit (*Passiflora alata*). Brazilian **Archives of Biology and Technology**, v. 53, n. 4, p. 801–809, 2010.
- ARRIAGADA, C. et al. Improved zinc tolerance in eucalyptus globulus inoculated with *Glomus deserticola* and *Trametes versicolor* or *Corioloopsis rigida*. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.42, p.118-125, 2010.
- AUGÉ, R.M. Water relations, drought and vesicular- arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Mycorrhiza**, 11: 3-42, 2001.
- ASSIS, P.C.R. et al. Fungos micorrízicos arbusculares em campos de murundus após a conversão para sistemas agrícolas no cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 38, p. 1703-1711, 2014.
- AVIO, L., et al. Impact of nitrogen fertilization and soil tillage on arbuscular mycorrhizal fungal communities in a Mediterranean agroecosystem. **Soil Biology and Biochemistry** 67:285-294, 2013.
- BASLAN, M.; et al. Role of native and exotic mycorrhizal symbiosis to develop morphological, physiological and biochemical responses coping with water drought of date palm, *Phoenix dactylifera*. **Springer-Verlag Berlin Heidelberg**. 28:161–172. 2014
- BATISTA, P. F.; et al. Produção e qualidade de frutos de melão submetidos a dois sistemas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n.2, p. 246-250, 2009.
- Bender, S.F., Conen, F. & van der Heijden, M.G.A. Mycorrhizal effects on nutrient cycling, nutrient leaching and N₂O production in experimental grassland. **Soil Biology and Biochemistry**, V. 80, p. 283 – 292 .2015.
- BERBARA, R.L.L.; et al. Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p. 53-88.
- BŁASZKOWSKI, J. Glomeromycota. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Krakow. **Acta Mycol** (300 pp), 2012.
- BŁASZKOWSKI, J.; CHWAT, G. *Septoglomus deserticola* emended and new combinations in the emended definition of the family Diversisporaceae. **Acta Mycol**. 48, p. 89–103, 2013.
- BROWN, P.; SAA, S. Biostimulants in agriculture. **Frontiers in Plant Science**, doi: 10.3389/fpls.2015.00671. 2014.

- BRUNDRETT, M.C.; et al. Mycorrhizas in Natural Ecosystems. **Advances in ecological Research**, v. 21 pp. 171-313; 2009.
- CALVO, P., et al. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant Soil**, v. 383, pp. 3–41. 2014.
- CAMPELO AR, et al. Manejo da cultura do melão submetida a frequências de irrigação e fertirrigação com nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, 32(2):138-144. 2014.
- CAMPOS, M.A.S. et al. Responses of guava plants to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi in soil infested with *Meloidogyne enterolobii*. **Plant Pathology Journal**, v. 29, n. 3, p. 242–248, 2013.
- CAPRONI, A.L. Fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas remanescentes da mineração de bauxita em Porto Trombetas/PA. 186f. **Tese Doutorado**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2001.
- CARRENHO, R.; et al. Fungos micorrízicos arbusculares em agrossistemas brasileiros. In: SIQUEIRA, J. O. et al. **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. 1. Ed. Lavras: UFLA, cap. 7, p. 215-249. 2010.
- CAVALCANTE, U. M. T. et al. Respostas fisiológicas em mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims. F. *flavicarpa* Deg.) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e submetida ao estresse hídrico. **Acta Botânica Brasileira**, v. 15, n. 3, p. 379-390, 2001.
- CAVALCANTE, U. M. T. et al. Aspectos da Simbiose Micorrízica Arbuscular. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**. Recife, vols. 5 e 6, p.180-208, 2008-2009.
- CAVALCANTE JUNIOR, J. A. H. Frequência de fertirrigação potássica no meloeiro e distribuição de K₂O com diferentes injetores e idade de utilização do sistema de irrigação. **Tese Doutorado**. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. p. 82. 2013.
- CAVALCANTE, U. M. T. et al. Aspectos da simbiose micorrízica arbuscular. In: R.M. Moura, M. Menezes & R.L.R. Mariano (eds.). **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**. UFPE. Imprensa Universitária, Recife, pp. 180-208, 2009.
- CHAVES, S. W. P. et al. Conservação de melão Cantaloupe cultivado em diferentes doses de N e K. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.32, p. 468-474, 2014.
- CLARKE, K.R.; GORLEY, R.N. **PRIMER v6: User Manual/Tutorial**. PRIMER-E. Plymouth, 2006.
- COSTA, N.D. O cultivo do melão. 2013. Disponível em: <<http://www.unitins.br/ates/arquivos/Agricultura/Fruticultura>>. Acesso em: 11 out. 2016.
