

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO**

**DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE PIMENTÃO, CULTIVADO EM  
SUBSTRATO COM PÓ DE COCO E INOCULADO COM FUNGOS  
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES**

**MARIA TEREZA MARTINS MONTEIRO**

**FORTALEZA-CE**

**2007**

**DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE PIMENTÃO, CULTIVADO EM  
SUBSTRATO COM PÓ DE COCO E INOCULADO COM FUNGOS  
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES**

**MARIA TEREZA MARTINS MONTEIRO**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, da Universidade Federal do Ceará - UFC, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre.

**ABRIL – 2007  
FORTALEZA-CE  
BRASIL**

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Aline Vieira

M778c

Monteiro, Maria Tereza Martins

Desenvolvimento do pimentão inoculado com fungos micorrízicos arbusculares em substratos com pó de coco. / Maria Tereza Martins Monteiro, Dra. Vânia Felipe Freire Gomes (Orient.)

Xx f.: il.; 30 cm

Dissertação (Mestrado) Solos e Nutrição de Plantas  
Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

1. Pimentão 2. Fungos I. Monteiro, Maria Tereza Martins II. Gomes, Vânia Felipe Freire III. Título.

CDD 631.4

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará.

---

Maria Tereza Martins Monteiro

Dissertação aprovada em: 20.04.07

---

Profa. Vânia Felipe Freire Gomes - Doutora  
(Orientadora)

---

Prof. Paulo Furtado Mendes Filho - Doutor  
(Examinador)

---

Francisco Valderez Augusto Guimarães - Doutor  
(Examinador)

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Massa seca da parte aérea de plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.), cultivadas em diferentes substratos, aos quarenta e cinco dias após o plantio. Média de quatro repetições.
- Figura 2** Número de folhas de plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.), cultivadas em diferentes substratos, aos quarenta e cinco dias após o plantio. Média de quatro repetições.
- Figura 3** Altura das plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.), cultivadas em diferentes substratos, aos quarenta e cinco dias após o plantio. Média de quatro repetições.
- Figura 4** Diâmetro do caule das plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.), cultivadas em diferentes substratos, aos quarenta e cinco dias após o plantio. Média de quatro repetições.
- Figura 5** Número de esporos de Fungos Micorrízicos Arbusculares em amostras de substratos utilizados no cultivo de pimentão (*Capsicum annuum* L.), aos quarenta e cinco dias de cultivo. Média de quatro repetições.
- Figura 6** Porcentagem de Colonização Micorrízica Arbuscular em raízes de pimentão cultivados em diferentes misturas de substratos nos diferentes tratamentos.
- Figura 7** Teor de Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) em amostras de substratos utilizados no cultivo de pimentão (*Capsicum annuum* L.), aos quarenta e cinco dias de cultivo. Média de quatro repetições.
- Figura 8** Quantidade de C-CO<sub>2</sub> da Respiração Basal do substrato, liberado nos dias de incubação, em amostra de misturas de substrato utilizados no cultivo de pimentão, observados nos diferentes tratamentos.

## RESUMO

### **Desenvolvimento de mudas de pimentão, cultivado em substrato com pó de coco e inoculado com fungos micorrízicos arbusculares**

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma solanácea originada nas regiões tropicais do continente americano, possui alto valor nutritivo e está entre as hortaliças mais importantes economicamente cultivadas no Brasil. As cultivares mais plantadas são as variedades All Big, Ikeda, Magali e Agrônômico 10. O cultivo de plantas utilizando substrato é uma técnica amplamente empregada na maioria dos países de horticultura avançada, por apresentar vantagens, entre elas a de exercer função de solo, fornecendo à planta sustentação, nutrientes, água e oxigênio. O resíduo da casca de coco (*Cocus nucifera* L.) em forma de pó vem sendo indicado como substrato agrícola por ser 100% natural, biodegradável, ser um material leve, de baixa densidade aparente, alta porosidade e retenção de umidade. O presente trabalho teve por objetivo testar a hipótese de que o pó de coco, com suas propriedades físico-químicas, pode ser um dos componentes na mistura do substrato recomendado na produção de mudas de pimentão nutricionalmente equilibradas e que a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) torna a planta mais eficiente na absorção de nutrientes, especialmente o fósforo. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação situada no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará, no período de julho a setembro de 2006. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, consistindo de dezoito tratamentos e quatro repetições, assim distribuídos: T1 → solo (90%) + pó de coco seco (10%) com FMA; T2 →

solo (80%) + pó de coco seco (20%) com FMA; T3→ solo (70%) + pó de coco seco (30%) com FMA; T4→ solo (90%) + pó de coco seco (10%) sem FMA; T5→ solo (80%) + pó de coco seco (20%) sem FMA; T6→ solo (70%) + pó de coco seco (30%) sem FMA; T7→ solo (90%) + pó de coco verde (10%) com FMA; T8→ solo (80%) + pó de coco verde (20%) com FMA; T9→ solo (70%) + pó de coco verde (30%) com FMA; T10→ solo (90%) + pó de coco verde (10%) sem; T11→ solo (80%) + pó de coco verde (20%) sem FMA; T12→ solo (70%) + pó de coco verde (30%) sem FMA; T13→ solo (100%) com FMA; T14→ solo (100%) sem FMA; T15→ pó de coco seco (100%) com FMA; T16→ pó de coco seco (100%) sem FMA; T17→ pó de coco verde (100%) com FMA e T18→ pó de coco verde (100%) sem FMA. O solo utilizado na mistura de substrato foi um Argissolo Vermelho Amarelo esterilizado em autoclave por duas horas, à 1 atm de pressão e 120°C, coletado no Campus do Pici. As plantas foram inoculadas por FMA (*Glomus clarum*, *Glomus intraradices* e *Gigaspora margarita*), provenientes do banco de inóculos do Laboratório de Microbiologia do Solo, do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará e da EMBRAPA do Cerrado, respectivamente. O experimento foi conduzido por 45 dias, durante os quais as plantas foram supridas semanalmente com solução nutritiva de Hewitt isenta de P e ao final foram coletadas e submetidas à análises dos seguintes parâmetros: massa seca da parte aérea, número de folhas, altura da planta, diâmetro do caule, número de esporos de FMA no substrato, colonização micorrízica na raiz, carbono biomassa microbiana, respiração basal do solo, teores de macronutrientes e micronutrientes da parte aérea. Nos tratamentos T1→ solo (90%) + pó de coco seco (10%) com FMA e T4 → solo (90%) + pó de coco seco (10%) sem FMA, as mudas de pimentão apresentaram melhores resultados em massa seca da parte aérea, altura e diâmetro do caule. Os maiores teores de macronutrientes na parte aérea das plantas foram encontrados nos tratamentos que não eram misturas. Nos tratamentos T17 e T18 foram observados os maiores teores de C<sub>mic</sub> e C-CO<sub>2</sub>. A maior presença de esporos ocorreu nos tratamentos T13→ solo (100%) com FMA e T8→ solo (80%) + pó de coco verde (20%) com FMA, enquanto o maior grau de colonização de raízes ocorreu nos tratamentos T7 → solo (90%) + pó de coco verde (10%) com FMA e T8→ solo (80%) com pó de coco verde (20%) com FMA.

**Palavras-chave:** pimentão, pó de coco, substratos alternativos, fungos micorrízicos arbusculares.

## SUMMARY

### **Development of green pepper, cultivated in substratum with coconut dust and inoculated with arbuscular mychorrizal fungi**

The green pepper (*Capsicum annuum* L.) it is a solanacea originated in the tropical region of the American continent, possesses high nutritional value and it is among the most important vegetables economically cultivated in Brazil. Your cultivate them more planted are the varieties All Big, Ikeda, Magali and Agronomic 10. The cultivation of plants using substratum is a technique thoroughly maid in most of the countries of advanced horticulture, for presenting advantages, among them the one of exercising soil function, supplying to the plant sustentation, nutritious, water and oxygen. The residue of the coconut (*Cocus nucifera* L.) in dust form it has been indicated as agricultural substratum by being 100% natural, biodegradable, to be a light material, of low density apparent, high porosity and humidity retention. The present work had for objective to test the hypothesis that the coconut dust, with their physiochemical properties, it can be one of the components in the mixture of the substratum recommended in the production of seedlings of green pepper balanced nutricionality and that the inoculation with arbuscular mychorrizal fungi (AMF) it turns the most efficient plant in the absorption of nutrients, especially the phosphorus. The experiment was carried in greenhouse located in the Campus of Pici, of the University Federal of Ceara, in the period of July to September of 2006. The experimental delineation was it of blocks casualized, consisting of eighteen treatments and four repetitions, distributed like this: T1→



soil (90%) + dust dry coconut (10%) with AMF; T2 → soil (80%) + dust dry coconut (20%) with AMF; T3 → soil (70%) + dust dry coconut (30%) with AMF; T4 → soil (90%) + dust dry coconut (10%) without AMF; T5 → soil (80%) + dust dry coconut (20%) without AMF; T6 → soil (70%) + dust dry coconut (30%) without AMF; T7 → soil (90%) + dust green coconut (10%) with AMF; T8 → soil (80%) + dust green coconut (20%) with AMF; T9 → soil (70%) + dust green coconut (30%) with FMA; T10 → soil (90%) + dust green coconut (10%) without; T11 → soil (80%) + dust green coconut (20%) without AMF; T12 → soil (70%) + dust green coconut (30%) without FMA; T13 → soil (100%) with AMF; T14 → soil (100%) without AMF; T15 → dust dry coconut (100%) with AMF; T16 → dust dry coconut (100%) without AMF; T17 → dust green coconut (100%) with AMF and T18 → dust green coconut (100%) without AMF. The soil used in the substratum mixture was a Yellow Red Argissol sterilized in sterilizer by two hours, to 1 atm and 120°C, collected at the Campus of Pici. The plants were inoculated by AMF (*Glomus clarum*, *Glomus intraradices* and *Gigaspora margarita*), coming from the bank of inoculum of the Laboratory of Microbiology of the Soil, of the Department of Sciences of the Soil of the University Federal of Ceara and EMBRAPA, respectively. The experiment was carried out for 45 days, during which the plants were weekly supplied with nutritive solution of Hewitt exempt of P and at the end they were collected and submitted to analyses of the following parameters: mass dries of the aerial part, number of leaves, height of the plant, diameter of the stem, number of spores of AMF in the substratum, colonization mycorrhizal in the root, carbon biomass microbial, basal respiration of the soil, content of macronutrient and micronutrient of the aerial part of plant. In the treatments T1 (90% soil + 10% dust dry coconut + AMF) and T4 (90% soil + 10% dust dry coconut without AMF) the seedlings of green pepper presented better results in mass dries of the aerial part, height and diameter of the stem. The largest macronutrient content in the aerial part of the plant were found in the treatments that were not mixtures. In the treatments T17 and T18 the largest content of C<sub>mic</sub> and C-CO<sub>2</sub> were observed. The largest presence of spores, happened in the treatments T13 (100% soil + AMF) and T8 (80% soil + 20% dust green coconut + AMF), while the largest degree of colonization of roots happened in the treatments T7 (90% soil + 10% dust green coconut + AMF) and T8 (soil 80% + dust green coconut 20% with AMF).

Keyword: green pepper, coconut dust, alternative substratum, arbuscular mycorrhizal fungi.

## INTRODUÇÃO

O consumo de coco (*Cocos nucifera* L.) vem sendo responsável pela geração de resíduos, uma vez que a casca do coco corresponde a 85% do peso do fruto. Esse material é descartado na forma de lixo orgânico, com grande impacto sobre o ambiente nos grandes centros consumidores. Daí a necessidade de se buscar maneiras de aproveitamento deste resíduo na condição de fonte de matéria orgânica para o solo (Oliveira, 2001).

Atualmente, o resíduo da casca do coco vem sendo indicado como substrato agrícola por ser 100% natural, biodegradável, possuir nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ser um material leve, de baixa densidade aparente, alta porosidade e retenção de umidade (Rosa et al., 2001). Necessário se faz estudar as características e prioridades desse novo material e de se avaliar sua potencialidade para ser utilizado como substrato em diferentes concentrações (Konduru et al., 1999).

No Brasil, ao contrário do que ocorre no exterior, o pó de coco apesar de suas qualidades e potencialidades, é pouco utilizado como substrato alternativo para o cultivo de hortaliças, como é o caso do pimentão (*Capsicum annuum* L.). Essa cultura, que figura entre as hortaliças de maior importância no Brasil, destacando-se o Sudeste como principal região produtora do país. O Nordeste brasileiro apresenta ótimas condições para o cultivo desta olerícola, notadamente o Estado do Ceará.

Todavia, para o melhor estabelecimento da cultura, especialmente em solos ou substratos pobres em nutrientes, pesquisas vêm sendo conduzidas com fungos micorrízicos arbusculares (FMA), cuja contribuição em cultivos que utilizam substratos alternativos, pode

ser importante, pela sua capacidade de estimular o crescimento vegetal, quando a simbiose é estabelecida de forma eficiente.

As respostas positivas de plantas inoculadas com FMA à deficiência nutricional, proveniente de um substrato de baixa fertilidade, podem resultar no aumento da densidade das raízes ou do desenvolvimento do micélio externo, permitindo maior exploração e contato com o solo facilitando, assim, a absorção de água e nutrientes (Davies Jr. et al., 1992).

Fundamentado na hipótese de que o pó de coco pode ser utilizado como substrato de cultivo de mudas de pimentão e que a inoculação das plantas com FMA, promove o melhor desenvolvimento das plantas, o presente trabalho teve por objetivo avaliar se o pó de coco pode ser utilizado como substrato no cultivo de mudas de pimentão e se a inoculação das plantas com FMA promove um maior desenvolvimento dessa cultura.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 - Aspectos gerais da cultura do pimentão

O pimentão *Capsicum annuum* L., (Solanaceae) é originário das Américas Central e do Sul, sendo cultivado em regiões tropicais e temperadas, desenvolvendo-se e produzindo melhor sob temperaturas relativamente elevada ou amena. O plantio pode se estender ao longo do ano em regiões de baixas altitudes. No Brasil é uma solanácea de grande importância sócio-econômica e está classificada entre as dez hortaliças mais importantes economicamente cultivadas. O Estado do Ceará é auto-suficiente na produção desta hortaliça, participando do abastecimento dos mercados de Teresina, Belém e São Luiz (Muniz et al., 1987).

A planta é arbustiva, autógama, com caule semi-lenhoso que geralmente ultrapassa a um metro de altura e suporta uma carga leve de frutos. Nos híbridos de alta produtividade, o tutoramento se faz necessário (Filgueira, 2000).

De acordo com Finger & Silva (2005), as pimentas e pimentões são plantas arbustivas típicas de clima tropical e subtropical, cujos produtos são comercializados na forma de frutos frescos (*in natura*), em conserva ou em pó (páprica), sendo a última obtida pela desidratação e moagem dos frutos vermelhos. A propagação da planta de pimentão se dá por sementes, daí a importância que deve ser dada ao controle da qualidade fisiológica das mesmas para se obter lavouras uniformes e produtivas.

Ainda citando Finger & Silva (2005), o transplântio das mudas de pimentão para o local definitivo deve ser realizado quando as mudas tiverem seis a oito folhas (10 a 15 cm de

altura), correspondendo a 30 a 45 dias. A importância do pimentão é dada pela presença de substâncias químicas que conferem sabor, aroma e cor aos alimentos, além de ser considerado fonte de vitaminas A e C, possuindo alto valor nutritivo, estando entre as hortaliças mais consumidas no Brasil. Seu uso na forma de condimento o torna bastante popular.

É sensível à salinidade e durante a maturação dos frutos o nível de salinidade tolerável é 1,5 a 2,0 dS/m, pertencendo ao grupo das culturas “moderadamente sensível” e a faixa de pH mais adequada situa-se em torno de 5,5 a 6,5 (Ayres & Westcot, 1999).

