



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

JOSÉ JEREMIAS FERNANDES DE OLIVEIRA

***Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* EM CULTIVO SIMULTÂNEO SOB
NÍVEIS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA E INOCULADAS COM
FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES**

FORTALEZA

2017

JOSÉ JEREMIAS FERNANDES DE OLIVEIRA

Urochloa decumbens e *Stylosanthes capitata* EM CULTIVO SIMULTÂNEO SOB NÍVEIS
DE ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA E INOCULADAS COM FUNGOS
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em
Ciência do Solo da Universidade Federal do
Ceará, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Doutor em Agronomia.
Área de concentração: Química, Fertilidade e
Biologia do Solo.

Orientador: Paulo Furtado Mendes Filho

Coorientador: Vânia Felipe Freire Gomes

FORTALEZA

2017

JOSÉ JEREMIAS FERNANDES DE OLIVEIRA

Urochloa decumbens e *Stylosanthes capitata* EM CULTIVO SIMULTÂNEO SOB NÍVEIS
DE ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA E INOCULADAS COM FUNGOS
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em
Ciência do Solo da Universidade Federal do
Ceará, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Doutor em Agronomia.
Área de concentração: Química, Fertilidade e
Biologia do Solo.

Aprovada em: 25 /10/2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Furtado Mendes Filho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Vânia Felipe Freire Gomes (Co-orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Fernando Felipe Ferreyra Hernandez (Examinador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Aldênia Mendes de Mascena (Examinador)

Dr. José Maria Tupinambá da Silva Júnior (Examinador)

Dedico, primeiramente àquele que teima em escrever com sua mão esquerda, sendo destro, logo o que lhe é escrito tende a ser tortuoso, no entanto é sempre o mais correto e bom para mim, Deus.

Dedico àqueles que adotam as minhas vitórias, conquistas, decepções e frustrações, minha mãe, Alzira Fernandes da Silva Oliveira, meu pai, José Ribamar Carlos de Oliveira e minha esposa Deisy Nayanny de Brito Silva de Oliveira.

Dedico àquele que passei a ter e sempre terei ao meu lado, cujo amor tende a não ser possível de mensurar, meu filho João Carlos de Brito Oliveira

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelas vitórias e conquistas assim como pelas derrotas e frustrações que catalisarão a vontade e a força para supera-las.

Agradeço aos familiares que externam o orgulho pelas minhas conquistas, principalmente minha mãe, Alzira Fernandes da Silva Oliveira, meu pai, José Ribamar Carlos de Oliveira, *in memoriam*, aquele responsável por manifesta em mim à vocação ao campo.

Agradeço aqueles fizeram plausíveis contribuições ao meu crescimento acadêmico, todos os docentes do programa de pós-graduação em Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará em especial à professora, Vânia Felipe Freire Gomes e aos professores Paulo Furtado Mendes Filho, Fernando Felipe Ferreyra Hernandez, Raimundo Nonato de Assis Júnior e Boanerges Freire de Aquino (*in memoriam*).

Agradeço ao Professor e Curador Sidney Luiz Stürmer do banco de fungos micorrízicos arbusculares da coleção internacional de cultura do *Glomeromycota* da Universidade Regional de Blumenau.

“Sábio é aquele que conhece os limites da própria ignorância.” Sócrates.

RESUMO

Uma pecuária eficiente está atrelada a produção de forragem de qualidade e com baixo custo, uma alternativa para redução de insumos comerciais ou a potencialização de seu uso na pecuária pode ser o cultivo simultâneo entre braquiárias e estilosantes assim como a utilização de insumos biológicos. Com o objetivo de avaliar o efeito da inoculação do *mix* de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e níveis de adubação nitrogenada e fosfatada no crescimento e teores de nutrientes em plantas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* consorciadas sob um substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (RQ). O estudo consistiu de dois experimentos: i) plantas de *U. decumbens* e *Stylosanthes capitata* consorciadas e inoculadas com FMA sob níveis de nitrogênio e ii) plantas de *U. decumbens* e *Stylosanthes capitata* consorciadas e inoculadas com FMA sob níveis de fósforo. Ambos os experimentos foram em esquema de fatorial (2x4), com 4 repetições, sendo os fatores: dois tratamentos com FMA em substrato natural (inoculado com *mix* de isolados e substrato sem inoculação) e quatro níveis de N (0; 75; 150 e 300 mg. dm⁻³), no experimento I, assim como quatro níveis de P (0, 120, 240 e 480 mg .dm⁻³) no experimento II. Aos 60 dias após a semeadura as plantas foram colhidas e avaliados nos seguintes parâmetros: i) altura de planta, ii) número de folhas, iii) área foliar, iv) teores de N, P, K, Ca e Mg, v) densidade de glomerosporos, vi) taxa de colonização micorrízica radicular e vii) número de nódulos em raízes de *Stylosanthes capitata*. A inoculação com o *mix* de FMA (*Gigaspora margarita* e *Acaulospora mellea*) favoreceu o crescimento e os teores de N e P em plantas de *Urochloa decumbens* consorciada com *Stylosanthes capitata*. A inoculação com o *mix* de FMA (*Gigaspora margarita* e *Acaulospora mellea*) favoreceu o crescimento das plantas e os teores de P em plantas de *Stylosanthes capitata* consorciadas com *Urochloa decumbens* sob adubação fosfatada. A adubação fosfatada aumentou o crescimento e o teor de P nas plantas de *Stylosanthes capitata* consorciadas com *Urochloa decumbens*. A inoculação com o *mix* de FMA (*Gigaspora margarita* e *Acaulospora mellea*) em substrato de RQ favorece o crescimento das plantas e teores de P em plantas de *Stylosanthes capitata* consorciada com *Urochloa decumbens* sob adubação fosfatada. A inoculação com o *mix* de FMA (*Gigaspora margarita* e *Acaulospora mellea*) em substrato de RQ favorece o crescimento e os teores de N e P em plantas de *Urochloa decumbens* consorciada com *Stylosanthes capitata*.