- DANTAS et al. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em pomar orgânico no semiárido cearense. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.8, p.1480-1486, 2015.
- DEULOFEU, C. Situación y perspectivas del melón en el mundo. In: VALLESPER, A. N., coord. Melones. **Compendios de Horticultura**, v. 10, p. 21-24,1997.
- Doorenbos, J.; Pruitt, W. O. Crop water requirements. Rome: FAO, **Irrigation and Dreanaige Paper**, v. 24, p. 144, 1977.
- DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecologia*. **Monografia**. 67 (3), p. 345–366, 1997.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION).FAOSTAT. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/site/613/default/home/E>>. Acesso em: 03 out. 2016.
- FAOSTAT. **Food and e agriculture organization of the united nations satatistic divission**. Disponível em <<http://faostat3.fao.org/home/E>>. Acesso em 03 out. 2016.
- FERREIRA, E.B.; et al. ExpDes.pt: **Experimental Designs pacakge** (Portuguese). R package version 1.1.2., 2013.
- FOKOM et al. Glomalin related soil protein, carbon, nitrogen and soil aggregate stability as affected by land use variation in the humid Forest zone of south Cameroon. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 120, p. 69-75, 2012.

- FOLLI-PEREIRA et al. Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, vol.36, n.6, Viçosa. Nov./Dez. 2012.
- GARCIA, G. O. et al. Alterações químicas de dois solos irrigados com água salina. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 39, n. 01, p. 7-18, 2008.
- GAVITO, M.E.; et al. High compatibility between arbuscular mycorrhizal fungal communities and seedling of different land use types in a tropical dry ecosystem. **Mycorrhiza**, New York, v.19, n.1, p.47-60, 2008.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Trans. Br. Mycol. Soc.** 46, p. 235–244, 1963.
- GHOLAMHOSEINI, M., et al., E.Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on growth, yield, nutrient uptake and irrigation water productivity of sunflowers grown under drought stress. **Agricultural Water Management**, 117. 106– 114. 2013
- GOSLING P, et al., Organic management of tilled agricultural soils results in a rapid increase in colonisation potential and spore populations of arbuscular mycorrhizal fungi. **Agric Ecosyst Environ**, 139:273–27. 2010.
- GOTO, B.T. et al. Intraornatosporaceae (Gigasporales), a new family with two new genera and two new species. **Mycotaxon**, 119, p. 117–132, 2012.
- GOTO, B.T., MAIA, L.C. Glomerospores: a new denomination for the spores of Glomeromycota, a group molecularly distinct from the Zygomycota. **Mycotaxon**, v 96, p.129–132. 2006.
- HAMMER, E.C.; RILLIG, M.C. The Influence of Different Stresses on Glomalin Levels in an Arbuscular Mycorrhizal Fungus Salinity Increases Glomalin. **Content. Plos One**, 6(12): e28426. doi: 10.1371/journal.pone.0028426, 2011.
- HOLLAND et al., Arbuscular Mycorrhizal Fungal Communities Associated with *Vitis vinifera* Vines under Different Frequencies of Irrigation. Copyright © 2014 by the American Society for Enology and Viticulture. **Am. J. Enol. Vitic.** v. 65:2, (2014).
- HUNGRIA, M. Características biológicas em solos manejados sob plantio direto. **Anais**, Florianópolis, EPAGRI, 2000.
- INSTITUTO BRASIELIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE- IBGE. 2013. Banco de dados agregados. SIDRA. **Produção agrícola municipal**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp>> Acesso em: 11 out. 2016.
- INSTITUTO BRASIELIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Produção Agrícola Municipal: **culturas temporárias e permanentes**. 2015. disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_\[anual\]/2012/pam2012.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_[anual]/2012/pam2012.pdf)> acesso em 11 out. 2016.
- JANSA, J. et al. Diversity and structure of AMF communities as affected by tillage in a temperate soil. **Mycorrhiza** 12, 225e234. <http://dx.doi.org/10.1007/s00572-002-0163-z>. 2002.
- JARDIM, P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**. 2015.
- JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Dis. Rep.** v. 48, p. 692, 1964.
- KIVLIN, S. N.; EMERY, S. M.; RUDGERS, J. A. Fungal symbionts alter plant responses to global change. **American Journal of Botany**, v. 100, n. 7, p. 1445–1457, 2013
- KRUSKAL, J.B. Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method. **Psychometrika**, 29: 115-129, 1964
- LI, L.F. et al. Differences of arbuscular mycorrhizal fungal diversity and community between a cultivated land, an old field, and a never cultivated field in a hot and arid ecosystem of southwest China. **Mycorrhiza**, v. 17, p. 655–665, 2007.