A exigência do pimentão quanto à temperatura está intimamente relacionada com a cultivar utilizada, porém acima de 35°C a floração fica comprometida. No que se refere à umidade relativa do ar em ambiente protegido, a mesma deve permanecer entre 50 a 70%, a fim de evitar abortamento de flores e frutos (Tivelli, 1999).

Observando o cultivo do pimentão em sistemas orgânicos de produção, ao longo de dez anos, Souza & Resende (2006) afirmam que esta cultura não tem apresentado problemas fitossanitários que comprometam seu desenvolvimento, mas que a limitação no rendimento comercial de frutos tem sido atribuída à insuficiente nutrição das plantas, mesmo em condições de solos manejados organicamente ao longo de vários anos, especialmente em relação ao suprimento insuficiente de nitrogênio para as cultivares de elevada exigência nutricional existentes no mercado.

## **2.2 - Cultivo em substratos**

Com a modernização da agricultura e a segmentação do mercado, surgiu a necessidade de aprimorar a atividade de produção de mudas (Luz et al., 2000). O cultivo de plantas utilizando substratos é uma técnica amplamente empregada na maioria dos países de horticultura avançada (Fernandes & Corá, 2001), e apresenta várias vantagens, entre elas a de exercer a função de solo, fornecendo à planta: sustentação, nutrientes, água e oxigênio. De acordo com Grolli (1991), o substrato é considerado um dos principais fatores ambientais para o cultivo de plantas, atuando diretamente na qualidade do produto final. Arrigoni-Blank et al. (2003) citam que o substrato e a fertilização são fatores importantes na produção de mudas, podendo estes determinar o sucesso ou o fracasso da atividade.

Diferentes componentes orgânicos de origens diversas vêm sendo usados nas misturas ou, exclusivamente, como substratos, destacando-se como os mais conhecidos os estercos de

origens diversas, incluindo o húmus de minhoca, o composto, a bagana de carnaúba, a palha de arroz, o bagaço de cana, as folhas de cajueiro e o pó do mesocarpo do coco (Fernandes & Corá 2001). Existem substratos comerciais empregados nesta atividade que são de boa qualidade, porém seu custo é elevado. Uma medida adequada consiste em utilizar substratos regionais que possam ser obtidos facilmente, tal como o pó de coco. Este é um resíduo orgânico derivado do mesocarpo fibroso do coco e tem se mostrado como uma alternativa para a redução dos custos dos substratos, com resultados positivos no desenvolvimento de plântulas de diversas culturas (Pragana, 1998).

Um substrato ideal deve ter baixa densidade, ser rico em nutrientes, ter composições químicas e físicas uniformes, elevadas CTC, boa capacidade de retenção de água, aeração, drenagem e ser um meio preferencialmente estéril (Melo, 1997). Salvador (1995) afirma que é recomendável a análise física do substrato para cada cultura, não podendo se generalizar recomendações físicas para todas as espécies de plantas, uma vez que cada espécie tem suas próprias necessidades.

O emprego de substratos representa grande avanço frente aos sistemas de cultivo no solo, porque oferece como principais vantagens o manejo adequado da água, evitando a umidade excessiva em torno das raízes, comum no solo em períodos de elevada precipitação pluviométrica, e o fornecimento de nutrientes em doses e épocas apropriadas. Ademais devem ser levados em consideração, os períodos de maior necessidade ao longo do ciclo de produção das culturas, a redução dos riscos de salinização do meio radicular através da drenagem de nutrientes excedentes e não absorvidos pelas plantas, além da diminuição da ocorrência de pragas e doenças nas culturas, tanto da parte aérea como das raízes (Blanc, 1987; FAO, 1990).

Com relação às propriedades químicas, o teor de sais solúveis, o pH e a Capacidade de Troca de Cátions (CTC) merecem atenção especial. Não são recomendados substratos excessivamente ricos em nutrientes, pois os sais solúveis podem prejudicar o crescimento e o desenvolvimento das plantas, enquanto que valores inadequados de pH estão relacionados a vários desequilíbrios fisiológicos, além de influenciar na disponibilidade de nutrientes (Graziano et al., 1995).

Quanto à CTC, é a propriedade que mais indica o potencial de fertilidade de um substrato (Carneiro, 1995). Conforme Kämpf (2000), em substratos onde predomina a matéria orgânica a faixa ideal de pH recomendada é de 5,0 a 5,8 e, quando for à base de solo mineral, entre 6,0 e 6,5.

O pó de coco é um excelente material orgânico para formulações de substratos devido às suas propriedades de retenção de água, aeração do meio de cultivo e estimulador do

enraizamento (Nunes, 2000). Rosa et al. (2001) mostraram a possibilidade da utilização deste resíduo como substrato agrícola. É um resíduo industrial proveniente da extração da fibra do coco, sendo considerado um excelente substrato para a produção de mudas em geral, apresentando-se como uma alternativa para a redução dos custos com substratos, com resultados positivos no desenvolvimento de plântulas de diversas culturas, melhorando a qualidade das mudas produzidas (Silveira et al. 2002).

O pó de coco é totalmente biodegradável e não poluente, a utilização desse material pode trazer lucros para empresários e comerciantes. Para o Nordeste brasileiro, o custo para se investir nesse ramo sairia muito mais baixo devido a grande quantidade de coqueiros existentes na região.

As propriedades físico-químicas desse substrato variam bastante em função da fonte da matéria-prima e do seu processamento (Carrijo et al., 2002). Sanches (1999) apresenta resultados de vários autores, onde se observa essa variabilidade. As propriedades físico-químicas apresentam os seguintes valores médios: pH = 5,4; CE = 1,8 dS/m; CTC = 92 cmol<sub>c</sub>/kg; porosidade total = 95,6%, com grande porcentagem de lignina (35-45%) e de celulose (23-43%) e uma pequena quantidade de hemicelulose (3-12%), que é a fração vulnerável ao ataque de microrganismos. Essas características conferem ao substrato de fibra de coco grande durabilidade, sendo, dessa maneira, recomendável para cultivo de hortícolas, pois não sofre o processo de degradação acelerado causado pela intensa aplicação de água e fertilizante (Nogueira et al., 2000).

Ainda de acordo com Carrijo et al., (2002), um substrato ideal deve possuir, entre outras características uma porosidade acima de 85%, uma capacidade de aeração entre 10 e 30% e água facilmente assimilável de 20 a 30%. Portanto, as propriedades do pó de coco conferem a esse substrato características de boa qualidade.

Abad & Nogueira (2000), afirmam que a relação C/N entre 10 e 30 indica um substrato constituído por material orgânico maduro e estável, condição alcançada no pó de coco.

Referindo-se ainda à qualidade dos substratos, um aspecto pouco estudado é a ação da microbiota natural na qualidade das mudas produzidas. Sabe-se que a microbiota do solo exerce efeitos diretos e indiretos na produtividade e na qualidade dos produtos agrícolas e, provavelmente, as populações microbianas naturais dos substratos de mudas desempenham funções similares as do solo, tais como decomposição de resíduos orgânicos com a liberação de nutrientes e CO<sub>2</sub>, produção de substâncias estimuladoras de crescimento vegetal,

estabelecimento de simbiose mutualista com plantas e controle biológico de pragas e doenças (Silveira et al., 2002).

### **2.3 - A Comunidade microbiana do solo**

O solo é considerado um ambiente dinâmico e responsável por uma série de funções essenciais que garantem a funcionalidade de um ecossistema, como o crescimento das raízes, armazenamento e o suprimento de água e nutrientes, condicionamento para promover trocas gasosas e atividade biológica (Tótola & Chaer, 2002).

O solo é um habitat extremamente peculiar devido à sua natureza heterogênea, complexa e dinâmica. Estas características permitem que organismos com metabolismos díspares possam conviver lado a lado, interagindo em estados de equilíbrio dinâmico, muitas vezes com relações de dependências essenciais para a sua sobrevivência, proporcionando, assim, condições ideais para uma biodiversidade extremamente elevada, sendo um sistema dinâmico onde fatores de natureza física, química e biológica interagem continuamente. (Moreira & Siqueira, 2002).

O uso intensivo de muitos ecossistemas tem contribuído para a redução da biodiversidade, nos diversos níveis de organização biológica. Conforme Gama-Rodrigues & De-Polli, (2000), a grande contribuição da ciência do solo é demonstrar a relação entre os níveis de atividade biológica e o funcionamento sustentável do ecossistema. Nesse sentido, uma medida prática do “status biológico” do solo é a biomassa microbiana.

A Biomassa Microbiana do Solo (BMS) é definida como a parte viva da matéria orgânica do solo, excluídas as raízes, funcionalmente atuando como agente de transformação da matéria orgânica, da ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia (Wardle, 1992). É considerada um importante componente na avaliação da qualidade do solo, porque atua nos processos de decomposição natural, interagindo na dinâmica dos nutrientes e regeneração da estabilidade dos agregados do solo. A biomassa microbiana é influenciada pelas variações sazonais de umidade e temperatura, pelo manejo do solo, pelo cultivo, e também pelos resíduos vegetais, representando pequena parte da fração ativa da matéria orgânica, constituindo-se apenas em 2% a 5% do carbono orgânico total (De Luca, 1998).

A biomassa microbiana do solo desempenha papel fundamental na decomposição dos restos orgânicos, o que resulta numa maior disponibilidade de nutrientes às plantas, provocando efeitos sobre a fertilidade dos solos. Essa atividade e estabilidade da microbiota



do solo estão relacionadas a diversos fatores ambientais dentre eles o substrato, sua disponibilidade, qualidade e quantidade (Perez, 2004).

Os valores de Carbono da Biomassa Microbiana indicam potencialidade de reserva de carbono no solo, permitindo aferir o acúmulo ou perda de C, em função do manejo ou da condição edáfica. Quanto maior for o valor do CBM, maior será a reserva de C no solo, o que expressa um menor potencial de decomposição da matéria orgânica (Gama-Rodrigues & Polli, 2000).

A respiração microbiana é definida como a absorção de O<sub>2</sub> ou liberação de CO<sub>2</sub> pelas bactérias, fungos, algas e protozoários no solo, incluindo as trocas gasosas que resultam de ambos os metabolismos aeróbios e anaeróbios. A vantagem de se medir CO<sub>2</sub> ao invés de O<sub>2</sub> está no fato do CO<sub>2</sub> refletir a atividade tanto de microrganismo aeróbios quanto de anaeróbios (Gama-Rodrigues & Polli, 2000). Ademais, Allen & Schlesinger (2004) citam que a respiração microbiana representa o mecanismo primário de degradação do C imobilizado pelas plantas e estima o potencial de seqüestro de C na biosfera terrestre.

Uma alta taxa de respiração, indicativo de alta atividade biológica pode ser uma característica desejável se considerada como um sinal de rápida decomposição de resíduos orgânicos em nutrientes disponíveis para as plantas. Contudo a decomposição da matéria orgânica estável do solo (fração húmica) é desfavorável para muitos processos químicos e físicos como a agregação, a capacidade de troca de cátions e capacidade de retenção de água (Islam & Weil, 2000).

A respiração basal do solo é maior em sistema de plantio direto, ao longo dos anos, pois leva a um maior acúmulo de matéria orgânica rica em carboidrato, compostos nitrogenados, biomassa microbiana e seus metabólitos, em comparação a outros sistemas de plantio, possibilitando maior atividade microbiana (Vargas & Scholles, 2000).

A atividade dos microrganismos no solo é considerada um atributo positivo para a qualidade do solo, sendo a respiração do solo um indicador sensível da decomposição de resíduos, a ciclagem do carbono orgânico total e de distúrbios no meio, mas a interpretação de seus valores deve ser realizada com cautela (Paul et al., 1999).

A utilização da atividade biológica na agricultura constitui uma necessidade para o melhor emprego dos recursos naturais no processo produtivo, tornando assim as tecnologias mais atrativas para os investidores, como insumo e custo de produção menor (Rosand & Dias, 1985).

## 2.4 - Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA)

Os microrganismos existentes no solo são numerosos e distribuídos em vários grupos. Entre os diversos grupos de microrganismos do solo, os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) se destacam pelos múltiplos papéis que desempenham na estruturação do solo, nutrição das plantas, e controle de patógenos do solo. Os efeitos benéficos dos FMA têm sido repetidamente demonstrados nas mais diferentes condições e espécies vegetais (França, 2004).

As associações micorrízicas são caracterizadas por uma simbiose mutualística entre a raiz e o fungo endomicorrízico que proporciona à planta hospedeira um melhor desenvolvimento devido à maior absorção de nutrientes, principalmente fósforo, maior resistência ao estresse hídrico e transplante (Shiavo & Martins, 2002).

O FMA, na maioria dos casos, estimula o crescimento vegetal, como conseqüência de seu efeito sobre a nutrição mineral da planta, principalmente no aumento da absorção de fósforo. A simbiose não só aumenta a biomassa vegetal, como também influencia a proporção na qual esta se distribui entre a parte aérea e a raiz. O estímulo da captação de nutrientes e posterior translocação destes à parte aérea causa, relativamente, menor transferência de fotossintetados à raiz e maior retenção deles na parte aérea, sendo utilizado na produção de matéria verde (Cardoso, 1992).

Vários trabalhos comprovam as respostas positivas das plantas inoculadas com FMA em relação ao suprimento de fósforo para as plantas (Siqueira & Paula, 1986; Marschner, 1994; Martins, 1992). Altos níveis de fosfatos solúveis no solo aparentemente inibem o desenvolvimento micorrízico, enquanto que o baixo nível afeta adversamente o crescimento da planta. Desta forma, plantas micorrizadas desenvolvidas em solos com baixas quantidades de fosfatos disponíveis, apresentam colonização micorrízica acentuada e desenvolvem-se melhor, (Cardoso Filho, 1994).

O efeito de variáveis do solo, tais como pH, teor de P, Ca, e Mg, têm sido citados como importantes determinantes da ocorrência de FMA, germinação dos seus esporos no solo e colonização das raízes de plantas. No entanto, a determinação de correlações entre a ocorrência de FMA e estes fatores são difíceis, o que leva a observação de tendências de ocorrência de FMA em função de algumas variáveis do solo (Collozi et al., 1994).

Para os nutrientes de maior mobilidade no solo, como nitratos e sulfatos, a contribuição extra das hifas dos fungos micorrízicos para sua absorção é muito limitada. A

maior participação da simbiose está na absorção de íons que se difundem lentamente no solo. Plantas micorrizadas, em geral, apresentam maior absorção de nutrientes, em especial Zn, Cu, Ca e S. Diminuição no teor de manganês e alumínio em plantas micorrizadas sugere que, talvez, a simbiose desempenhe algum papel de proteção da planta à toxicidade desses elementos e/ou esteja envolvida no caráter de tolerância da planta (Cardoso Filho, 1994).

Sob condições de baixa umidade e baixa concentração de fósforo, as plantas micorrizadas são mais tolerantes ao estresse de água, recuperando-se mais rapidamente do murchamento e usando a água absorvida mais eficientemente (Siqueira, 2002).

Os FMA desempenham outras funções entre as quais duas são atualmente atribuídas a eles, como a redução de doenças causadas por patógenos do solo e a formação de agregados estáveis em água (Jefries et al., 2003).

As micorrizas são divididas em três grupos principais: as endomicorrizas, as ectomicorrizas e as ectoendomicorrizas. As endomicorrizas são subdivididas em micorrizas arbusculares (MA), ericóides e orquidóides. As MA são formadas por fungos de micélio cenocítico da ordem Glomales, que colonizam as raízes de quase todos os gêneros das Gimnospermas e Angiospermas. As ectoendomicorrizas são formadas por hifas septadas de Basidiomicetos, as quais só penetram intracelularmente o córtex das raízes com a formação de uma estrutura característica, a rede de Hartig, nos espaços intercelulares. Colonizam principalmente árvores de clima temperado como as coníferas. Todavia para as nossas condições tropicais, o grupo de fungos MA mais importante é aquele pertencente à divisão Glomeromycota, que formam associações simbióticas com muitas espécies de plantas. Atualmente são conhecidos cinco famílias e sete gêneros destes fungos (INVAM, 2005).