Palavras chaves: Forragem. NEOSSOLO QUARTZARÊNICO. Simbiose. Nutriente.

ABSTRACT:

Efficient animal husbandry is linked to the production of high quality and low cost forage, an alternative to reduce commercial inputs or a potentialization of their use in livestock can be the intercropping between brachiaria and styling as a use of biological inputs. The objective of this study was to evaluate the effect of the inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and nitrogen and phosphate fertilization levels without growth and nutrients in *Urochloa decumbens* and *Stylosanthes capitata* plants under a NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (RQ) substrate. The study consisted of two experiments: i) *U. decumbens* and *Stylosanthes capitata* plants intercropping and inoculated with FMA under nitrogen levels and ii) *U. decumbens* and *Stylosanthes capitata* plants intercropped and inoculated with FMA under phosphorus levels. Both treatments were in a factorial (2x4) scheme, with four replications, with two treatments: FMA in natural substrate (inoculated with mixture of isolates and substrate without inoculation) and four levels of N (0, 75, 150 e 300 mg dm⁻³), without experiment I, as well as four levels of P (0, 120, 240 and 480 mg .dm⁻³) non-experiment II. At 60 days after sowing as plants were harvested and rivers were harvested: i) plant height, ii) leaf number, iii) leaf area, iv) N, P, K, Ca and Mg contents, v) density of glomerospores , vi) root mycorrhizal colonization rate and vii) number of nodules in roots of *Stylosanthes capitata*. An inoculation with the mix of FMA (*Gigaspora margarita* and *Acaulospora mellea*) favored growth and N and P contents in plants of *Urochloa decumbens* consortium with *Stylosanthes capitata*. An inoculation with the FMA mix (*Gigaspora margarita* and *Acaulospora mellea*) favored plant growth and P content in *Stylosanthes capitata* plants consortium with *Urochloa decumbens* under phosphate fertilization. Phosphate fertilization increased the growth and P content in *Stylosanthes capitata* plants intercropped with *Urochloa decumbens*. An inoculation with the mix of FMA (*Gigaspora margarita* and *Acaulospora mellea*) on RQ substrate favors the growth of plants and P plants in *Stylosanthes capitata* plants consortium with *Urochloa decumbens* under phosphate fertilization. An inoculation with the mix of FMA (*Gigaspora margarita* and *Acaulospora mellea*) on RQ substrate favors the growth and N and P contents in plants of *Urochloa decumbens* consortium with *Stylosanthes capitata*.

.Keywords: Forage NEOSSOLO QUARTZARÊNICO. Symbiosis. Nutrient.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1: Casa-de-vegetação e vasos duplos para implantação dos experimentos no interior da casa de vegetação na localidade Nova Olinda em Teresina-PI, 2016. 11
- Figura 2: Local da coleta do solo e condução dos experimentos, na localidade Nova Olinda em Teresina-PI, 2016..... 12
- Figura 3: Ilustração do vaso duplo 13
- Figura 4: Imagens binárias de plantas de *Stylosanthes capitata* (A) e de *Urochloa decumbens* (B) utilizadas na determinação da área foliar através de software “imagemJ k 1.45 15
- Figura 5: Altura de planta (5A) e número de folhas (5B) de plantas de *Urochloa decumbens* consorciada com *Stylosanthes capitata* sem e com inoculação do *mix* de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI..... 20
- Figura 6: Área foliar (6A) e massa seca (6B) de plantas de *Urochloa decumbens* consorciada com *Stylosanthes capitata* sem e com inoculação do *mix* de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI..... 21
- Figura 7: Altura de plantas e número de folhas de *Stylosanthes capitata* consorciada com *Urochloa decumbens* sem e com inoculação do *mix* de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI..... 23
- Figura 8: Área foliar e massa seca de plantas de *Stylosanthes capitata* consorciada com *Urochloa decumbens* sem e com inoculação do *mix* de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI..... 24
- Figura 9: Teores de N e Mg em plantas de *Urochloa decumbens* consorciada com *Stylosanthes capitata* sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI..... 26

Figura 10: Teores de N e Mg em plantas de <i>Stylosanthes capitata</i> consorciada com <i>Urochloa decumbens</i> sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.....	27
Figura 11: Número de nódulos em raízes de plantas de <i>Stylosanthes capitata</i> consorciadas com <i>Urochloa decumbens</i> sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.....	28
Figura 12: Densidade de glomerosporos (A) e taxa de colonização micorrízica radicular (B) em solo cultivado com plantas de <i>Stylosanthes capitata</i> e <i>Urochloa decumbens</i> consorciadas sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.....	30
Figura 13: Altura e número de folhas de plantas de <i>Urochloa decumbens</i> consorciada com <i>Stylosanthes capitata</i> sem e com inoculação do <i>mix</i> de FMA (<i>G. margarita</i> e <i>A. mellea</i>) sob níveis de fósforo em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.....	33
Figura 14: Área foliar e massa seca de plantas de <i>Urochloa decumbens</i> consorciada com <i>Stylosanthes capitata</i> sem e com inoculação do <i>mix</i> de FMA (<i>G. margarita</i> e <i>A. mellea</i>) sob níveis de fósforo em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.....	34
Figura 16: Área foliar e massa de plantas de <i>Stylosanthes capitata</i> consorciada com <i>Urochloa decumbens</i> sem e com inoculação do <i>mix</i> de FMA (<i>G. margarita</i> e <i>A. mellea</i>) sob níveis de fósforo em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.....	37
Figura 17: Teores de P e Ca na parte aérea de plantas de <i>Urochloa decumbens</i> sob níveis de fósforo consorciado com <i>Stylosanthes capitata</i> e inoculado com o <i>mix</i> de FMA (<i>G. margarita</i> e <i>A. mellea</i>) em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.....	40
Figura 18: Teor de P na parte aérea de plantas de <i>Stylosanthes capitata</i> sob níveis de fósforo consorciado com <i>Urochloa decumbens</i> e inoculado com o <i>mix</i> de FMA (<i>G.</i>	