- LI; ZHAO, Z.W. Differences of arbuscular mycorrhizal fungal diversity and community between a cultivated land, an old field, and a never-cultivated field in a hot and arid ecosystem of southwest China. **Mycorrhiza**, v, 17, p. 655–665. 2005.

- LIU et al. Integrating irrigation management for improved grain yield of winter wheat and rhizosphere AM fungal diversity in a semi-arid cropping system. **Agricultural Systems**, v, 132, p.167–173, 2015.
- LOSS, A. et al. Atributos químicos do solo e ocorrência de fungos micorrízicos sob áreas de pastagens e sistema agroflorestal, **Brasil. Acta Agron.**, v, 58, p. 91-95, 2009.
- LÚCIO W. S. et al. Crescimento e respostas fisiológicas do meloeiro inoculado com fungos micorrízicos arbusculares sob estresse salino. **Semina**, v. 34, n. 4, p. 1587-1602, 2013.
- LUMINI. E. et al., Disclosing arbuscular mycorrhizal fungal biodiversity in soil through a land-use gradient using a pyrosequencing approach. **Environ Microbiol**, v. 12, p. 2165–2179. 2010.
- MAIA, L.C. et al. Estrutura, ultraestrutura e germinação de glomoesporos. In: SIQUEIRA, J.O.; SOUZA, F.A.; CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S. M. **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: Editora UFLA, p. 75-118, 2010.
- MARINHO, F. et al. *Bulbospora minima*, a new genus and a new species from semi-arid Northeast Brazil. **Sydowia**, v. 66, p. 313-323, 2014.
- MCCUNE, B.; MEFFORD, M.J. PC-ORD: multivariate analysis of ecological data. Version 5. 14. **MJM Software**, Gleneden Beach, Oregon, 2006.
- MELLO C. M. A. et al. *Fuscutata aurea*, a new species in the *Glomeromycetes* from cassava and maize fields in the Atlantic rainforest zone of Northeastern Brazil. **Nova Hedwigia**, v. 95, p. 267–273. 2012.
- MENEZES, K.M. et al. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in buffelgrass pasture under intercropping and shading systems in Brazilian semiarid conditions. **Agric, Ecos and Env**, v. 230, p.55-67, 2016.
- MERGULHÃO, A.C.E.S. et al. Hospedeiros e ciclos sucessivos de multiplicação afetam a detecção de fungos micorrízicos arbusculares em áreas impactadas por mineração gesseira. **Revista Árvore**, v. 33, p. 227-236. 2009.
- MIRANDA, J. C. C. et al. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 1005-1014, 2005.
- MIRANDA, E. M. et al. Comunidades de fungos micorrízicos arbusculares associados ao amendoim forrageiro em pastagens consorciadas no Estado do Acre, Brasil. **Acta Amazônica, Manaus**, v. 40, n. 1, p. 13-22, 2010.
- MOREIRA, F. M. S. et al. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2 ed. Lavras: UFLA, p. 729, 2006.
- MOREIRA, F. M. D. S.; SIQUEIRA, J. O. Biodiversidade do Solo em Ecossistemas Brasileiros. **Lijbert Brussaard**. Lavras Ed. UFLA, p. 768, 2008.
- NDIAYE, M., et al. Improved Acacia senegal growth after inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi under water deficiency conditions. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 2, p. 271-274, 2011.
- NOGUEIRA, M.A. et al., Mycorrhiza and soil bacteria influence extractable iron and manganese in soil and uptake by soybean. **Plant and Soil**, v. 298, p. 273-284, 2007.
- OEHL, F. et al. Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. **IMA Fungus**, v. 2, p.191-199, 2011.
- OEHL, F. et al. *Palaeospora spainii*, a new arbuscular mycorrhizal fungus from Swiss agricultural soils. **Nova Hedwigia**, p.1-14, 2014.
- OLIVEIRA IP, Oliveira LC. Metais pesados. **Revista Eletrônica Faculdade de Iporá** v. 1, p. 59-86, 2011.
- OMIROU et al. Mycorrhizal inoculation affects arbuscular mycorrhizal diversity in watermelon roots, but leads to improved colonization and plant response under water stress only, **Applied Soil Ecology**, v. 63, p. 112– 119, 2013.

- ÖPIK, M.; DAVISON, J. Uniting species- and community-oriented approaches to understand arbuscular mycorrhizal fungal diversity. **Fungal Ecology**, v. 24, p. 106-113, 2016.
- ORTEGA-LARROCEA et al. Mycorrhizal inoculum potential of arbuscular mycorrhizal fungi in soils irrigated with wastewater for various lengths of time, as affected by heavy metals and available P. **Applied Soil Ecology**, v.37, p.129-138, 2007.