A eficiência e a intensidade dos benefícios da associação micorrízica vão depender de fatores associados ao hospedeiro, ao microsimbionte e às condições edafoclimáticas. Um dos benefícios imediatos da introdução e do uso efetivo dessa prática na agricultura brasileira é a redução de insumos e, em especial, de adubos, concorrendo para reduzir custos, viabilizar a produção de grandes culturas e pequenos sistemas de produção, beneficiando também o ambiente (Sena et al., 2004).

Associações simbióticas entre fungos micorrízicos arbusculares e raízes de plantas apresentam baixa especificidade, ou seja, qualquer espécie de planta capaz de desenvolver a colonização fúngica pode ser colonizada por FMA. Esse fato faz com que se torne possível que as hifas externas dos FMA, que se desenvolvem no solo e estão conectadas às estruturas fúngicas dentro da raiz, possam estabelecer interconexões entre plantas de mesma ou de espécies diferentes (Newman & Eason, 1993). Essa interconexão fúngica permite a

transferência de substâncias entre plantas, através da passagem direta pelas hifas do fungo, tais como carbono, fósforo, nitrogênio e outros nutrientes. A utilização das associações micorrízicas através da inoculação de mudas com fungos micorrízicos arbusculares tem demonstrado grande potencial no desenvolvimento de programas de produção de mudas de boa qualidade para diversas espécies (Monteiro et al., 1991). Nemeček & Datnoff (1993) inocularam variedades comerciais de tomate e pimentão com *Glomus intraradices* Schenck & Smith, em experimento conduzido em casa-de-vegetação, para se determinar a dependência micorrízica das cultivares. Os autores observaram variação no comportamento das cultivares, tais como, maior peso seco da parte aérea, maior peso fresco de raiz e ainda, maior altura de plantas. Assim, o benefício do fungo micorrízico varia conforme a cultivar.

Para detectar e quantificar a presença dos FMA no solo e nas plantas são necessários procedimentos específicos como a extração e separação dos esporos do solo, cuja presença é indicativo da ocorrência da associação no ecossistema, bioensaios para determinação do número mais provável de propágulos no solo, observação e avaliação microscópica das raízes quanto à presença de estruturas típicas do fungo, como arbúsculos, vesículas e esporos (Moreira & Siqueira, 2002).

## 2.5 Nutrientes nas plantas

A marcha de absorção de nutrientes é referência importante para o fornecimento dos mesmos, em doses adequadas ao bom desenvolvimento das plantas. Assim, o estudo das quantidades dos nutrientes absorvidos durante os vários estágios de desenvolvimento da planta, pode auxiliar sobremaneira na determinação da composição de substratos e adubações durante a permanência da mesma em viveiro (Barbosa, et al., 2003).

A quantidade de nutrientes absorvida pelas plantas é função das condições edafoclimáticas e das características genéticas da planta. Dentre os fatores edafoclimáticos, a disponibilidade de nutrientes e a umidade do solo têm sido considerados como os principais responsáveis por alterações nos padrões de absorção de nutrientes (Marschner, 1995).

Os macronutrientes exercem grandes influências na fertilidade do solo e conseqüentemente na planta, de tal forma que sem esses nutrientes a planta não consegue produzir em níveis adequados. O nitrogênio (N) estimula a formação e o desenvolvimento de gemas laterais e frutíferas, porque faz parte da constituição de enzimas, coenzimas, vitaminas e proteínas que participam da absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (Malavolta, 1997).

O potássio (K) está relacionado ao acúmulo e a translocação de carboidratos e à menor perda de água pela planta, porque regula a abertura e fechamento dos estômatos. Segundo, Dias (2000), o nitrogênio e o potássio são os dois nutrientes mais absorvidos pelo pimentão.

O cálcio (Ca) possui função estrutural, como integrante da parede celular, facilitando a absorção iônica.

O magnésio (Mg) tem como função principal a de ativador enzimático, nos processos respiratórios e fotossintéticos. Atuando sobre o desenvolvimento normal do sistema radicular, tamanho e número de frutos, Mengel et al., (2001).

Apesar do sódio não ser considerado um nutriente essencial e de apresentar comportamento diferenciado dentre os tratamentos, sua presença pode influenciar no desenvolvimento da planta pois dentro de limites menores ou maiores, dependendo da espécie vegetal, pode substituir o K em funções não específicas, além de favorecer a absorção do K, especialmente em baixas concentrações deste (Malavolta, 1997).

O Zn está envolvido no metabolismo do N, sendo que em condições de deficiência síntese de proteína e o nível protéico são acentuadamente reduzidos, havendo acúmulo de aminoácidos. É um importante componente de vários sistemas enzimáticos que regulam diversas atividades do metabolismo das plantas, além de necessário na formação das auxinas (Mengel e Kirkby, 2001).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 O Experimento**

##### **3.1.1 Localização**

O experimento foi instalado e conduzido em casa-de-vegetação do Departamento de Ciências do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (DSC/CCA/UFC), localizada no Campus do Pici, em Fortaleza, Ceará, Brasil, no período de julho a setembro de 2006, situada a uma altitude de 20m acima do nível do mar, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude de 3° 44' S e longitude de 38° 33' W. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical chuvoso (Aw), com precipitações concentradas no verão-outono, com média anual de 1.642,4mm, temperatura média de 26,7°C e umidade relativa do ar de 79%.

##### **3.1.2 Características do solo e substratos**

No experimento foi utilizado um Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 1999), coletado na camada de 0-20 cm de profundidade localizado no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará, no município de Fortaleza. Uma amostra deste solo foi seca ao ar e posteriormente passada em peneira de 2 mm de malha, sendo então retiradas sub-

amostras para a caracterização física e química (EMBRAPA, 1997). Os resultados analíticos são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** Características químicas da camada arável (0–20cm) de um Argissolo Vermelho Amarelo, utilizado no experimento, proveniente do Campus do Pici .

..... <b>Complexo sortivo (cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>).....</b>										
pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	CTC	SB	V(%)	P(mg/kg)	CE (dS/m)
5,1	1,0	0,9	0,03	0,08	2,97	5,0	2,0	40	3,0	0,26

O solo utilizado no experimento foi esterilizado em autoclave à temperatura de 120°C à 1 atm de pressão durante 2 horas, e sua utilização somente ocorreu cerca de duas semanas após a esterilização para que ocorresse a estabilização dos íons.

Os substratos utilizados no experimento foram o pó de coco seco (pcs) e o pó de coco verde (pcv), obtidos por desfibramento e trituração do mesocarpo seco e verde do coco (Rosa et. al., 2001; Carrijo et al., 2002). Os substratos foram adquiridos na usina de processamento da EMBRAPA - Agroindústria Tropical (Fortaleza-CE). O material foi submetido ao processo de peneiramento, e apenas o pó de coco verde foi saturado com água destilada, deixado em repouso por vinte e quatro horas e realizando-se a seguir a drenagem da água. Tal procedimento foi repetido até que a condutividade elétrica (CE) do extrato de saturação atingisse aproximadamente 0,5 dS/m, uma vez que a cultura do pimentão exige uma salinidade limiar em torno de 1,5 dS/m (Ayres & Westcot, 1999). Após a secagem ao ar e homogeneização, os substratos pós de coco verde e seco, não autoclavados, foram misturados em diferentes concentrações (v/v), de acordo com Silva Júnior (2005). Análises químicas desses substratos são apresentadas na Tabela 2. É importante salientar que todas as análises de caracterização química do solo e dos substratos foram realizadas no Laboratório de Solos e Água do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará.

**Tabela 2** – Características químicas dos substratos, pó de coco seco e pó de coco verde, utilizados no experimento.

<b>Características</b>	<b>Pó de coco seco</b>	<b>Pó de coco verde</b>
N(%)	0,22	0,8
P(%)	0,01	0,03
K(%)	0,15	0,1
Ca (%)	0,23	0,24
Mg (%)	0,54	0,59
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	896,2	857,5
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	9,3	10,61
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	49,0	32,67
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	30,8	18,48
Na (mg kg <sup>-1</sup> )	1.540	1.280
pH (1:2)	5,5	4,9
C/N	9,53	11,45
MO (%)	16,5	19,74
CE (dS/m)	0,35	0,5

### 3.1.3 Cultura, semeadura e inoculação.

A cultura utilizada foi o pimentão (*Capsicum annuum* L.), variedade All Big, sementes comerciais.

Por ocasião da semeadura, que ocorreu diretamente nos vasos plásticos, com 3L de capacidade, foi realizado o processo de inoculação com os fungos micorrízicos arbusculares das espécies *Gigaspora margarita* Becker & Hall, oriunda do Setor de Microbiologia da Embrapa Cerrado, e uma mistura contendo *Glomus clarum* Nicol. & Schenck e *Glomus intraradices* Schenck & Smith, oriunda do Banco de Inóculo do Setor de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciências do Solo da UFC. Para a constatação da presença e avaliação do potencial do inóculo micorrízico foi realizada a contagem do número de esporos, empregando-se o método de isolamento de esporos descrito por Gerdemann & Nicholson (1963).

O inóculo, constituído por 35g de solo contendo cerca de 82 esporos/g de solo e raízes colonizadas com propágulos de *Glomus clarum*, *Glomus intraradices* e *Gigaspora*



*margarita*, foi colocado cerca de 3 cm abaixo da linha de plantio da semente. Foram semeadas quatro sementes por vaso e logo após o período de germinação as plantas foram desbastadas, permanecendo apenas uma planta por vaso. Com o objetivo de equilibrar a microbiota nativa entre os vasos inoculados e os não inoculados, foi preparado um filtrado a partir de 300g dos inóculos de *Glomus clarum* e *Glomus intraradices*, 5g do inóculo de *Gigaspora margarita* e 3,6 L de H<sub>2</sub>O destilada, utilizando-se filtro de papel com porosidade de 8µm, impermeável aos propágulos de FMA. Da solução obtida foram retiradas alíquotas de 5mL, para a aplicação nos vasos não inoculados.

### 3.1.4 Tratamentos

No experimento os tratamentos foram distribuídos da seguinte maneira:

- T1 → Solo (90%) + Pó de coco seco (10%) c/ FMA
- T2 → Solo (80%) + Pó de coco seco (20%) c/ FMA
- T3 → Solo (70%) + Pó de coco seco (30%) c/ FMA
- T4 → Solo (90%) + Pó de coco seco (10%) s/ FMA
- T5 → Solo (80%) + Pó de coco seco (20%) s/ FMA
- T6 → Solo (70%) + Pó de coco seco (30%) s/ FMA
- T7 → Solo (90%) + Pó de coco verde (10%) c/ FMA
- T8 → Solo (80%) + Pó de coco verde (20%) c/ FMA
- T9 → Solo (70%) + Pó de coco verde (30%) c/ FMA
- T10 → Solo (90%) + Pó de coco verde (10%) s/ FMA
- T11 → Solo (80%) + Pó de coco verde (20%) s/ FMA
- T12 → Solo (70%) + Pó de coco verde (30%) s/ FMA
- T13 → Solo c/ FMA
- T14 → Solo s/ FMA
- T15 → Pó de coco seco c/ FMA
- T16 → Pó de coco seco s/ FMA
- T17 → Pó de coco verde c/ FMA
- T18 → Pó de coco verde s/ FMA

### **3.1.5 Condução do experimento**

Durante o desenvolvimento das plantas estas foram supridas semanalmente com solução nutritiva de Hewitt (1966), isenta de P, na proporção de 5ml L<sup>-1</sup> de substrato. Conforme Nascimento et al. (2006), a técnica da fertirrigação com solução nutritiva deve ser utilizada neste tipo de substrato, uma vez que o pó de coco possui baixo teor de nutrientes.

A irrigação das plantas foi procedida, diariamente, exceto nos dias em que a solução nutritiva foi aplicada, com água de abastecimento do Campus do Pici, mantendo-se a umidade do substrato próximo à capacidade de campo.

A temperatura da casa-de-vegetação foi medida de duas a três vezes por semana sempre às 10 e às 15 horas, durante o período de duração do experimento, variando entre 26°C a 31°C.

O experimento foi conduzido no segundo semestre de 2006, durante 45 dias, do plantio à coleta, ocasião em que foram avaliadas as variáveis descritas a seguir.

### **3.1.6 Delineamento**

Foi utilizado um delineamento estatístico inteiramente casualizado com dezoito tratamentos e quatro repetições, totalizando setenta e duas parcelas experimentais, sendo nove combinações de substratos de cultivo e duas de inoculação (com e sem FMA).

## **3.2 Análises do crescimento da planta**

### **3.2.1 Massa seca da parte aérea, número de folhas, altura das plantas e diâmetro do caule**

As plantas foram coletadas aos 45 dias após a germinação, sendo as mesmas separadas em parte aérea e raiz. Para a obtenção da massa seca da parte aérea (MSPA) as plantas foram cortadas ao nível do solo, colocadas em sacos de papel e postas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 60°C, por 120 h, até peso constante. Posteriormente esse material foi moído e triturado, sendo o mesmo utilizado nas determinações dos elementos minerais. Foi realizada a contagem do número de folhas por planta, por ocasião da coleta do experimento. A altura das plantas foi considerada como sendo a distância compreendida entre o nível do solo até a inserção do broto terminal da haste principal, realizada semanalmente,

utilizando-se fita métrica com escala em cm. A medida do diâmetro do caule das plantas foi realizada semanalmente, com a utilização de paquímetro digital e escala de leitura em milímetro, cerca de 5cm acima do colo da planta, objetivando evidenciar o vigor das mudas.

### **3.3 Determinações dos elementos minerais**

Os elementos minerais, N, K, Ca, Mg, P, Na, Fe, Cu, Zn e Mn foram obtidos pela digestão nitro-perclórica. No extrato nitro-perclórico os teores de Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (Malavolta et al. 1997).

O nitrogênio (N) foi determinado por digestão sulfúrica pelo método de Kjeldahl.

Os teores de Na e K foram determinados por fotometria de chama, sendo o fósforo (P) obtido por colorimetria (Malavolta et al. 1997).

Os preparos das amostras para a obtenção dos extratos e as determinações químicas foram realizadas no Laboratório de Análises de Solo e Água do Departamento de Ciências do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

### **3.4 Análises microbiológicas**

As análises dos parâmetros microbiológicos foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciências do Solo da UFC.

#### **3.4.1 Contagem de esporos de fungos micorrízicos arbusculares no substrato**

Para verificar a presença dos fungos micorrízicos arbusculares nos substratos estudados foi realizada a contagem de esporos de FMA, logo após a coleta das plantas, pela técnica de peneiramento úmido (Gerdemann & Nicholson, 1963). Amostras de 50g de substratos foram misturados em 1L de água, agitado durante 5 minutos e deixado em repouso para decantar. Foram utilizadas três peneiras com 0,85mm, 0,250mm e 0,105mm de abertura da malha. Da segunda e terceira peneira foi recolhida uma alíquota de 50mL de extrato e deste, uma alíquota de 3mL foi colocada em uma placa quadriculada apropriada para a contagem do número de esporos e então realizada com o auxílio de estereomicroscópio, sob aumento de 40x.

### 3.4.2 Colonização micorrízica nas raízes

A estimativa da colonização dos fungos micorrízicos arbusculares nas raízes das plantas foi realizada através da observação da ocorrência de vesículas, arbúsculos e micélio no interior do córtex radicular. As raízes finas coletadas do experimento, foram lavadas em água corrente e preservadas em frascos contendo solução de álcool 70%, até o momento da coloração.