margarita e *A. mellea*) em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.....41

Figura 19: Densidade de glomerosporos em solo cultivado com plantas de *Urochloa decumbens* (A) e *Stylosanthes capitata* (B) consorciadas sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.....43

Figura 20: Taxa de colonização micorrízica radicular em plantas de *Urochloa decumbens* (A) e *S. capitata* (B) consorciadas sob níveis de fósforo e inoculado com o *mix* de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.....44

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Características químicas e granulométricas do NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, camada 0-0,40 m utilizado nos experimentos, coletado na localidade Nova Olinda em Teresina-PI, 2016..... 12
- Tabela 2 - Níveis de significância dos parâmetros de crescimento de *Urochloa decumbens* e *S. capitata* consorciadas sem e com inoculação do *mix* de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI..... 18
- Tabela 3 - Níveis de significância de teores de macronutriente em plantas consorciadas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* sem e com inoculação do *mix* de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI..... 25
- Tabela 4 - Níveis de significância de densidade de glomerosporos e taxa de colonização micorrízica radicular em plantas consorciadas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* sem e com inoculação do *mix* de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI..... 29
- Tabela 5 - Níveis de significância dos parâmetros morfológicos e massa seca de plantas consorciadas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* sem e com inoculação do *mix* de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de fósforo em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI..... 31
- Tabela 6 - Níveis de significância dos teores de macronutrientes em plantas consorciadas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* sem e com inoculação do *mix* de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de fósforo em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI..... 39
- Tabela 7 - Níveis de significância de densidade de glomerosporos e taxa de colonização micorrízica radicular em plantas consorciadas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* sem e com inoculação do *mix* de FMA (*G. margarita* e *A.*

<i>mellea</i>) sob níveis de fósforo em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.....	42
---	----

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	1
2.REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1.A cultura da <i>Urochloa decumbens</i>.....	3
2.2.<i>Stylosanthes spp</i>	4
2.3 Cultivo simultâneo entre braquiária e estilosantes	4
2.4 Fungos micorrízicos arbusculares.....	6
2.5 O fósforo como nutriente de plantas.....	7
2.6 Nitrogênio como nutriente de plantas.....	8
3.MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Local dos experimentos	11
3.2.1 Experimento I	13
3.2.2 Experimento II.....	14
3.3 Tratamentos das sementes, semeadura e inoculação com FMA	14
3.4 Parâmetros morfológicos avaliados	15
3.5 Determinação da colonização micorrízica.....	15
3.6. Determinação da densidade de glomerosporos.....	15
3.7 Determinações dos teores dos macronutrientes	16
3.8 Análises estatísticas	17
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Experimento I	18

4.1.1 Crescimento de plantas de <i>Urochloa decumbens</i> e <i>Stylosanthes capitata</i> em cultivo simultâneo e inoculadas com FMA sob níveis de adubação nitrogenada.....	18
4.1.2 Teores de nutrientes em <i>U. decumbens</i> e <i>Stylosanthes capitata</i> consorciadas e inoculadas com FMA sob níveis de adubação nitrogenada	25
4.1.3 Nodulação em raízes de <i>Stylosanthes capitata</i> consorciado com <i>Urochloa decumbens</i> sob níveis de nitrogênio	28
4.1.4 Densidade de glomerosporos e taxa de colonização micorrízica radicular em plantas consorciadas de <i>Urochloa decumbens</i> e <i>Stylosanthes capitata</i>	29
4.2 Experimento II.....	31
4.2.1 Crescimento de plantas de <i>Urochloa decumbens</i> e <i>Stylosanthes capitata</i> consorciadas e inoculadas com FMA sob níveis de adubação fosfatada	31
4.2.2 Teores de nutrientes em <i>Urochloa decumbens</i> e <i>Stylosanthes capitata</i> consorciadas e inoculadas com FMA sob níveis de adubação fosfatada.....	38
4.2.3 Densidade de glomerosporos e taxa de colonização micorrízica radicular em plantas consorciadas de <i>Urochloa decumbens</i> e <i>Stylosanthes capitata</i> sob níveis de adubação fosfatada.....	42
5.CONCLUSÕES.....	46
REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

Uma pecuária eficiente está atrelada a produção de forragem de qualidade e com baixo custo. Uma alternativa para redução de insumos comerciais ou a potencialização de seu uso na pecuária pode ser o cultivo simultâneo de braquiárias e estilosantes assim como a utilização de insumos biológicos.

O uso de plantas em cultivo simultâneo potencializa a eficiência dos recursos disponíveis como água, nutrientes e luz em relação ao cultivo isolado. O cultivo simultâneo entre braquiária e estilosantes potencializa uma manutenção da cobertura do solo, a ciclagem de nutrientes, e a fixação biológica de nitrogênio, possibilitando um maior retorno econômico ao produtor rural (ANJOS *et al.*, 2016). Em relação as espécies forrageiras passíveis de serem cultivadas simultaneamente a *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* possuem importância acentuada dentro da pecuária brasileira considerando as condições edafoclimáticas predominantes no Brasil.