- PARNISKE, M. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. **Nature Reviews Microbiology**, London, v. 6, n. 10, p. 763-775, 2008
- PIELOU, E.C. **Ecological Diversity**. Wiley, New York, pp. 165, 1975.
- PONTES, J., Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em solo cultivado com feijão caupi [*Vigna Unguiculata* (L.) Walp.] e fibra de coco. **Dissertação de mestrado**. Universidade Federal de Pernambuco. 2013.
- PURIN, S.; KLAUBERG FILHO, O. Glomalina: Nova abordagem para entendermos a biologia dos fungos micorrízicos arbusculares. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: Editora UFLA, p. 383-414, 2010.
- REDECKER, D. et al.. Glomalean Fungi from the Ordovician. **Science**, v. 289, p. 1920-1921. 2000.
- RILLIG, M. C. Arbuscular mycorrhizae: glomalin and soil quality. **Canadian Journal Soil Science**, v.84, p.355-363, 2004.
- ROUPHAEL et al., Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 91–108, 2015.
- SANTOS, C. E. et al. **Anuário Brasileiro da Fruticultura**, Santa Cruz do Sul, RS, v. 13-12 p. 5-27, 2014.
- SCHENCK, N.C.; PÉREZ, Y. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. 3 edition. Gainesville, Florida, **Synergistic Publ**, 1990.
- SCHÜBLER, A.; et al. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological Research**, v. 105, n. 12, p. 1413–1421, 2001.
- SHANNON, C.E.; WEAVER, W. The Mathematical Theory of Communication. **University of Illinois Press**, Illinois. 1949.
- SIQUEIRA, J. O. ET AL. Micorrizas e degradação do solo: caracterização, efeitos e ação recuperadora. In: CERETTA, C. S.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. Ed. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, MG, p. 219-306, 2007.
- SILVA, E.M.; et al. A.M. Water availability and formation of propagules of arbuscular mycorrhizal fungi associated with sorghum. **Applied Soil Ecology**, v. 94, p. 15-20, 2015.
- SILVA, F.S.B. Fase assimbiótica, produção, infectividade e efetividade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em substratos com adubos orgânicos. **Tese de doutorado**. Recife. Universidade Federal de Pernambuco. 2006.
- SILVA, R.F. et al. Comunidade de Fungos micorrízicos arbusculares em solo cultivado com eucalipto, pinus e campo nativo em solo arenoso, São Francisco de Assis, RS. **Ciência Florestal**, v.18, n.3, p. 353-361, 2008.
- SILVA et al., Pomegranate biology and biotechnology: A review. **Scientia Horticulturae**, v. 160 p. 85–107. 2013.
- SINGH P.K., Singh, M., Tripathi, B.N. Glomalin: an arbuscular mycorrhizal fungal soil protein. **Protoplasma**, v. 250, p. 663-669, 2013.
- SMITH, S. E. et al. Fresh perspectives on the roles of arbuscular mycorrhizal fungi in plant nutrition and growth. **Mycologia**, v. 104, n. 1, p. 1–13, 2012
- SMITH, S. E. et al. Mycorrhizal Symbiosis. 3. ed. New York, London: **Academic Press**, p. 794, 2008.
- SMITH, S. E.; SMITH, F. A. Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: new paradigms from cellular to ecosystem scales. **Annual review of plant biology**, v. 62, p. 227–50, 2011.

- TCHABI, A. et al. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in sub-saharan savannas of Benin, West Africa, as affected by agricultural land use intensity and ecological zone. **Mycorrhiza**, v.18, p.181– 195, 2008.
- VERBRUGGEN, E.; KIERS, T. Evolutionary ecology of mycorrhizal functional diversity in agricultural systems. **Evolutionary Applications**, v. 3 (5-6), p. 547-560, 2010.
- VOGT, K.A. et al. Aluminum, Fe, Ca, Mg, Cu, Zn and P in above-and belowground biomass. II. Pools and circulation in a subalpine *Abies amabilis* Stand. **Biogeochemistry**, v. 4, p. 295-311, 1987.
- WILLIS, A. et al. THE ecology of arbuscular mycorrhizal fungi. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 32, p. 1–20. 2013.
- YANO-MELO, A.M. et al. Tolerance of mycorrhized banana (*Musa* sp. Cv. Pacovan) plantlets to saline stress. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 95, p. 343-348, 2003.
- ZAI, X.M. et al. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the rooting and growth of beach plum (*Prunus maritima*) cutting. **Journal of Horticultural Science e Biotechnology**, v. 82 (6), p. 863-866, 2007.
- ZHAO, D. & Zhao, Z. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the hot-dry valley of the Jinsha River, southwest China. **Applied Soil Ecology**, v. 37, p, 118-128. 2007.