A coloração das raízes colonizada por FMA foi realizada de acordo com a técnica de Vierheilig et al. (1998). As raízes foram lavadas e submetidas a uma solução de KOH 10% aquecidas a 90°C, em seguida lavadas várias vezes em água corrente, adicionando-se um pouco de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) para a completa clarificação, logo após imergidas em uma mistura de ácido acético (5%) e tinta de caneta cor preta (5%) e de água destilada (90%), aquecidas durante 5 minutos a 90°C, retirando-se a solução e adicionando-se uma solução de ácido acético para estancar a reação, lavando-as várias vezes e então armazenadas em uma solução de lactoglicerol (glicerol: ácido láctico: água destilada).

As radículas foram dispostas em lâminas microscópicas e observadas sob microscopia óptica. Foram preparadas duas lâminas por repetição e cada lâmina continha dez segmentos de raízes coloridas, com aproximadamente 1cm de comprimento. A percentagem de colonização foi determinada pela observação microscópica dos 10 segmentos de raízes segundo (Giovannetti & Mosse, 1980). O grau de colonização micorrízica foi avaliado em termos percentuais, tomando-se por referência três graus: baixo (até 29% de colonização radicular), médio (30% a 78% de colonização radicular) e alto (acima de 79% de colonização radicular). A intensidade (*i*), de colonização da raiz, pelo FMA, foi estimado pelo quociente entre o somatório da extensão de colonização de cada segmentos e o comprimento total de segmentos observados, por amostra.

### 3.4.3 Carbono da biomassa microbiana (CBM)

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi determinado pelo método descrito por Vance et al., (1987), utilizando-se para eliminação dos microrganismos, forno de microondas por três minutos (Islam & Weil, 1998). Amostras de 20 g de substratos foram colocadas em placas de Petri e esterilizadas no forno de microondas, sendo determinada nestas amostras a umidade pela diferença de peso antes e depois da esterilização. As amostras irradiadas e as não-irradiadas foram colocadas em erlenmeyer de 125 mL, sendo adicionados 80 mL de

solução extratora sulfato de potássio  $K_2SO_4$   $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ , seguido de agitação por trinta minutos e filtrados. Da solução filtrada, retirou-se uma alíquota de 10 mL do extrato, à qual foram adicionados 2,0 mL de dicromato de potássio,  $K_2Cr_2O_7$  (0,066 M), 10 mL de  $H_2SO_4$  concentrado, 50 mL de água destilada e 3 gotas do indicador ferroin. Esta solução foi titulada com sulfato ferroso amoniacal,  $Fe (NH_4)_2 (SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  (0,03N). O fator de conversão ( $K_c$ ) usado para converter o fluxo de C para C da biomassa microbiana foi de 0,33 de acordo com Sparling & West (1988), para compensar as perdas de C em  $CO_2$  durante o armazenamento do substrato. Os valores do carbono presente na biomassa microbiana foram calculados pela equação:

$$CBM = (C_i - C_{ni}) / K_c = \mu\text{g g}^{-1} \text{ de C no solo}$$

Onde:

CBM = carbono na biomassa microbiana do solo;

$C_i$  = carbono na amostra irradiada;

$C_{ni}$  = carbono na amostra não irradiada;

$K_c$  = fator de conversão de 0,33 (utilizado para converter o fluxo de C para CBM)

### 3.4.4 Respiração Basal do Solo

A respiração basal do solo foi estimada após três dias de incubação. Foram acondicionadas individualmente, em frascos de vidro três subamostras de cada tratamento contendo 50 g de substrato, mantidas com umidade, contendo becker com 20 mL de NaOH (0,5N). Os vidros foram hermeticamente fechados e, a cada vinte e quatro horas, foram realizadas leituras diárias durante dez dias. Para a realização das leituras foram pipetados 10mL de NaOH para um erlenmeyer de 125mL, adicionado 10mL da solução  $BaCl_2$  (0,05M) e 3 gotas do indicador fenolftaleína 1%, em seguida titulado com solução HCl (0,25M). O  $CO_2$  produzido pela respiração do substrato foi capturado em becker contendo 20 mL de NaOH (0,5N), procedendo-se a titulação do excesso de hidróxido de sódio com HCl  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ .

O C- $CO_2$  liberado no substrato foi calculado durante o intervalo de dez dias seguidos, através da equação:

$$C-CO_2 \text{ (mg)} = (B-V) * M * 12 * (v_1/v_2)$$

Onde:

B = Volume do HCl gasto na titulação do branco (mL)

V = Volume de HCL gasto na titulação da amostra (mL)

$M$  = Concentração do HCl

12 = Peso equivalente do carbono

$v_1$  = volume total de NaOH usado na captura do  $\text{CO}_2$  (mL)

$v_2$  = volume de NaOH usado para a titulação

### **3.5 Análise Estatística**

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo testes de Scott-Knott, ao nível de 1% de probabilidade. A análise estatística dos dados foi realizada através do programa computacional SISVAR, desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras-MG, e do EXCEL (Microsoft Corporation).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os dados referentes a análise da planta: massa seca da parte aérea (MSPA), número de folhas, altura da planta, diâmetro do caule (Tabela 3); elementos minerais: macronutrientes (Tabela 4) e micronutrientes (Tabela 5); análises microbiológicas: números de esporos FMA, colonização micorrízica das raízes, carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal do solo (Tabela 6), são discutidos a seguir:

### **4.1 Análises do crescimento da planta**

#### **4.1.1 Massa seca da parte aérea (MSPA)**

O tratamento T4 (90% solo + 10% pcs – FMA) e o tratamento T1 (90% solo + 10% pcs + FMA) não diferiram estatisticamente entre si e apresentaram os maiores valores de MSPA (Figura 1) enquanto que o tratamento T18 (100% pcv – FMA) apresentou o menor valor de MSPA, ocorrendo uma variação de 3,55g a 0,28g, entre o maior e o menor valor. Nos tratamentos T13 (100% solo + FMA) e T14 (100% solo – FMA), com valores médios de 2,37g e 1,38g, respectivamente, com diferença estatística significativa, observou-se a influência da inoculação com FMA. A mesma observação pode ser feita quando comparamos os tratamentos T2 (80% solo + 20% pcs + FMA) e T5 (80% solo + 20%pcs - FMA), com a mesma proporção na mistura do substrato, que apresentaram médias de 2,63g e 1,80g, respectivamente. Os resultados do presente estudo mostram que a combinação solo e pó de

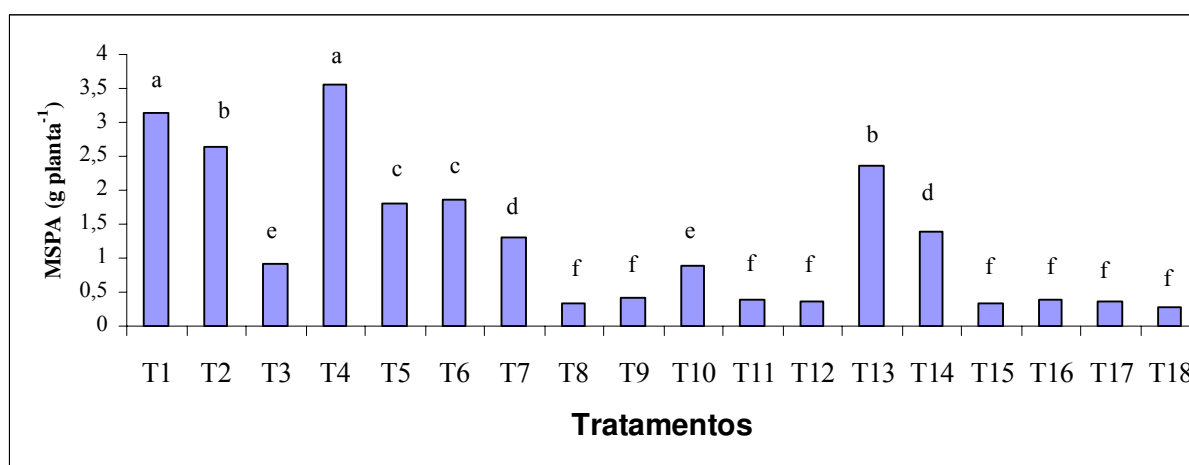
coco seco na proporção utilizada nos tratamentos T4 e T1, foi a que mais favoreceu o crescimento das plantas.

Este resultado concorda com Maia (2006), que evidenciou a eficiência da inoculação de FMA no aumento da produção de matéria seca da parte aérea de melão cultivado por 35 dias. Por sua vez Olsen et al. (1996) também observaram o efeito da inoculação de *Glomus mosseae* e *Glomus etunicatum*, em pimentão cultivado em solo submetido à cinco níveis de adubação fosfatada e dois níveis de adubação nitrogenada. Neste caso, as plantas de pimentão que receberam a inoculação e não foram adubadas, apresentaram um maior peso seco de parte aérea e maior concentração de fósforo nos frutos jovens.

Para se avaliar o efeito de um determinado fator sobre o desenvolvimento da planta, o peso da massa seca da parte aérea é um dos parâmetros mais significativos, pois mostra o aumento no desenvolvimento dos órgãos das plantas, sem considerar o volume de água nos tecidos internos da planta (Lima,2001).

De acordo com Larcher (2000), grande parte da matéria seca acumulada pelas plantas durante o crescimento é o resultado de atividade fotossintética e o resto depende da absorção de nutrientes do meio.

Marschner (1995) afirma que a produção de matéria seca da planta é utilizada para indicar o desenvolvimento da mesma. Por sua vez, o conhecimento dos padrões de acúmulo de matéria seca de uma cultura possibilita o melhor entendimento dos fatores relacionados com a nutrição mineral, conseqüentemente, com a adubação, visto que a absorção de nutrientes é influenciada pela taxa de crescimento da planta.



**Figura 1.** Massa seca da parte aérea de plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.), cultivadas em diferentes substratos, aos quarenta e cinco dias após o plantio. Média de quatro repetições.

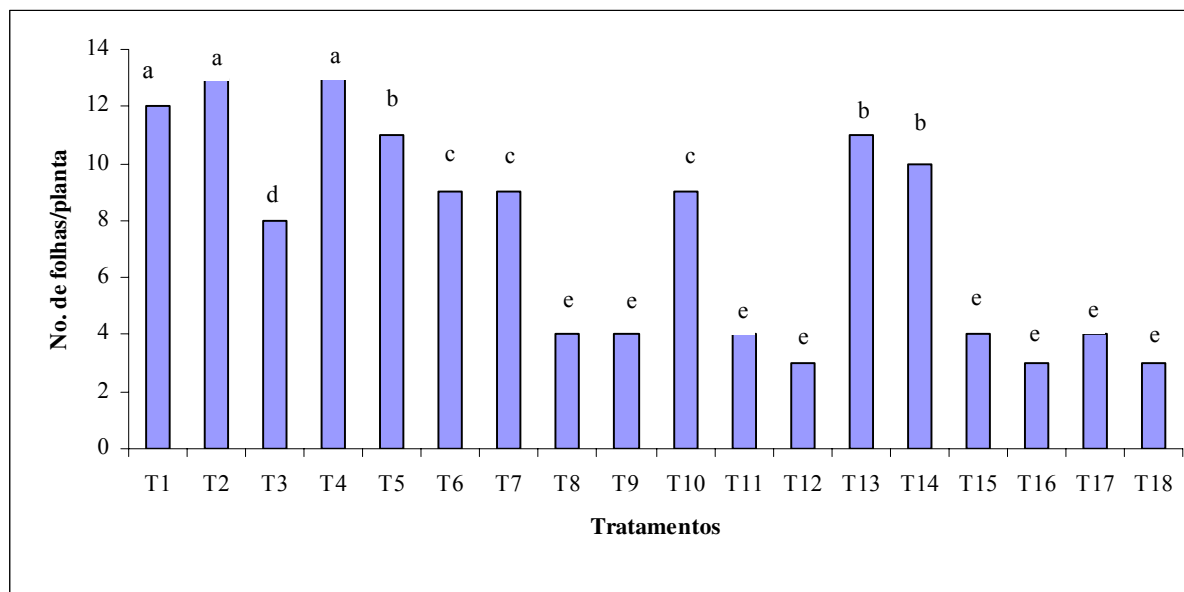


#### 4.1.2 Número de folhas

O número de folhas é um parâmetro muito utilizado na avaliação do crescimento de plantas pois se relaciona com o ganho de massa da matéria seca da parte aérea (Júnior, 2006).

Para o presente trabalho, os dados referentes ao número de folhas das plantas aos 45 dias de desenvolvimento, encontram-se na Figura 2. As maiores médias referentes a quantidade de folhas foram observadas nos tratamentos T4 (90%solo +10%pcs – FMA), T2 (80% solo + 20% pcs + FMA) e T1(90%solo + 10%pcs + FMA), obtendo-se respectivamente, para estes tratamentos, médias de 13, 13 e 12 folhas. Os resultados mostram que os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si, ao nível de 1% de significância, pelo teste de Scott-Knott. Por outro lado o substrato pó de coco seco, nas concentrações de 10% e 20 %, foi mais determinante no aumento do número de folhas, que a inoculação com os fungos micorrízicos arbusculares. Em mudas de tomateiro em substrato com pó de coco, Silveira et al., (2002), observaram que os melhores resultados para a variável número de folhas, foram obtidos quando em mistura com outros componentes orgânicos. Vidal (2006) encontrou os melhores resultados para o desenvolvimento de mudas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) ao analisar: número de folhas, altura da parte aérea, comprimento da raiz, peso fresco e peso seco da matéria, em substrato contendo pó de coco, na combinação pó de coco + solo + húmus de minhoca na proporção de 2:1:2, quando fertirrigado com solução nutritiva. Isto demonstra a limitação imposta pelas elevadas concentrações do pó de coco sobre a produção de folhas pelas plantas.

O menor valor médio do número de folhas foi 3,50, apresentado pelo tratamento T12 (70%solo + 30%pcv – FMA), este valor diferiu estatisticamente, ao nível de 1% de significância, pelo teste de Scott-Knott dos tratamentos T4, T2 e T1, que apresentaram as maiores médias.



**Figura 2.** Número de folhas de plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.), cultivadas em diferentes substratos, aos quarenta e cinco dias após o plantio. Média de quatro repetições.

#### 4.1.3 Altura da planta

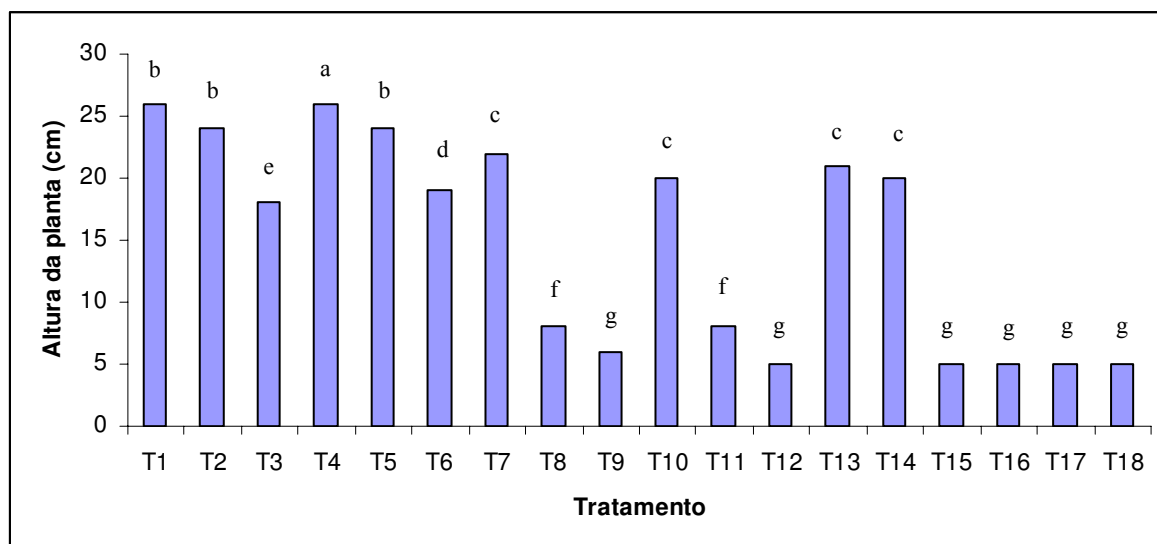
O tratamento T4 (90%solo + 10% pcs – FMA) apresentou a maior média para altura da planta, diferindo estatisticamente, ao nível de 1% de significância, pelo teste de Scott-Knott dos demais tratamentos. Os tratamentos T5 (80%solo + 20%pcs -FMA), T2 (80%solo + 20%pcs + FMA) e T1 (90%solo + 10%pcs + FMA) não diferiram estatisticamente entre si e também apresentaram elevadas médias de altura de plantas (Figura 3), enquanto que os tratamentos T12 (70%solo+30% pcv – FMA), T17 (100%pcv +FMA) e T18 (100%pcv - FMA) apresentaram as menores médias de altura, não diferindo entre si.