Dentre as 100 espécies do gênero *Urochloa*, a *Urochloa decumbens* é uma das mais proeminentes gramíneas forrageiras tropicais utilizadas como pastagem devidos os seus atributos agrônômicos, alto potencial produtivo e adaptabilidade aos solos de baixa fertilidade. (MONTEIRO *et al.*, 2016; FERREIRA *et al.*, 2016). Já o *Stylosanthes capitata* é adaptado a solos ácidos e de baixa fertilidade natural, com capacidade de fixação biológica de nitrogênio relevante e pode ser utilizado como pastagem para bovinos, equinos e caprinos (SANTOS-GARCIA *et al.*, 2012; TEODORO *et al.*, 2011; CHAKRABORTY, 2004).

Em meio aos micro-organismos rizosféricos com possibilidade de uso como insumo biológico em solos tropicais os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) possuem importante participação na produtividade dos agroecossistemas e na definição do padrão de sucessão de uma comunidade vegetal que pode influenciar nas relações de competições entre plantas (JEFFRIES *et al.*, 2003; BAUER *et al.*, 2012; SHARMAH e JHA, 2014).

As características funcionais proporcionadas às plantas colonizadas por FMA determinam a composição da comunidade estabelecida em uma pastagem (MARIOTTE *et al.*, 2013). Assim como a presença, abundância e composição dos FMA são fortemente relacionadas com a composição da comunidade vegetal (BÖRSTLER *et al.*, 2006). Os FMA apresentam relevante atuação na absorção de nutrientes, pois os micélios extraradiculares dos FMA detêm formas diversas de nutrientes, dentre eles fósforo e nitrogênio (JIN *et al.*, 2012).

O nitrogênio do solo está associado a teores de matéria orgânica que em regiões tropicais ocorrem em baixos teores ou baixa taxa de mineralização de nitrogênio, desta forma não atendendo naturalmente à necessidade nutricional das plantas cultivadas. O principal limitador da disponibilidade de pastagens, com relação ao solo, é a disponibilidade de nitrogênio (ANJOS *et al.*, 2016). Portanto adequar o nível de nitrogênio fornecido a uma pastagem é fundamental para um manejo eficiente e sustentável.

O nível de fertilidade do solo é o fator que mais afeta a relação simbiótica entre FMA e a planta hospedeira. Nas condições de baixa de fertilidade (principalmente em relação ao fósforo) os FMA demonstram elevadas taxas de colonização micorrízicas e benefícios ao hospedeiro (CARDOSO *et al.*, 2010). A disponibilidade de P no solo exerce um efeito controlador sobre o grau de colonização das raízes pelo fungo, pois em condições sub-ótimas de fósforo, a predominância de taxas de colonização elevadas e benéficas nas plantas micorrizadas, contudo em condições de níveis extremos P no meio, a micorrização pode provocar redução no crescimento, conferindo a simbiose natureza parasítica.

Diante do exposto, propõe-se com o presente trabalho testar as hipóteses de que plantas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* consorciadas tem seu crescimento e teor de nutrientes favorecidos pelos níveis de adubação com N e P. A inoculação de FMA favorece o crescimento e teores de nutrientes em plantas *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* consorciadas. Objetivou-se avaliar o efeito da inoculação do *mix* de fungos micorrízicos arbusculares (*Gigaspora margarita* W, N Becker & I. R. Hall e *Acaulospora mellea* Spain & N. C. Schenck) e níveis de adubação nitrogenada e fosfatada no crescimento e teores de nutrientes de plantas em *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* consorciadas sob um substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura da *Urochloa decumbens*

A *Urochloa decumbens* popularmente é conhecida no Brasil como braquiária australiana, braquiária comum e braquiária de alho (MANTOVANI, 2007). A espécie é pertencente à família das *Poaceae* e tem sido uma das forragens mais cultivadas no Brasil. De modo geral o gênero *Urochloa* tem relevante importância para a pecuária brasileira em função da sua adaptabilidade as diversas condições edafoclimáticas, elevada produtividade e valor nutritivo expressivo.

A *U. decumbens* é planta perene, vigorosa, adapta-se na faixa de 27° N a 27° S do nível do mar até altitude de 1.750 m, temperatura ótima de 30 °C, crescimento decumbente e elevada resistência ao pastejo e pisoteio (SANTOS, 2012). A espécie é originária do leste tropical da África (SEIFFERT, 1980) e foi introduzida no Brasil em 1952 pelo Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte (SERRÃO; SIMÃO NETO, 1971). A adaptabilidade da *U. decumbens* no Brasil se deve as suas características como resistência à seca, bom crescimento em regiões tropicais úmidas e secas, aceitação de solos de textura arenosos e argilosos, tolerante ao alumínio, responsiva a adubação e grande capacidade competitiva (PEREIRA *et al.*, 2011; BITENCOURT *et al.*, 2011; TORRES *et al.*, 2009; MAGALHÃES *et al.*, 2007).

No Brasil *U. decumbens* são utilizadas, predominantemente, duas variedades a cv. IPEAN e a cv. Basilisk. A cultivar IPEAN possui de 30 a 60 cm de altura, prostrada, rizomatosas, folhas macias e densamente pilosas, mais susceptível a cigarrinha-das-pastagens e baixa produção de sementes (MATEUS, 2014; ALCÂNTARA, 1987; ALCÂNTARA e BUFARAH, 1988). A cultivar Basilisk possui de 60 a 100 cm de altura, sub-ereta, mais robusta, geniculada em alguns dos nós inferiores e pouco radicante, tolerância a solos ácidos, responde bem a adubação e tem alto potencial de rendimento em solos férteis (ALCÂNTARA, 1987; ALCÂNTARA; BUFARAH, 1988).