Pelos dados observados, o pó de coco verde limitou o desenvolvimento das plantas, principalmente quando utilizado de forma concentrada, pois neste substrato as plantas não cresceram tanto quanto o crescimento médio das plantas observado em pó de coco seco. Tal fato foi verificado por Silveira et al., (2002), quando utilizou o pó de coco como substrato para a produção de mudas de tomateiro.

Cardoso e Lambrais (1993), verificaram aumento no crescimento das plantas de tangerina “cleópatra”, promovido pela associação micorrízica devido, sobretudo a maior absorção de nutrientes.

Gibran (2006) obteve a altura de 30cm aos 45dias de cultivo para pimentão submetido à aplicação de biofertilizante composto pela mistura de água, esterco bovino, melão, leite e

sais minerais e observou que o crescimento em altura aumentou com a idade das plantas, atingindo o valor máximo de 37,8cm aos 75,4 dias após o plantio e a partir dessa idade as plantas paralisaram o crescimento.



**Figura 3.** Altura das plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.), cultivadas em diferentes substratos, aos quarenta e cinco dias após o plantio. Média de quatro repetições.

#### 4.1.4 Diâmetro do caule

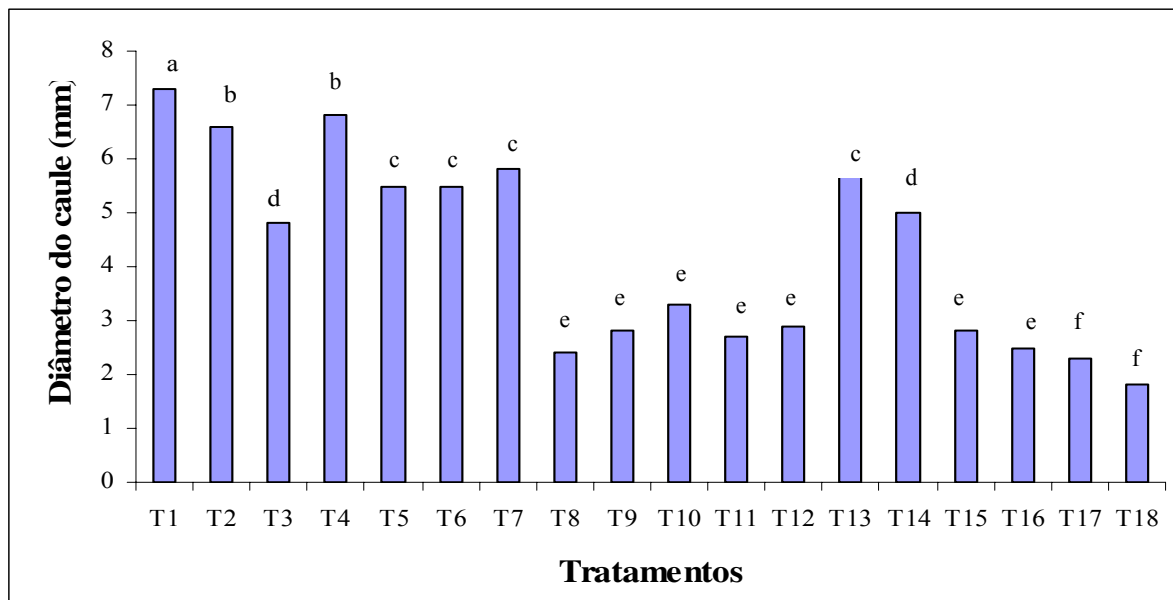
Na Figura 4, encontram-se os dados obtidos na avaliação do parâmetro diâmetro do caule. Observa-se que o diâmetro caulinar do pimentão evoluiu com o crescimento em altura, atingindo maior média em torno de 7,35mm no tratamento T1 (90% solo+10%pcs+FMA).

Bezerra et al. (2006), estudando o uso de substratos à base da casca de coco verde na produção de mudas de *Calliopsis elegans* Hort., encontraram os melhores resultados para a variável diâmetro da plântula, onde o pó de coco foi compostado com resíduo de aves e solo.

Gibran (2006) observou que o diâmetro de plantas de pimentão se estabilizou aos 75 dias após o transplantio, em concordância com Tamiso (2005), que observou aumento do diâmetro do caule do tomateiro produzido organicamente após estabilização do crescimento em altura.

Mesquita et al. (2006), estudando o desenvolvimento de plântulas de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), anão precoce em substratos à base do pó de coco verde, observou os melhores resultado para diâmetro do caule, número de folhas e altura da planta, para os substratos onde o pó de coco foi misturado com esterco de poedeiras e solo na proporção de

(1:3:1). Os menores valores foram verificados para os tratamentos em substrato contendo pó de coco misturado com esterco bovino e solo na proporção (1:1:1).



**Figura 4.** Diâmetro do caule das plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.), cultivadas em diferentes substratos, aos quarenta e cinco dias após o plantio. Média de quatro repetições.

**Tabela 3** Avaliação do desenvolvimento de mudas de pimentão (*Capsicum annuum* L.), cultivadas em diferentes substratos, aos quarenta e cinco dias após o plantio. Média de quatro repetições.

Tratamentos	MSPA (g)	Nº de folhas	Altura (cm)	Diâmetro (mm)
<b>T1(90 %s+10 %pcs+FMA)</b>	3,15 a *	12,25 a	23,95 b	7,35 a
<b>T2(80 %s+20 %pcs+FMA)</b>	2,63 b	13,00 a	24,50 b	6,68 b
<b>T3(70 %s+30 %pcs+FMA)</b>	0,93 e	8,25 d	17,7 e	4,83 d
<b>T4(90 %s+10 %pcs-FMA)</b>	3,55 a	13,00 a	26,85 a	6,89 b
<b>T5(80 %s+20 %pcs-FMA)</b>	1,80 c	11,75 b	24,87 b	5,52 c
<b>T6(70 %s+30 %pcs-FMA)</b>	1,86 c	9,50 c	19,62 d	5,55 c
<b>T7(90 %s+10 %pcv+FMA)</b>	1,31 d	9,75 c	22,17 c	5,85 c
<b>T8(80 %s+20 %pcv+FMA)</b>	0,34 f	4,00 e	8,62 f	2,74 e
<b>T9(70 %s+30 %pcv+FMA)</b>	0,43 f	4,25 e	6,67 g	2,91 e
<b>T10(90 %s+10 %pcv-FMA)</b>	0,90 e	9,25 c	20,87 c	3,33 e
<b>T11(80 %s+20 %pcv-FMA)</b>	0,39 f	4,75 e	8,82 f	2,77 e
<b>T12(70 %s+30 %pcv-FMA)</b>	0,36 f	3,50 e	5,00 g	2,94 e
<b>T13(100 %s +FMA)</b>	2,37 b	11,25 b	21,42 c	5,81 c
<b>T14(100 %s-FMA)</b>	1,38 d	10,25 b	20,37 c	5,05 d
<b>T15(100 % pcs+FMA)</b>	0,33 f	4,00 e	5,92 g	2,86
<b>T16(100 % pcs-FMA)</b>	0,40 f	3,5 e	5,70 g	2,54 e
<b>T17(100 % pcv+FMA)</b>	0,37 f	4,00 e	5,02 g	2,32 f
<b>T18(100 % pcv-FMA)</b>	0,28 f	3,75 e	5,47 g	1,83 f
<b>CV (%)</b>	24,57	8,95	6,59	9,08

\* Média seguida de mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott,  $P < 0,01$ , para cada variável avaliada.

## 4.2 Elementos minerais

### 4.2.1 Nitrogênio, fósforo e potássio

Os teores de nitrogênio (N) da parte aérea das plantas estão apresentados na Tabela 4. Os resultados revelam que os teores de nitrogênio para todos os tratamentos estão dentro da faixa considerada adequada para a cultura do pimentão que é de 20 a 35g.kg<sup>-1</sup> (Malavolta, 1997). O tratamento T14 (100 %solo – FMA) apresentou o maior teor de N na planta (61,92 g.kg<sup>-1</sup>). O menor teor de N (13,27 g.kg<sup>-1</sup>) foi encontrado no tratamento T3(70 %solo + 30% pcs+FMA). Essa elevada amplitude de variação dos teores de N nas plantas, pode ser justificada pelo efeito da diferença de crescimento entre as plantas. É possível que a variação no teor de N seja simplesmente consequência da redução no crescimento das plantas, gerando um efeito de concentração, visto que os teores foram expressos com base na matéria seca.

Não foi constatado o efeito da inoculação micorrízica sobre o teor de nitrogênio, concordando com os estudos realizados em mamoeiro (Trindade et al. 2000) e em meloeiro (Maia 2006).

Os teores de fósforo (P) encontrados em todos os tratamentos estão dentro da faixa considerada adequada para a cultura do pimentão que é de 2,5g kg<sup>-1</sup> Malavolta (1997) e de 3,0 a 7,0g kg<sup>-1</sup> para Silva (1999). Os maiores teores de fósforo (P) da parte aérea das plantas foram observados nos tratamentos com solo puro: T13 (4,77g kg<sup>-1</sup>) e T14 (4,27g.kg<sup>-1</sup>) e nos tratamentos T1 (4,40g.kg<sup>-1</sup>) e T4 (4,25g.kg<sup>-1</sup>) nos quais se utilizou a mistura de 90% de solo e 10% de pó de coco seco. Esse aumento nos teores de P, nas plantas inoculadas, pode ser indicativo de uma maior absorção do P, promovida pelos fungos micorrízicos arbusculares. Davi et al (2000), estudando a redução do estresse de P em pimentão pelo FMA, observaram que os fungos micorrízicos podem aumentar a absorção de P para o pimentão. Esse aumento pode ser constatado no presente estudo quando se comparados os tratamentos inoculados com FMA aos não inoculados com esses fungos.

Os teores de potássio (K) para a maioria dos tratamentos avaliados, encontraram-se abaixo da faixa considerada adequada para o pimentão que é de 4,5 a 5,5 g.kg<sup>-1</sup> (Cadahia, 1988). Tal fato pode ser atribuído ao efeito de diluição desse nutriente na planta. Os maiores teores de K foram observados nos tratamentos T16 (100%<sub>pcs</sub> – FMA) e T17 (100%<sub>pcv</sub> + FMA), com médias 4,53 e 5,13 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Esses tratamentos não diferiram estatisticamente. É importante enfatizar, que a inoculação do FMA não contribuiu para o aumento do teor de K na parte aérea da planta, possivelmente devido ao baixo teor do elemento no substrato.

#### **4.2.2 Cálcio, Magnésio e Sódio**

Em relação ao cálcio, todos os tratamentos apresentaram-se dentro da faixa considerada adequada para a cultura do pimentão que é de 10 a 25g kg<sup>-1</sup>, Malavolta (1997). Os teores de cálcio, magnésio e sódio são apresentados na Tabela 5.

O tratamento T1(90%<sub>solo</sub> + 10%<sub>pcs</sub> + FMA) apresentou um maior acúmulo de Ca na parte aérea, diferindo significativamente dos demais tratamentos. Neste tratamento o teor de Ca foi de 21,95g kg<sup>-1</sup>. Por outro lado o menor teor de Ca<sup>2+</sup> (7,49g kg<sup>-1</sup>) foi observado no tratamento T9(70%<sub>solo</sub> + 30%<sub>pcv</sub> + FMA), indicando que a deficiência deste nutriente no substrato utilizado pode ter sido limitante no desenvolvimento da planta e que a solução nutritiva utilizada não atendeu às necessidade de fertilização das plantas.

Os teores de magnésio encontrados na parte aéreas das plantas, em todos os Tratamentos, estão dentro da faixa recomendada para o pimentão que é de 3,5 a 7,5 g.kg<sup>-1</sup> (Malavolta 1997).

No presente estudo, os teores de Mg variaram entre 1,45 g kg<sup>-1</sup> a 5,27 g kg<sup>-1</sup>, sendo o maior teor observado no tratamento T1(90%solo + 10% pcs + FMA) e o menor teor, no tratamento T11 (80%solo + 20pcv – FMA).

Os teores de Mg encontrados neste trabalho são inferiores aos estudos realizados por Maia (2006), que observou teores entre 10,10 g.kg<sup>-1</sup> a 12,31 g.kg<sup>-1</sup> no período de 35 dias após a emergência, em plantas de melão, cultivadas sob condições orgânicas.

A maior absorção do sódio (Na), pelas plantas (Tabela 5), foi observada na ausência da inoculação micorrízica. Este nutriente foi encontrado em maior concentração nos tratamentos: T16 (100%pcs – FMA), T18 (100%pcv – FMA) e T12 (70%solo + 30% pcv – FMA), com teores de 5,26 mg kg<sup>-1</sup>, 5,07 mg kg<sup>-1</sup>, 5,06 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Esses tratamentos não diferiram estatisticamente ao nível de 1% pelo teste de Scott-Knott. Os altos teores de sódio observados nas plantas desenvolvidas no pó de coco verde e seco são explicados pelos altos níveis deste elemento nesses substratos, apesar da lavagem inicial do pó de coco verde, que devem ter influenciado negativamente no desenvolvimento das plantas.

**Tabela 4** Teores de macronutrientes totais da parte aérea de plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.), cultivadas em diferentes substratos. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Nutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	Na
.....g kg <sup>-1</sup> MSPA.....						
T1	28,47c	4,40a *	1,73d	21,95a	5,27a	1,36d
T2	20,90e	3,65b	1,57d	10,65d	4,65c	1,47d
T3	13,27e	3,42b	1,78d	10,85d	4,42d	1,22d
T4	22,35d	4,25a	1,43d	16,86c	4,42d	1,17d
T5	32,07c	3,25b	1,57d	17,10c	4,85b	0,74f
T6	18,02e	3,47b	1,66d	20,76b	4,55c	1,03e
T7	19,45e	4,25a	1,55d	11,40d	2,62h	1,26d
T8	16,25e	1,34d	2,30c	9,76e	4,12e	3,06b
T9	26,25c	1,09d	1,41d	7,49g	2,45h	1,29d
T10	23,12d	1,14d	2,12c	20,47b	2,60h	1,05e
T11	17,02e	1,29d	3,00b	16,58c	1,45i	3,00b
T12	22,95d	1,00d	3,51b	8,84f	2,57h	5,06a
T13	52,50b	4,77a	2,24c	8,55f	2,35h	1,93c
T14	61,92a	4,37a	1,36d	8,94f	2,87g	1,15d
T15	15,27e	2,86c	3,54b	20,81b	3,30f	0,87f
T16	21,32e	2,09c	4,53a	10,73d	2,70h	5,26a
T17	24,12d	2,48c	5,13a	10,73d	4,25e	1,32d
T18	17,97e	1,60d	3,53b	9,17f	4,25e	5,07a
CV(%)	15,00	18,33	19,61	5,12	5,30	8,54

\* Média seguida de mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott, P < 0,01



### 4.2.3 Ferro, Cobre, Zinco e Manganês

Os teores de ferro, cobre, zinco e manganês na matéria seca da parte aérea das plantas de pimentão são apresentados na Tabela 6.

O teor de ferro (Fe) na cultura do pimentão considerado adequado varia de 50 a 300  $\text{mg.kg}^{-1}$  (Silva, 1999). Os tratamentos constituídos por 100% de pó de coco apresentaram o maior acúmulo de ferro ( $580,50 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) no tratamento T15 (100%pcs + FMA) e um teor de  $578,23 \text{ mg.kg}^{-1}$  no tratamento T17 (100%pcv + FMA). O menor teor de ferro ( $78,53 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) foi observado no tratamento T7 (90%solo + 10 pcv + FMA). É oportuno destacar que é comum a redução de ferro na parte aérea de plantas micorrizadas devido a retenção deste nutriente nas raízes de plantas (Nogueira & Cardoso,2002). Por outro lado Lima (2001), trabalhando com mudas de acerola inoculadas com FMA, adubadas com diferentes doses de fósforo, não observou variação nos teores de Fe absorvidos pelas plantas.

Os teores de cobre (Cu) na maior parte dos tratamentos encontram-se dentro da faixa de 2 a 20  $\text{mg kg}^{-1}$ , considerada adequada para a cultura do pimentão (Mengel e Kirby, 2001).

Maia (2006), trabalhando com melão adubado organicamente e inoculado com FMA, encontrou valores de cobre entre 4,30 a 13,02  $\text{mg kg}^{-1}$ . Por outro lado Fontes e Silva (2002) constataram nas plantas de tomateiro cultivadas em substratos orgânicos, que os teores de cobre sempre foram superiores a 15  $\text{mg kg}^{-1}$ .

No presente estudo verificou-se que os maiores acúmulos de cobre foram observados nos tratamentos T1 (90%solo +10%pcs + FMA) e T13 (100% solo + FMA), com teores de 13,21 e 13,01  $\text{mg kg}^{-1}$ , respectivamente. Estes tratamentos não diferiram estatisticamente entre si. O menor acúmulo de cobre foi encontrado no tratamento T12 (70% solo +30% pcv - FMA), com um teor de 5,03  $\text{mg kg}^{-1}$ . Portanto, os resultados revelam que a inoculação com fungos micorrízicos aumentou os teores do cobre na parte aérea das plantas de pimentão, demonstrando a importância das micorrizas na absorção de cobre pelas plantas.

De acordo com Malavolta (1997) a faixa considerada adequada para o manganês (Mn) em solanáceas é de 250 a 400  $\text{mg kg}^{-1}$ . O menor teor de Mn encontrado foi de 140,42  $\text{mg kg}^{-1}$ , no tratamento T4 (90%solo +10%pcs - FMA). Os maiores teores de Mn foram observados nas parcelas com pó de coco verde, destacando-se os tratamentos: T12 (70%solo + 30%pcv - FMA) mostrando o maior acúmulo de Mn ( $998,95 \text{ mg kg}^{-1}$ ), T11(80%solo +20%pcv - FMA) com teores de Mn ( $978,07 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e o T10(90%solo + 10%pcv -FMA) com teores de 836,81  $\text{mg kg}^{-1}$ . Esses tratamentos mostram diferenças estatísticas significativas entre si, ao nível de 1% pelo teste Scott-Knott. Ao compararmos estes substratos aos inoculados com FMA, nota-

se que a inoculação micorrízica reduziu a absorção de manganês e conseqüentemente o teor de Mn nas plantas. Esse resultado concorda com Cardoso (2003), que ao observar soja inoculada com FMA, verificou os teores de Mn, nestas, diminuía na presença da inoculação micorrízica. Nogueira & Cardoso (2002), também observaram uma diminuição no teor de Mn em plantas de soja, quando se fazia o restabelecimento da comunidade microbiana, indicando que existe um efeito microbiano na absorção e disponibilidade do manganês.

Os teores de zinco (Zn) encontram-se abaixo dos valores médios (15 a 24 mg. kg<sup>-1</sup>) recomendados para a cultura do pimentão por Cadahia (1988).

O tratamento T9 (70% + 30% pcv + FMA), apresentou maior acúmulo de zinco, com um teor de 4,07 mg kg<sup>-1</sup> sendo que o T4 (90% solo + 10% pcs – FMA), apresentou o menor acúmulo de zinco, com um teor de 1,35 mg kg<sup>-1</sup>. Ao contrário do que ocorreu com o manganês, os tratamentos inoculados com FMA, promoveram uma maior absorção de zinco e conseqüentemente a elevação dos seus teores na parte aérea das plantas, indicando uma interação entre o fungo e zinco.

**Tabela 5.** Teores de micronutrientes totais na parte aérea de plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.), cultivadas em diferentes de substratos. Média de quatro repetições.

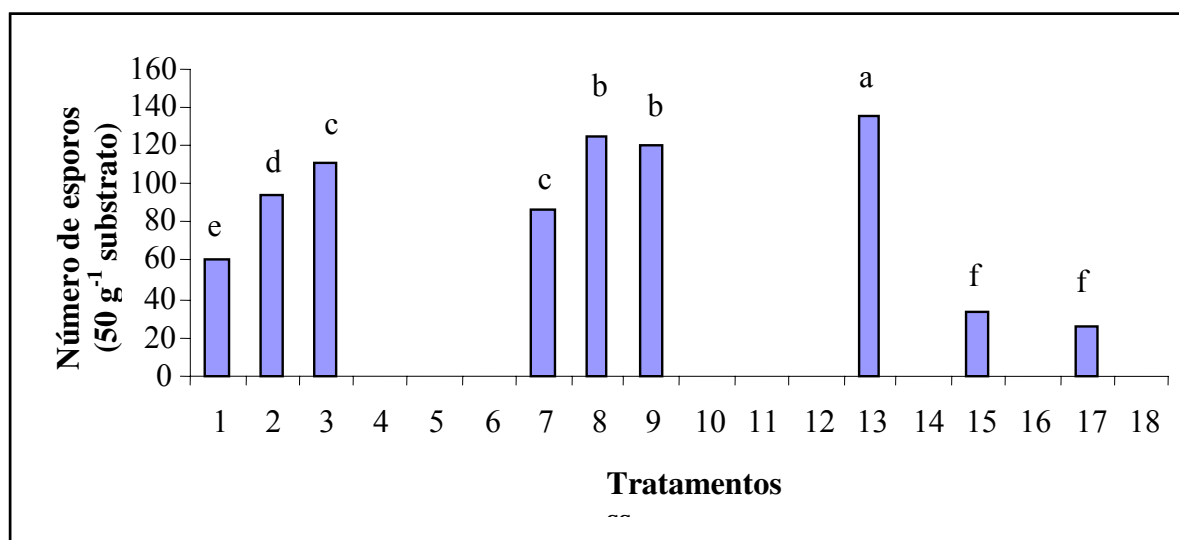
Tratamentos	Nutrientes			
	Fe	Cu	Mn	Zn
	.....mg kg <sup>-1</sup> MSPA.....			
T1	234,05i	13,21a	228,57g	1,87f
T2	171,16l	12,21b	253,76g	1,85f
T3	135,33m	11,41c	360,69f	3,65b
T4	420,65e	10,01d	140,42h	1,35g
T5	212,58j	9,42d	273,35g	1,77f
T6	166,08l	9,82d	161,32h	2,22e
T7	78,53n	11,21c	215,23g	1,70f
T8	350,07g	7,82f	295,08g	2,15e
T9	128,75m	6,12g	449,50e	4,07a
T10	401,87f	6,03g	836,81c	2,30e
T11	398,26f	5,85g	978,07b	1,75f
T12	280,93h	5,03h	988,95a	2,52d
T13	228,59i	13,01a	365,25f	1,72f
T14	349,08g	12,81b	255,53g	1,22c
T15	580,50a	7,42f	284,15g	1,65f
T16	540,12c	7,82f	434,81e	1,52f
T17	578,23b	7,02f	461,47e	2,17e
T18	510,54d	6,82g	530,78d	2,05e
CV(%)	3,11	6,76	10,24	6,85

\* Média seguida de mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott, P < 0,01

### 4.3 Análises microbiológicas

#### 4.3.1 Número de esporos de FMA nos substratos

Os valores referentes à contagem do número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares FMA nos substratos, podem ser observados na Figura 5.



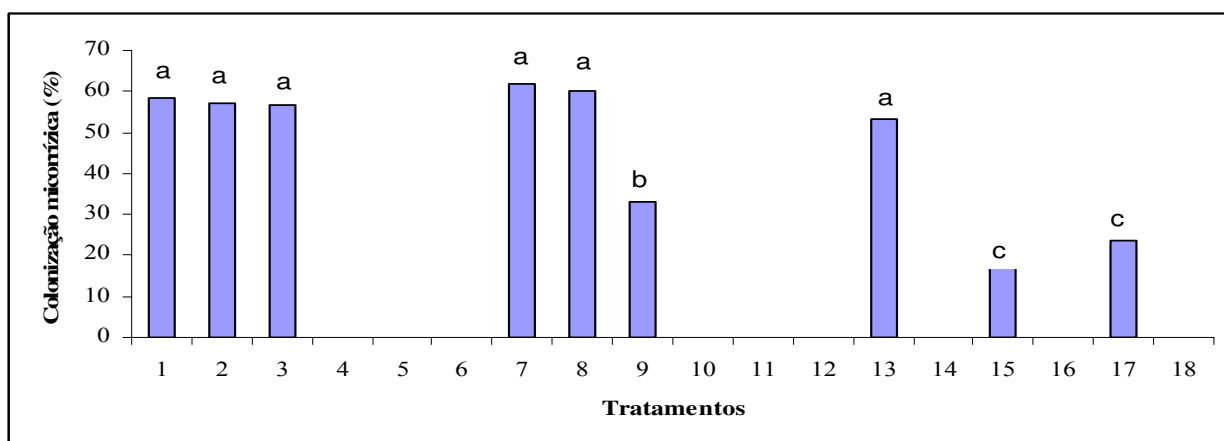
**Figura 5.** Número de esporos de Fungos Micorrízicos Arbusculares em amostras de substratos utilizados no cultivo de pimentão (*Capsicum annuum* L.), aos quarenta e cinco dias de cultivo. Média de quatro repetições.

Foram efetuadas contagens do número de esporos no substrato de todos os dezoito tratamentos, sejam, os inoculados e os não inoculados. Nos substratos cultivados com plantas não inoculados com FMA, não se observou a presença de esporos de fungos micorrízicos. O número de esporos de fungos micorrízicos nos substratos foi maior no tratamento T13 (100% solo + FMA) com média de 135,50 esporos 50g<sup>-1</sup> de substrato. Os tratamentos T8 (80% solo + 20% pcv + FMA) e T9 (70% solo + 70% pcv + FMA) cujo substrato foi composto de uma mistura solo e pó de coco apresentaram, respectivamente, uma quantidade média de 123,75 e 120 esporos 50g<sup>-1</sup> de substrato. Os dados revelam uma redução no número de esporos no substrato, quando o pó de coco foi utilizado de forma pura, fato que pode ser observado nos tratamentos T17 (100% pcv + FMA) e T15 (100% pcs + FMA) com média de 25,75 e 33,50 esporos 50g<sup>-1</sup> de substrato, respectivamente, que não diferiram estatisticamente pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 1% de significância. Esses baixos valores encontrados podem ser atribuídos ao curto período de duração do experimento que pode ter sido insuficiente para uma maior produção de esporos. Por outro lado Moreira & Siqueira (2002) observaram que níveis de fósforo próximo ao ótimo para o desenvolvimento da planta,

disponível no solo, inibem a colonização micorrízica, a produção de esporos e a formação de micélio externo do FMA.

#### 4.3.2 Colonização micorrízica arbuscular (FMA)

Os dados obtidos sobre a colonização micorrízica arbuscular, nas raízes de pimentão, são apresentados na Figura 6.



**Figura 6.** Percentagem de colonização micorrízica arbuscular em raízes de pimentão (*Capsicum annuum* L.), aos quarenta e cinco dias de cultivo em diferentes substratos. Média de quatro repetições.

A maior média de colonização foi observada no tratamento T7(90% solo+10%pcv+FMA), com 61,68% e a menor média no tratamento T15(100% pcs+ FMA), com 17,11 % de colonização radicular. A utilização do pó do coco promoveu uma redução no grau de colonização radicular das plantas de pimentão, que se acentuou com a elevação da concentração deste, sendo o menor valor de colonização, alcançado quando o pó de coco foi usado puro. Quando o pó de coco foi utilizado em mistura com o solo nas diferentes concentrações estudadas no presente trabalho, os valores encontrados para a colonização micorrízica radicular, não diferiram estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 1%.

De uma maneira geral, o grau de colonização micorrízica arbuscular no córtex radicular das plantas, foi considerado médio, de acordo com o que foi sugerido inicialmente na metodologia que estabeleceu (30% a 78% de colonização radicular) como valor médio. Esses resultados estão de acordo com Chris et al. (2004), quando observaram que a

percentagem de colonização micorrízica em raízes de pimentão inoculado com *Glomus intrarradices* foi de 42,3% e em uma mistura de *Glomus* foi de 54,2%. Todas as plantas não inoculadas do experimento permaneceram não micorrizadas.

Cardoso (1994), afirma que embora existam diferenças nas taxas de colonização entre os tratamentos, esse parâmetro não deve ser tomado como único indicador do efeito do FMA sobre a planta, uma vez que um fungo mais infectivo, não é necessariamente o mais efetivo. Não havendo uma correlação definitiva entre a intensidade de colonização radicular e a sua implicação no crescimento das plantas.

### 4.3.3 Carbono da Biomassa Microbiana (CBM)

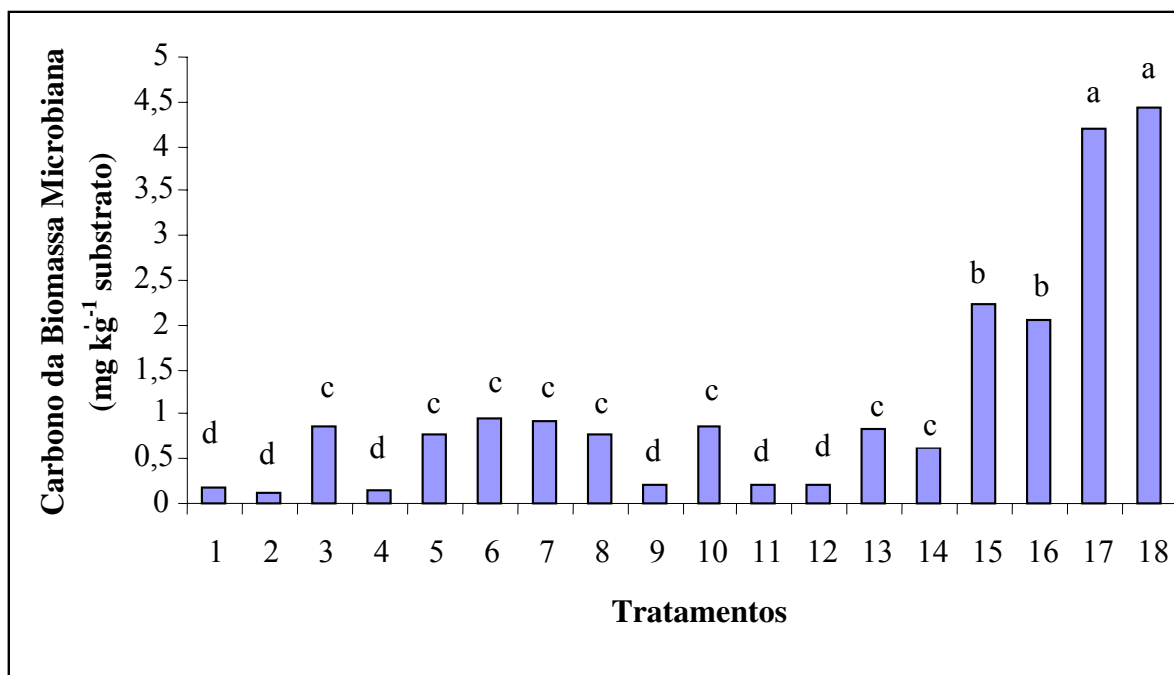
Na Figura 7, podem ser observados os dados referentes ao carbono da biomassa microbiana (CBM) nos substratos cultivados com o pimentão.