A *U. decumbens* pode ser usado na produção silagem, feno, pastejo de bovinos e na recuperação de áreas degradadas (SANTOS *et al.*, 2009; RAMIREZ, 2011). Na *U. decumbens* cultivar Basilisk pode ocorrer valores médios no teor de proteína de até 16,36%; fibra em detergente neutro de 63,85%; fibras em detergente ácido 36,38%; lignina 6,29%; cinzas 5,76%; Ca 0,33 g kg⁻¹; Mg 0,17 g kg⁻¹; P 0,06 g kg⁻¹; K 1,20 g kg⁻¹ e digestibilidade *in vitro* da matéria seca 42,96% (PEREIRA *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2004).

2.2. *Stylosanthes* spp

As plantas do gênero *Stylosanthes* são popularmente conhecidas como estilosantes as quais pertencem à família das *Fabaceas*. Os estilosantes possuem ampla distribuição no Brasil, ocorrendo nas Regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste (BRANDÃO; COSTA, 1979; COSTA; VALLS, 2016). A cultura do *Stylosanthes* é adaptada a solos ácidos e de baixa fertilidade natural, o que veio a promover sua larga ocorrência no bioma cerrado, responde à adubação e possui elevada aceitação por bovino, caprinos e equídeos (ALMEIDA *et al.*, 2003; PEREIRA FILHO *et al.*, 2013). O *Stylosanthes* é utilizado como pastagem, no melhoramento do solo através fixação biológica de nitrogênio, regeneração de solos degradados, promoção e conservação do solo e água (SANTOS-GARCIA *et al.*, 2010; TEODORO *et al.*, 2011; CHAKRABORTY, 2004; SILVA *et al.*, 2013).

As espécies pertencentes ao gênero *Stylosanthes* são herbáceas, com folhas trifolioladas, estípulas bidentadas com bainhas amplexicaules, inflorescências espiciformes com flores amarelas, frutos do tipo lomento, com um ou dois artículos com estiletos residuais (FERREIRA; COSTA, 1979; MEDEIROS; FLORES, 2014). De um modo geral o gênero *Stylosanthes* apresenta teores médios de proteína bruta igual a 22%, fibras em detergente neutro de 55%, fibras em detergente ácido de 32%, lignina em detergente ácido 6,89%, cinzas 7,45%, taninos totais 1,88% (MOURA, 2010; GODOY, 2007).

No Brasil atualmente as espécies *S. guianensis*, *S. capitata* e *S. macrocephala* apresentam potencial de uso originando as cultivares Mineirão e Campo Grande. A cultivar Mineirão (*S. guianensis*) é perene de crescimento semi-ereto, altura de até 2,5 m e tolerante a antracnose (SILVA; ZIMMER, 2004; EMBRAPA, 1993). A cultivar Campo Grande, mistura física de sementes com 80% da espécie *S. capitata* e 20% *S. macrocephala*, largamente utilizada em consórcio com *U. decumbens*, *U. brizantha* e *Andropogon gayanus* (SANTOS-GARCIA *et al.*, 2012; ALMEIDA *et al.*, 2003; MOURA, 2010).

2.3 Cultivo simultâneo entre braquiária e estilosantes

A consorciação de culturas, plantio simultâneo na mesma área de duas ou mais espécies, é uma prática comum nas regiões tropicais e vêm se destacando pelas vantagens que coadjuvaram na sua adaptação ecológica (BEZERRA *et al.*, 2007). A utilização de cultivo simultâneo possibilita melhor eficiência dos recursos disponíveis de água, nutrientes e luz em relação ao cultivo isolado. O cultivo simultâneo que envolve braquiária e estilosantes

possibilita uma manutenção da cobertura do solo, acúmulo de matéria orgânica e reciclagem de nutrientes, de forma mais eficiente, promovendo a preservação do solo e maior retorno econômico ao produtor rural (NOLLA *et al.*, 2009).

O cultivo simultâneo entre braquiária e estilosantes destaca-se pela competência de fixar biologicamente N_2 e pela estreita relação C/N, o que contribui para uma mais rápida mineralização dos nutrientes presentes em seus resíduos culturais (ROSSI *et al.*, 2008). A capacidade de fixação de N por algumas espécies de *Fabaceae* situa-se, entre 70 a 140 kg ha⁻¹ ano⁻¹, dos quais entre 15% a 20% são transferidos para as *Fabaceae* associadas, principalmente através da reciclagem dos resíduos vegetais (RIBEIRO *et al.*, 2007).

As *Fabaceae* associadas às *Poaceae* podem elevar diretamente a produtividade animal ao aumentar o teor protéico da dieta (RIBEIRO *et al.*, 2007). As *Fabaceae* têm apresentado maior tolerância à seca, logo quando consorciadas a *Poaceae*, permitem a manutenção de folhas verdes durante parte da estação seca, melhorando a distribuição sazonal da forragem (BARCELLOS, 2008).

O Brasil apresenta potencial no uso do consórcio ente *Fabaceae* e *Poaceae* para elevar os baixos índices zootécnicos proporcionados pelas pastagens de baixa qualidade e na recuperação de pastagens degradadas. A baixa eficiência da pecuária brasileira ocorre em função das pastagens, pois predomina manejo inadequado das diferentes espécies, baixa fertilidade do solo, susceptibilidade a pragas e à falta de adubação de reposição (AROEIRA *et al.*, 2005).