Os maiores valores de CBM foram observados nos tratamentos T18 (100% pcv- FMA) e T17 (100% pcv+ FMA), com médias 4,43 e 4,20 mg C.kg<sup>-1</sup> substrato, respectivamente, não diferindo estatisticamente, entre si. As menores médias foram verificadas nos tratamentos T2(80% solo + 20% pcs + FMA) e T4(90% solo + 10% pcs - FMA), com valores de 0,136 e 0,140 mg C.kg<sup>-1</sup> substrato, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 1%.

Esses valores de carbono da biomassa microbiana (CBM) obtidos foram semelhantes, se comparados com os dados verificados por Nobre (2002), quando observou o efeito da queima da palhada de cana-de-açúcar sobre a biota do solo, onde encontrou médias de 4,63 mg C.g<sup>-1</sup> solo. Estes resultados estão na mesma faixa dos observados por Maia (2006) e Fialho (2005), que correlacionaram o aumento ou a diminuição do carbono da biomassa microbiana ao conteúdo de matéria orgânica no solo.

Deve-se considerar que uma biomassa é tanto mais eficiente quanto menos C é perdido como CO<sub>2</sub> e uma fração significativa de C é incorporada ao tecido microbiano. A incorporação de carbono pela biomassa microbiana no tratamento T18(100% pcv-FMA) que apresentou valor médio de 4,433(mg C. kg<sup>-1</sup>) deve-se, provavelmente, à assimilação microbiana do carbono da microbiota do filtrado, contida nesse material. A diferença percentual entre o maior e o menor teor de CBM, nos substratos avaliados foi de 95,48%, isto, comparando-se o valor encontrado para o tratamento T18(100%pcv-FMA) e para o tratamento T2(80% solo + 20% pcs + FMA),

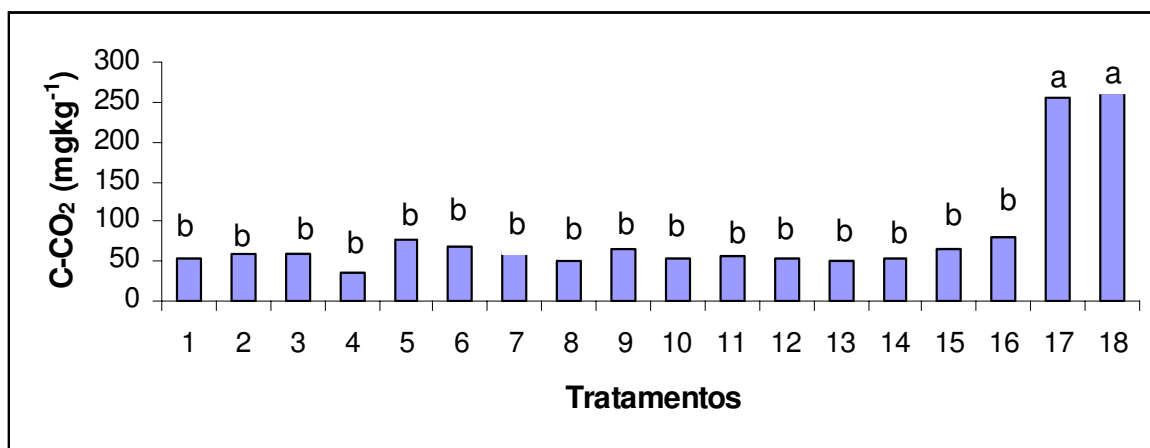
Os menores valores de carbono microbiano podem estar associados à menor disponibilidade de material orgânico biodegradável nas misturas utilizadas nos substratos. Valores mais elevados dos teores de carbono microbiano implicam em maior imobilização temporária de nutrientes e, conseqüentemente, em menores perdas de nutrientes do sistema solo-planta (Mercante, 2004).



**Figura 7.** Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) das amostras de substratos utilizados no cultivo de pimentão (*Capsicum annuum* L.), aos quarenta e cinco dias de cultivo. Média de quatro repetições.

#### 4.3.4 Respiração basal do solo (RBS)

Na Figura 8, podem ser observados os dados referentes à respiração basal dos substratos utilizados no cultivo do pimentão.



**Figura 8.** Quantidade de C-CO<sub>2</sub> da respiração basal do substrato, acumulada nos dias 10 de incubação, em amostras de substratos utilizados no cultivo de pimentão (*Capsicum annuum* L.), aos quarenta e cinco dias de cultivo. Média de quatro repetições.

A respiração basal do solo tem sido utilizada para avaliar a atividade geral da biomassa microbiana, podendo ser altamente influenciada por diversos fatores no solo, como teor de umidade, temperatura e disponibilidade de nutrientes (Alef, 1995).

Carvalho (2005) relata que, na medida em que uma determinada biomassa microbiana se torna eficiente, menos C é perdido como CO<sub>2</sub> pela respiração e uma fração maior de C é incorporada à biomassa microbiana, lembrando que as variáveis temperatura e umidade são importantes na formação da matéria orgânica do solo e que os microrganismos são dependentes da disponibilidade dessa matéria orgânica, assim como da aeração.

No presente estudo, o maior valor da respiração basal do solo foi observado no tratamento T18 (100%pcv - FMA) com 261,80 mg C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> substrato, seguido do tratamento T17 (100%pcv + FMA), cuja média foi 254,20 mg C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> substrato, ambos não diferiram estatisticamente, entre si, todavia diferiram dos demais tratamentos (T1 ao T16) cujos valores médios encontrados foram de uma maneira geral, menores que os valores mencionados para T18 e T17. Esse resultado pode ser indicativo da eficiência da utilização do



carbono pelas populações microbianas. A maior liberação de CO<sub>2</sub> pode ser atribuída à maior presença de matéria orgânica em frações lábeis, promovendo uma elevação da biomassa e atividade microbiana sobre esse material, liberando CO<sub>2</sub>, (Cattelan & Vidor, 1990).

A equivalência observada nos valores de RBS nos tratamentos T1 ao T16, pode ser um indicativo da utilização da fração do carbono microbiano residual presente no solo pelos microrganismos, além do que, não diferiram estatisticamente, pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 1%.

**Tabela 6.** Análises microbiológicas em raízes de pimentão (*Capsicum annuum* L.), e nos substratos de cultivo aos quarenta e cinco dias após o plantio. Média de quatro repetições.

Tratamentos	Nº esporos/ 50g substrato	Colonização (%)	CBM (mg C. kg <sup>-1</sup> )	RBS (mg C-CO <sub>2</sub> .kg <sup>-1</sup> )
T1(90% <sub>s</sub> +10% <sub>pcs</sub> +FMA)	59,5 e*	58,54 a	0,183 d	54,67 b
T2(80% <sub>s</sub> +20% <sub>pcs</sub> +FMA)	94,25 d	57,27 a	0,136 d	59,70 b
T3(70% <sub>s</sub> +30% <sub>pcs</sub> +FMA)	111,25 c	56,52 a	0,866 c	60,77 b
T4(90% <sub>s</sub> +10% <sub>pcs</sub> -FMA)	nd **	nd	0,140 d	35,72 b
T5(80% <sub>s</sub> +20% <sub>pcs</sub> -FMA)	nd	nd	0,786 c	47,82 b
T6(70% <sub>s</sub> +30% <sub>pcs</sub> -FMA)	nd	nd	0,940 c	66,90 b
T7(90% <sub>s</sub> +10% <sub>pcv</sub> +FMA)	87,25 d	61,68 a	0,916 c	63,10 b
T8(80% <sub>s</sub> +20% <sub>pcv</sub> +FMA)	123,75 b	60,01 a	0,776 c	51,92 b
T9(70% <sub>s</sub> +30% <sub>pcv</sub> +FMA)	120,00 b	33,05 b	0,216 d	64,87 b
T10(90% <sub>s</sub> +10% <sub>pcv</sub> -FMA)	nd	nd	0,866 c	52,37 b
T11(80% <sub>s</sub> +20% <sub>pcv</sub> -FMA)	nd	nd	0,200 d	57,15 b
T12(70% <sub>s</sub> +30% <sub>pcv</sub> -FMA)	nd	nd	0,200 d	53,95 b
T13(100% <sub>s</sub> +FMA)	135,50 a	53,43 a	0,833 c	51,00 b
T14(100% <sub>s</sub> -FMA)	nd	nd	0,633 c	52,52 b
T15(100% <sub>pcs</sub> +FMA)	33,5	17,11 c	2,233 b	66,07 b
T16(100% <sub>pcs</sub> -FMA)	nd	nd	2,066 b	80,85 b
T17(100% <sub>pcv</sub> +FMA)	25,75 f	22,53 c	4,200 a	254,20 a
T18(100% <sub>pcv</sub> -FMA)	nd	nd	4,433 a	261,80 a
CV (%)	13,12	32,11	41,97	19,38

\* Média seguida de mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott, P < 0,01.

\*\* não detectado

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos a partir da avaliação dos dados permitem concluir que:

- ⇒ O substrato composto por 10% de pó de coco seco foi a concentração que mais favoreceu o desenvolvimento das plantas. Isto pode ser um indicativo de uma maior retenção de umidade e um maior teor de nutrientes nesta combinação, enquanto que substrato composto por 100% de pó de coco limitou o desenvolvimento das plantas precisando ser melhorado no aspecto químico.
- ⇒ A inoculação com FMA das plantas de pimentão, cultivadas nas diferentes combinações de substratos influenciou os parâmetros de crescimento destas, analisados neste estudo.
- ⇒ Os maiores valores de Carbono da biomassa microbiana e Respiração basal do solo foram encontrados nos substratos compostos por 100% de pó de coco verde.
- ⇒ A colonização micorrízica radicular e o número de esporos de FMA foram equivalentemente superiores no tratamento composto por 100% de solo.

⇒ Os teores de nutrientes observados na parte aérea das plantas de pimentão encontram-se dentro das faixas consideradas adequadas para a cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.), com exceção do potássio (K) e do zinco (Zn), evidenciando-se maiores teores de P e menores teores de Na nos tratamentos inoculados.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAD, M.; NOGUEIRA, P. Substrato para el cultivo sin suelo y fertirrigación, In: CADAHÍA, C. (Ed.) **Fertirrigation**: cultivos hortícolas y ornamentales. Madri: Mundi – Prensa, p. 287-342, 1998.
- ALEF, K. Soil respiration. In: ALEK, K.; NANNIPIERI, P. (Ed.). **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, p. 214-219, 1995.
- ALLEN, W. SCHLESINGER. Nutrient limitations to soil microbial biomass and activity in loblolly pine forests. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 36, p. 581-589, 2004.
- ARRIGONI BLANK, M. F.; CARVALHO FILHO, J.L.S.; BLANK, A. F.; SANTOS NETO, A. L. Efeitos do substrato e luminosidade na emergência e desenvolvimento de mudas de jasmim-laranja (*Murraya exótica* L.) **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, p. 97-104, 2003:
- AYRES, R. S. & WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F.; Damasceno, F. A. V. 2ª ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.
- BARBOSA, Z.; SOARES, I.. CRISOSTOMO, L. A. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de gravioleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, p. 519- 522, 2003.

- BEZERRA, F. C.; ARAÚJO, D. B. ; LIMA, V. R. Uso de substrato à base de casca de pó de coco verde na produção de mudas de *Calliopsis elegans* Hort. IN: V Encontro Nacional de Substratos para Plantas. 20006. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.
- BLANC, D. Les substrats. In: Blanc, M. (Ed). **Les cultures hors sol**. Paris: INRA, 1987. p.9-13.
- CADAHIA, L.C.; EYMAR, A. E.; LUCENA, M. J. J. Materiales fertilizantes utilizados en fertirrigación. In: CADAHIA, L. C. (ed). **Fertirrigación**: cultivos hortícolas y ornamentales. Madrid: Mundi-Prensa, p.81-122, 1988.
- CARDOSO, E. J. B. N.; NAVARRO, R. B.; NOGUEIRA, M. A. Absorção e translocação de manganês por plantas de soja micorrizadas, sob doses crescentes deste micronutriente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 415 – 423, 2003
- CARDOSO FILHO, J. A. **Quantificação do micélio extramatricial de *Glomus etunicatum* e da atividade em simbiose com Milho**. 119f. **Dissertação** (Mestrado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz ), Piracicaba, 1994.
- CARDOSO, E. J. B. N.; LAMBRAIS, M. R. Efeito de aldicarb e fosetil-al no desenvolvimento e na colonização micorrízica de tangerina Cleópatra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, p. 139-148, 1993.
- CARNEIRO, O. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFDR/FUPEF, 1995. 451p.
- CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, v.20, p. 533-535, 2002.
- CARVALHO, F. de. **Atributos bioquímicos como indicadores da qualidade de solo em florestas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze**. 79f. **Dissertação** (Mestrado - Escola Superior de Agricultura Luis de Queirós), Piracicaba, 2005.

- CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.133-142. 1990.
- COLOZZI-FILHO, A.; SIQUEIRA, J.O.; SAGGIN JÚNIOR, O.J.; GUIMARÃES, P.T.G.; OLIVEIRA, E. Efetividade de diferentes fungos micorrízicos arbusculares na formação de mudas, crescimento pós-transplante e produção do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.1397-1406, 1994.
- CHRIS, A. MARTIN; STUTZ, J. C. Interactive effects of temperature and arbuscular mycorrhizal fungi on grown, P uptake and root respiration of *Capsicum annuum* L. **Mycorrhiza**, v.14, p.241-244, 2004
- DAVIES Jr., F.T.; OLALDE-PORTUGAL, V.; ALVARADO, M. J.; ESCAMILLA, H. M.; FERRERA-CERRATO, R. C.; ESPINOSA, J. I. Alleviating phosphorus stress of chile ancho pepper (*Capsicum annuum* L. “San Luis”) by mycorrhizal inoculation. **Journal Horticulture Science and Biotechnology**, v. 75, p. 655 – 661, 2000.
- DAVIES Jr. F.T.; Potter, J.R. LINDERMAN, R.G. Mycorrhiza and repeated drought exposure affect drought resistance and extraradical hyphae development of pepper plants independent of plant size and nutrient content. **Journal of plant Physiology**, v.139, p. 289 – 294, 1992..
- De LUCA, T.H. Relationships of 0,5m k<sub>2</sub>so<sub>4</sub> extractable anthrone-reactive carbon to indices of microbial activity in forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 30, p.1293-1299, 1998.
- DIAS, E. N. **Absorção de nutrientes, crescimento vegetativo e produção de frutos maduros de pimentão, em estufa**. Dissertação (Mestrado-Universidade Federal de Viçosa). 2000.
- EMBRAPA. **Manual de métodos e análise do solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos - EMBRAPA, p. 212, 1997.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 412p. 1999.