O manejo inadequado de pastagem pode levar ao processo evolutivo de perda de vigor, de produtividade, de capacidade de recuperação natural ao pastejo, de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e espécies invasoras, culminando com a degradação avançada dos recursos naturais (ROSA *et al.*, 2007). Estudos demonstram os benéficos do consórcio entre *Fabaceae* e *Poaceae* em pastagens degradadas que possibilitaram a elevação da produção e qualidade da pastagem em relação ao cultivo isolado assim como a indução ao consumo de pastagens e conservação do solo (ALBUQUERQUE *et al.*, 2013; OLIVO *et al.*, 2013; SKONIESKI *et al.*, 2011).

Um fator que pode inviabilizar o sucesso do cultivo simultâneo é a interação entre as plantas cultivadas através de competição interespecífica. Pois segundo Rosa *et al.* (2007) afirmam que a ocorrência de competição por inibição mútua e compensação é um fator relevante no estabelecimento do cultivo simultâneo.

2.4 Fungos micorrízicos arbusculares

Os FMA promovem relação simbiótica, predominantemente de caráter mutualista, entre aproximadamente 80% das plantas superiores e fungos do filo *Glomeromycota* promove benefícios às plantas como a aquisição de nutrientes de baixa mobilidade no solo e aumento de tolerância a estresses bióticos e abióticos. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) possuem importante participação na sustentabilidade, diversidade e produtividade dos ecossistemas além da definição do padrão de sucessão de uma comunidade vegetal e podem influenciar na relação de competição entre plantas (JEFFRIES *et al.*, 2003; BAUER *et al.*, 2012; SHARMAH e JHA, 2014).

A associação simbiótica entre plantas e FMA ocorre nas raízes das plantas colonizadas pelos fungos, no qual origina arbúsculos que se ramificam no tecido radicular para facilitar as trocas entre o hospedeiro e o micro-simbionte (OLIVEIRA e ALEXANDRE, 2013). A simbiose promove integração morfológica, fisiológica, bioquímica e funcional, decorrência da evolução conjunta dos genomas do hospedeiro e do FMA, havendo uma dependência essencial do fungo pela planta denominada de biotrofismo obrigatório (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Os benefícios no crescimento das plantas proporcionado pelos FMA podem ser relacionados à ação biofertilizadora e biorreguladora sobre o hospedeiro, através do mecanismo de maior absorção e utilização de nutrientes do solo (MALUSÁ *et al.*, 2012), maior acesso aos nutrientes pouco móveis no solo (CARDOSO *et al.*, 2010), produção e acúmulo de substâncias reguladoras de crescimento (GARCÍA-GARRIDO *et al.*, 2002) e alterações bioquímicas e fisiológicas nas plantas micorrizadas (RAMOS *et al.*, 2009).

A promoção da aquisição de nutrientes pelas plantas micorrizadas pode ocorrer em função de um maior volume de solo explorado pelas hifas extra-radulares, taxas de influxo de nutrientes maior em relação às raízes, produção de enzimas como a fosfatase e absorção de formas de P não disponíveis as plantas pelas hifas extra-radulares (BAGO, 2000; GARG e CHANDEL, 2010). Plantas associadas a fungos micorrízicos arbusculares podem apresentar tolerância a estresses abióticos como solos salinos, déficit hídrico moderado e metais pesados em nível de contaminante (FOLLI-PEREIRA *et al.*, 2012).

Os fungos associados às plantas promovem mecanismos para tolerar os estresses abióticos no hospedeiro como aumento da absorção de água, alteração dos níveis hormonais, mudanças na condutância estomática, aumento da turgescência foliar e redução do potencial

osmótico (PENG *et al.*, 2011; ASRAR *et al.*, 2012; WU *et al.*, 2011; PORCEL *et al.*, 2012). Outro mecanismo de proteção da planta hospedeira pelos FMA ocorre em ambientes contaminados por metais, pois os FMA podem alterar a concentração de metais em plantas pela imobilização nos componentes da parede celular de hifas intra ou extra-radiculares e quelação do metal por compostos secretados (FOLLI-PEREIRA *et al.*, 2012).

O nível de fertilidade do solo é o fator que mais afeta a relação simbiótica FMA hospedeiro. Nas condições de baixa de fertilidade (principalmente em relação ao fósforo) os FMA demonstram elevadas taxas de colonização micorrízicas e benefícios ao hospedeiro associado (CARDOSO *et al.*, 2010).

Além do nível de fertilidade, fatores como condição biológica, teor de matéria orgânica, valor de pH e hospedeiro podem afetar a relação de especificidade e o caráter da simbiose passando de mutualista para parasítica sobre o hospedeiro. A biota do solo tem interferência na eficiência da simbiose pela ação antagônica sobre os FMA, atuando como patógenos, predadores, competidores por substâncias fotoassimiladas e excreção de substâncias alelopáticas.

As características funcionais proporcionadas às plantas colonizadas por FMA determinam a composição da comunidade estabelecida em uma pastagem (MARIOTTE *et al.*, 2013). Assim como a presença, abundância e composição de FMA são fortemente relacionadas com a composição da comunidade vegetal (BÖRSTLER *et al.*, 2006).

A interação espécies vegetais dentro de uma comunidade pode ser mediada por FMA através de dois mecanismos: i) espécies de uma comunidade vegetal apresentam dependência micorrízicas distintas, em que o hospedeiro com maior dependência é mais favorecido quando a simbiose é predominantemente mutualista (URCELAY; DIAZ, 2003) ii) quando a simbiose é predominantemente parasítica uma espécie vegetal é mais afetada negativamente, logo beneficiando a outra espécie na competição (MARIOTTE *et al.*, 2013).