- FAO. Utilisation des aliments tropicaux: fruits et feuilles. Etude FAO: **Alimentation et nutrition** n° 47/7, 1990.
- FERNANDES, C.; CORÁ J. E. Substratos hortícolas. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, v.10, p. 32-34, 2001.
- FIALHO, J. S. **Indicadores da qualidade do solo em sistemas agrícolas anuais e perenes na Chapada do Apodi – Ce.** 59f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas – Universidade Federal do Ceará), Fortaleza, 2005.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Viçosa: UFV, 402 p. 2000.
- FINGER, F. L.; SILVA, D. J. H. **Cultura do pimentão e pimentas.** IN:Fontes, P. C. (Org.). Olericultura: teoria e prática, Viçosa: UFV, p. 429-437, 2005.
- FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. H. **Produção de tomate de mesa.** Viçosa, MG: Aprenda Fácil. 2002. 195p.
- FRANÇA, S. C. **Comunidades de fungos micorrízicos arbusculares nos manejos convencional e orgânico de citros e suas interações com *Phytophthora parasitica*,** 106f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- GAMA-RODRIGUES, E. F. da. & DE-POLLI, H. **Biomassa na ciclagem de nutrientes.** In: FERTBIO 2000: Biodinâmica do solo, Santa Maria, RS, 2000. Anais.
- GERDEMANN, J. W. & NICHOLSON, T. H. *Spores of mycorrhizal Endogone specie extracted from soil by wet sieving and decanting.* **Transactive British Mycology Society**, v. 46, p. 235-244, 1963.
- GIBRAN, A. S. **Nutrição Mineral e produtividade de Pimentão (*Capsicum annuum* L.) em resposta a diferentes biofertilizantes líquidos no solo.** 83f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal da Paraíba, Areias, PB, 2006.

- GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular infection in roots. **New Phytopatology**, v.84, p.489-500, 1980.
- GRAZIANO, T. T.; DEMATTÊ, J. B. I.; VOLPR, C. A.; PERECIN, D. Interação entre substratos e fertirrigação na germinação e na produção de mudas de *Tagetes patula* L.(Compositae). **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**. Campinas, v. 1, p. 78-85, 1995.
- GROLI, P.R. **Composto de lixo domiciliar como condicionador de substratos para plantas arbóreas**. Porto Alegre: UFRGS,. 125f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991
- HEWITT, E. J. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. London: **Commonwealth Agricultural Bureau**, 1966. 547p.
- INVAM. Internacional Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi, 2005. Disponível em: <<http://invam.caf.wvu.edu>> Acessado em 10 de Maio de 2005.
- ISLAM, K.R. & WEIL, R.R. Microwave irradiation of soil for measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility of Soils**, v.27, p. 408-416, 1998.
- ISLAM, K.R. & WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystem and Environmental**, v.79, p. 9-16, 2000.
- JEFRIES, P.; GIANINAZZI, S.; PEROTTO, S.; TURNAU, K.; BAREA, J. M. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. **Biology and Fertility of Soils**, v. 37, p. 1-16, 2003.
- JÚNIOR, A. W. **Influência do estágio de maturação dos frutos e do substrato na formulação de seedlings de três cultivares de pessegueiro**. Universidade Federal de Viçosa, 5 p. 2006.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**, São Carlos – São Paulo; RIMA, 531p. 2000.



- LIMA, J. T. **Efeitos da inoculação com fungos micorrizicos arbusculares e da adubação fosfatada sobre o desenvolvimento de mudas de acerola.** 49f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal do Ceara, Fortaleza, 2001.
- LUZ, J. M. Q.; PAULA, E. C.; GUIMARÃES, T. G. Produção de mudas de alface, tomate e couve-flor em diferentes substratos comerciais. **Horticultura Brasileira. Brasília**, v. 18, p. 579-581, 2000.
- KAMPF, A. N; FERMINO, M. H. **Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes.** Porto Alegre: Gênese, p. 312, 2000.
- KONDURU, D. R.; EVANS, M. R.; STAMPS, R. H. Coconut husk and processing effects on chemical and physical properties of coconut coir dust. **Horticulture Science**, v. 34, p. 88-90, 1999.
- MAIA, A. M. **Atividade da microbiota do solo associada ao melão cultivado com o composto orgânico bokashi.** 56f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.
- MALAVOLTA, e.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações.** 2ª ed. Piracicaba. POTAFOS, p.319, 1997.
- MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil.** Dordrecht, v. 159, p. 89-102, 1994. 2<sup>nd</sup> ed. San Diego: Academic Press, p. 889, 1995.
- MARTINS, M. A, & CRUZ, A. F. The role of the external mycelial network of arbuscular mycorrhizal fungi: III. A study of nitrogen transfer between plants. **Revista de Microbiologia**, v. 29, p. 289-294, 1992.
- MERCANTE, F. M. **Atributos microbiológicos avaliados em cultivo de mandioca sob diferentes coberturas de solo.** XI Congresso Brasileiro de Mandioca. Dourados, 2004.

- MELO, A.M.T. **Análise genética de caracteres de fruto em híbridos de pimentão**. 112f. Tese. (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1997.
- MENGEL, K. & E. KIRKBY. **Principles of Plant Nutrition**. 5<sup>th</sup> ed. London: Kluwer, Academic Publishers, , 687p., 2001.
- MESQUITA, R. O.; LIMA, F. F.; BEZERRA, M. A.; BEZERRA, F. C. **Emergência e crescimento de plântulas de cajueiro anão precoce em substratos à base de pó da casca de coco verde**. IN : V Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG. 2006.
- MONTEIRO, E. M. S.; MATOS, R. M. B.; PAULA, M. A. & GUERRA, J. G. M. **Micorrizas vesículo-arbusculares em bananeiras: aclimação e transplante de mudas micropropagadas**. In: Reunião Brasileira Sobre Micorrizas. Resumos. Itaguaí, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Universidade Rural do Rio de Janeiro, p.163, 1991.
- MUNIZ, I.O.L.; SILVA, L.A.; GOMES, A.N.D.A. **Olericultura no Estado do Ceará**. Fortaleza, EPACE/EMATERCE, 17 p. (mimeo.), 1987.
- NASCIMENTO, W. M.;CARRIJÓ, O. A.; GIORDANO, L. B.; BOITEUX, L. S. **Produção de sementes híbridas de hortaliças em substratos de fibra de pó de coco verde: caso tomate**. In: V Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas, Ilhéus. Anais. 2006.
- NEMEC, S.; DATNOFF, L. Pepper and tomato cultivar responses to inoculations with *Glomus intraradices*. **Advances in Horticultural Science**, v. 7, p. 161-7, 1993.
- NEWMAN, E. I. & EASON. W. R. Rates of phosphorus transfer within and between ryegrass (*Lolium perenne*) plants. **Function Ecology**, v. 7, p. 242-248, 1993.
- NOBRE, M. F.; **Efeito da queima da palhada da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) nas propriedades químicas e na biota do solo em duas microrregiões do Ceará**. 47f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

- NOGUERA, P. A.; ABADE, M.; NOGUERA, V.; PURCHARDEJ, R.; MAQUIERA, A. Coconut coir waste, a new and viable ecologically – friendly peat substitute. **Acta Horticultural**, v. 517, p, 279-286, 2000.
- NOGUERA, M. A.; CARDOSO, E. J. B. N. Interações microbianas na disponibilidade e absorção de manganês por soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p. 1605-1612, 2002.
- NUNES, M. U. C. **Produção de mudas de hortaliças com uso da plasticultura e do pó de coco**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 29. Circular Técnica, 13, 2000.
- OLIVEIRA, J. R. A.; MENDES, I. C. & VIVALDI, L. Carbono da biomassa microbiana em solos de cerrado sob vegetação nativa e sob cultivo: avaliação dos métodos fumigação-incubação e fumigação-extração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.863-871, 2001.
- OLSEN, J. K.; SCHAEFER, J. T.; HUNTER, M. N.; EDWARDS, D. S.; GALEA, V. J.; MULLER, L. M. Response of capsicum (*Capsicum annuum* L.), sweet corn (*Zea mays* L.) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) to inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizae. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 47, p.651-710, 1996.
- PAUL, E. A.; HARRIS, D.; COLLINS, H. P.; SCCHULTHESS, U. & ROBERTSON, G. P. Evolution of CO<sub>2</sub> and soil carbon dynamics in biologically managed, row-crop agroecosystems. **Applied Soil Ecology**, v. 11, p. 53-65, 1999.
- PEREZ, K.S.S.; RAMOS, M.L.G.; MCMANUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejos nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 567-573, 2004.
- PRAGANA, R. B. **Potencial do resíduo da extração da fibra de coco como substrato na produção agrícola**. 84 f. Dissertação (Mestrado-Universidade Federal Rural de Pernambuco), Recife, 1998.
- ROSA, M. F.; SANTOS, F. J. S.; TELES, A. A. M.; ABREU, F. A. P.; CORREIA, D.; ARAÚJO, F. B. S.; NORÔES, E. R. V. **Caracterização do pó da casca do coco usado como substrato**

**agrícola.** Fortaleza; Embrapa Agroindustrial Tropical, 2001 (Comunicado Técnico), Nº 54, Embrapa .

ROSAND, P. C. & DIAS, R. **Associações micorrízicas e a nutrição mineral das plantas.** In: Reunião brasileira sobre micorrizas, 1, 1985, Lavras. Anais.

SALVADOR, E. D. **Efeito de diferentes substratos no crescimento e desenvolvimento de samambaia mato-grossense (*Polypodium aureum*).** 67f. Dissertação (Mestrado-Universidade Federal de Lavras), Lavras, 1995.

SANCHES, F. P. **Propriedades y características de los substratos. Turba y fibra de coco.** In: Fernandez, M. F.; Gómez, I. M. C. (Eds.). Cultivo sem suelo II. Curso Superior em especializacion. Almería, Espanha, p. 65-92. 1999.

SCHIAVO, J. A. & MARTINS M. A. Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) inoculadas com fungo micorrizico arbuscular *Glomus clarum*, em subtrato agro industrial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, p. 519-523, 2002.

SENA, J.O.A.; LABATE, C.A.; CARDOSO, E.J.B.N. Caracterização fisiológica da redução de crescimento de mudas de citros micorrizadas em altas doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.827-832, 2004.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Brasília, Embrapa, p.370, 1999.

SILVA JÚNIOR, J. M. T. da. **Avaliação da microbiota do solo e do desenvolvimento do melão, utilizando-se o pó de coco, em diferentes proporções, como substrato alternativo.** 34f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2005.

SILVEIRA, A.P. D. da; SILVA, L. R.; AZEVEDO, I. C.; OLIVEIRA, E. de; MELETTI, L. M. M. Desempenho de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo em diferentes substratos. **Bragantia**, v. 62, p. 89-99, 2003.

- SILVEIRA, E. B.; RODRIGUES, V. J. L. B. ; GOMES, A. M. A. ; MARIANO, R.L.R.; MESQUITA, J.C.P. Pó de coco como substrato para a produção de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20., p.211-216, jun.2002.
- SIQUEIRA, J.O. & PAULA, M.A. Efeito de micorrizas vesículo-arbusculares na nutrição e aproveitamento de fósforo pela soja em solos do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 97-102, 1986.
- MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**, Lavras, UFLA, 2002, 625p.
- SISVAR, Statistical Analysis Software. 2006. Disponível em: < <http://www.dex.ufla.br/danielff/software.htm>. [ acesso em 06 dez. 2006].
- SOUSA, J. L. de; RESENDE, P. **Manual de Horticultura Orgânica**, Viçosa: Ed. Aprenda Fácil,p. 846, 2006.
- SPARLING, G.P. & WEST, A.W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Calibration in situ using microbial respiration and <sup>14</sup>C labeled cells. **Soil Biology and Biochemistry**, v.20, p.337-343, 1988.
- TAMISO, L. G. **Desempenho de cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), sob sistema orgânico em cultivo protegido**. 87f. Dissertação (Mestrado - Escola Superior de Agronomia Luís de Queirós) – Piracicaba, 2005.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Departamento de Solos, UFRGS, 147p. 1995.
- TIVELLI, S.W. **Avaliação de híbridos e sistemas de condução na cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.) vermelho em ambiente protegido**. 240f. Dissertação (Mestrado - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho), Botucatu, 1999.

- TÓTOLA, M. R. & CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: Tópicos em Ciência do Solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, , v.2, p. 195-276, 2002.
- TRANI, P. E. ; RAIJ, B. Van. Hortaliças. In: Instituto Agronômico de Campinas. **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas, p. 155, 1996.
- TRINDADE, A. V.; SIQUEIRA, J. O. & ALMEIDA, F. P. Eficiência Simbiótica de Fungos Micorrizicos Arbusculares em solo não fumigado, para mamoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 24, p. 505-513, 2000.
- VANCE, E. D., BROOKES, P. C. & JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass carbon. **Soil Biology Biochemistry**, v.19, p. 703-707, 1987.
- VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de CO<sub>2</sub> e N mineral de um podzólico vermelho – escuro submetido a diferentes sistemas de manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 24-34, 2000.
- VIDAL, M. C.; CARRIJO, O A.; MOITA, A. W. **Produção de mudas de tomate em substratos à base de fibra de coco e fertirrigação**. Embrapa Hortaliças, Brasília, 2006.
- WARDLE, D.A. A comparative assessment of factors with influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. **Biological Reviews**, v. 67, p. 321-358, 1992.

# **ANEXOS**

Tabela 1. Resumo de Análise de Variância para as variáveis macronutrientes das plantas: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do pimentão (*Capsicum annuum* L.). UFC – CE, 2007.

Fonte de variação	GL	QM				
		N	P	K	Ca	Mg
Tratamentos	17	642,46**	339,15**	5,35**	109,64**	10,15**
Resíduo	54	14,28	5,15	0,22	0,39	0,04
Total	71	-	-	-	-	-
CV(%)	-	15,00	21,33	19,6	5,12	5,30

\*\* Significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade

Tabela 2. Resumo de Análise de Variância para as variáveis micronutrientes das plantas: ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) do pimentão (*Capsicum annuum* L.). UFC – CE, 2007.

Fonte de variação	GL	QM			
		Fe	Mn	Cu	Zn
Tratamentos	17	618081,98**	296882,9**	29,24**	2,15**
Resíduo	54	168,84	1867,51	0,384	0,022
Total	71	-	-	-	-
CV(%)	-	3,11	10,24	6,76	6,85

\*\* Significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade



Tabela 3. Resumo de Análise de Variância para as variáveis macronutrientes do substrato: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do pimentão (*Capsicum annuum* L.). UFC – CE, 2007.

Fonte de variação	GL	QM					
		N	P	K	Ca	Mg	C
Tratamentos	17	36,63**	71,01**	0,066**	11,26**	9,57**	2139,84
Resíduo	54	0,10	0,29	0,0001	0,031	0,038	0,652
Total	71	-	-	-	-	-	-
CV(%)	-	6,09	4,91	5,09	7,30	7,79	3,96

\*\* Significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade

Tabela 4. Resumo de Análise de Variância para as variáveis micronutrientes do substrato : ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) do pimentão (*Capsicum annuum* L.). UFC – CE, 2007.

Fonte de variação	GL	QM			
		Fe	Mn	Cu	Zn
Tratamentos	17	383,11**	1877,83**	1,15**	5,00**
Resíduo	54	1,431	2,54	0,002	0,051
Total	71	-	-	-	-
CV(%)	-	4,60	3,66	7,76	5,00

\*\* Significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade

Tabela 5. Resumo de Análise de Variância para as variáveis das plantas: altura (A), diâmetro (D), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), número de folhas (NF) do pimentão (*Capsicum annuum* L.). UFC – CE, 2007.

Fonte de variação	GL	QM						
		A	D	MFPA	MFR	MSPA	MSR	NF
Tratamentos	17	282,2**	12,9**	302,5**	6,07**	4,53**	0,31**	54,8**
Resíduo	54	1,00	0,15	1,73	0,98	0,09	0,01	0,48
Total	71	-	-	-	-	-	-	-
CV(%)	-	6,59	9,08	15,37	85,24	24,57	20,89	8,95

\*\* Significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade

### FOTOS DO EXPERIMENTOS