2.5 O fósforo como nutriente de plantas

A dinâmica do fósforo no solo está associada a fatores ambientais que controlam a atividade dos micro-organismos os quais imobilizam ou mineralizam íons fosfato, ou seja, íons resultantes da desprotonação do ácido ortofosfórico e principalmente as propriedades físico-químicas e mineralógicas do solo (CARNEIRO *et al.*, 2009). Em solos tropicais encontra-se pouca disponibilidade de fósforo devido às interações com a caulinita, óxidos de alumínio e ferro, em solos ácidos, e com Ca em solos alcalinos.

As culturas com grandes taxas de crescimento normalmente necessitam de elevadas aplicações de fertilizantes fosfatados para obtenção de adequadas produtividades. Mesmo com teor total de fósforo no solo variando de 20 a 50 mg kg⁻¹ (LOPES; GUILHERME, 2007), apenas uma pequena quantidade está na forma disponível às plantas. O fósforo pode ser considerado o nutriente regulador da produção agrícola em solos tropicais.

A reciclagem do fósforo no solo tem estreita relação com os ciclos dos outros elementos via matéria orgânica. O fósforo é o segundo nutriente essencial de plantas mais abundante na matéria orgânica (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). No entanto a liberação de fósforo orgânico depende da taxa de mineralização da matéria orgânica e esta da atividade microbiana.

O fósforo encontra-se presente em diversos processos metabólicos, como ativação e desativação de enzimas, reações de redox, transformações de energia, fixação biológica do nitrogênio, síntese de ácidos nucleicos, glicose, respiração, síntese e estabilidade de membrana (ARAÚJO; MACHADO, 2006). Quando em deficiência de fósforo a planta desencadeia acentuada redução no crescimento advinda de alterações no metabolismo primário e acumulação de metabólitos secundários, como flavonóides e indol-alcalóides (VANCE *et al.*, 2001).

Em ambientes onde o suprimento de fósforo é limitante, algumas plantas desenvolveram mecanismos que permitem maior aquisição do nutriente, tais como: maior crescimento radicular, maior proliferação de pelos radiculares e associação com fungos micorrízicos arbusculares (ARAÚJO; MACHADO, 2006).

A disponibilidade de fósforo no solo constitui o mais importante fator edáfico que afeta os FMA, pois ao mesmo tempo em que a maior absorção deste elemento é o principal mecanismo de resposta das plantas a micorrização, ele exerce um efeito controlador sobre o grau de colonização micorrízicas das raízes pelo fungo. Em condições sub-ótimas de fósforo, a predominância de taxas de colonização elevadas e benéficas nas plantas micorrizadas. Por outro lado, em condições de níveis extremos de fósforo no meio, a micorrização pode provocar redução no crescimento, conferindo a simbiose natureza parasítica.

2.6 Nitrogênio como nutriente de plantas

O nitrogênio é um dos nutrientes essenciais requerido em maior quantidade ao crescimento e desenvolvimento vegetal. A elevada demanda por nitrogênio pela planta se deve ao seu papel como elemento constituinte de proteínas, ácidos nucleicos e hormônios

(WERF *et al.*, 1993; SELIGMAN *et al.*, 1975; RU *et al.*, 2013). Em deficiência de nitrogênio a planta predominantemente externa clorose pela diminuição de síntese de clorofila e crescimento reduzido relacionado pela baixa formação de proteínas e hormônios de crescimento (GLOSER *et al.*, 2009; WINTER, *et al.*, 2010).

Dentre os nutrientes essenciais o nitrogênio é o mais dinâmico no solo sendo facilmente mineralizado, imobilizado, volatilizado ou lixiviado. A determinação do processo de transformação sofrido pelo nitrogênio é influenciada pelas condições climáticas, principalmente temperatura e precipitação pluviométrica, características do solo quanto à física, química e biológica além do manejo e sistema adotado na condução da cultura (SILVA *et al.*, 2011; VILELA; MENDONÇA, 2013).

A predominância do nitrogênio presente no solo está associada à matéria orgânica. Em regiões tropicais ocorre, em maioria solos com baixo teor de N, solos com baixos teores de matéria orgânica ou baixa taxa de mineralização de nitrogênio desta forma não atendendo naturalmente a necessidade nutricional das plantas cultivadas.

Cerca de 50% a 80% do nitrogênio aplicado em agroecossistemas via fertilizantes é utilizado pelas plantas (MELLO *et al.*, 2008). A variação da eficiência de uso do nitrogênio aplicado ocorre em função da fonte de nitrogênio, fracionamento da adubação, potencial de resposta da planta e condições edafoclimáticas (SILVA *et al.*, 2012).

A fonte natural de nitrogênio via material mineral é restrito ao Salitre do Chile, porém o fornecimento de nitrogênio pode ocorrer através de processo de fixação industrial. Outra forma de fornecimento de nitrogênio as plantas, tende a ser por meio da fixação biológica de nitrogênio mediado por bactérias diazotróficas. A interação entre planta e bactérias diazotróficas pode ocorrer por meio de bactérias diazotróficas simbióticas, associativas e endofíticas.

As bactérias diazotróficas associativas caracterizam-se pela ausência de estruturas diferenciadas no hospedeiro no processo de fixação de nitrogênio. As diazotróficas associativas são bactérias endolíticas, facultativas ou obrigatórias, adaptadas a colonizar os tecidos internos dos hospedeiros e neles se perpetuarem sem causar nenhum sintoma de patogenicidade. Além da fixação de nitrogênio ocorrem benefícios adicionais nas plantas colonizadas como produção de substâncias promotoras de crescimento, resistência a fitopatógenos (DARDANELLI *et al.*, 2011).

Nas bactérias diazotróficas simbióticas ocorrem formação de estruturas diferenciadas no processo de fixação de nitrogênio, denominado nódulo. O processo de

nodulação é iniciado pela liberação de compostos químicos nas células radiculares. Os compostos secretados são responsáveis para reconhecimento do hospedeiro pela micro-simbionte permitindo adesão no pelo radicular e posteriormente modificando em nódulos (RYU *et al.*, 2012).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos em casa-de-vegetação, 50% de luminosidade, no município de Teresina, PI na qual o clima é do tipo Aw', de acordo com a classificação de Köppen, e situa-se nas seguintes coordenadas geográficas -05° 05' 21"S, -42° 48' 07"O, com altitude média de 72 m (Figura 1).

Figura 1: Casa-de-vegetação e vasos duplos para implantação dos experimentos no interior da casa de vegetação na localidade Nova Olinda em Teresina-PI, 2016.



Fonte: autor

O solo utilizado como substrato foi classificado de acordo com os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solo EMBRAPA (2013) como NEOSSOLO QUARTIZARENICO sendo coletado em área de vegetação secundária no Município de Teresina-PI (Figura 2).

Figura 2: Local da coleta do solo e condução dos experimentos, na localidade Nova Olinda em Teresina-PI, 2016.



Fonte: adaptado GOOGLE MAPS

O solo utilizado como substrato foi retirado da camada 0- 0,40 m de um NEOSSOLO QUARTZARÊNICO peneirado em malha de 2 mm de diâmetro de abertura. Uma amostra do solo, 500 g, foi coletada para análise das características químicas e granulométrica no Laboratório do Departamento de Ciências do solo na Universidade Federal do Ceará (Tabela 1).

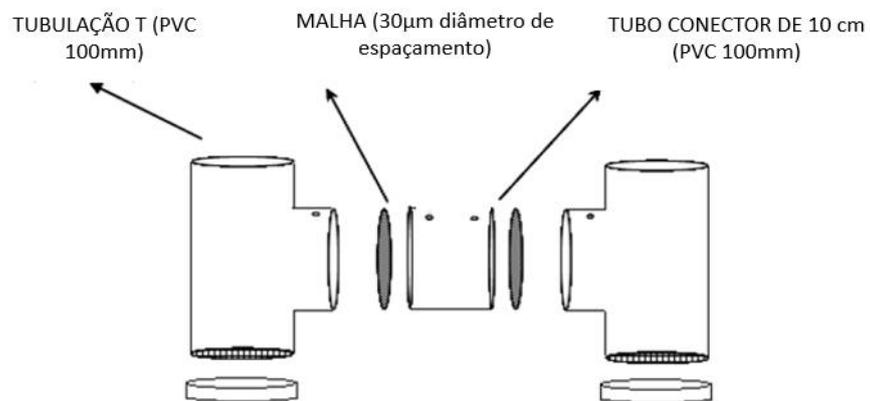
Tabela 1: Características químicas e granulométricas do NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, camada 0-0,40 m utilizado nos experimentos, coletado na localidade Nova Olinda em Teresina-PI, 2016.

Ph	Ca ²⁺	Mg ³⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	T	V	M
cmol _c Kg ⁻¹								%	
5,3	1,2	0,8	0,05	0,13	2,05	2,18	4,23	51,5	18,91
C	N	MO	C/N	P	Areia	Silte	Argila	Classificação textual	
g kg ⁻¹			mg Kg ⁻¹		%				
4,53	0,44	7,81	10,3	5	843	99	89	Areia franca	

SB= soma de bases, T= capacidade de troca de cátions potencial, V= saturação por bases e m= saturação por alumínio.

A configuração do sistema em vasos duplos foi idealizada por Tavares (2011) e adaptada para este trabalho. A estrutura é composta por duas tubulações de PVC tipo T de 100 mm de diâmetro, interligadas por um tubo de PVC (100 mm de Ø) com 10 cm de comprimento. Figura 3. Orifícios para realizar a irrigação de 0,5 cm de diâmetro foram perfurados na parte superior da conexão horizontal.

Figura 3: Ilustração do vaso duplo



Fonte: (FREITAS, 2013)

3.2 Tratamentos e condução dos experimentos

3.2.1 Experimento I

O experimento I consistiu de plantas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* consorciadas em vasos duplos, inoculadas com FMA sob níveis de nitrogênio em substrato de um NEOSSOLO QUARTIZARENICO. O experimento obedeceu a um delineamento estatístico em blocos ao acaso, em esquema de fatorial (2x4), com 4 repetições, sendo os fatores: dois tratamentos com FMA em substrato natural (inoculado com *mix* de isolados e substrato sem inoculação) e quatro níveis de N (0; 75; 150 e 300 mg dm⁻³), que foram aplicados em duas parcelas iguais (durante a semeadura e 30 dias após) utilizando de ureia, segundo recomendação de Cantarutti *et al.* (1999).

A adubação do substrato ocorreu com 105 mg dm⁻³ de fósforo (superfosfato simples) e 90 mg dm⁻³ de potássio (cloreto de potássio) por ocasião da semeadura (CANTARUTTI *et al.*, 1999).

3.2.2 Experimento II

O experimento II consistiu de plantas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* consorciadas em vasos duplos conectados, inoculadas com FMA sob níveis de fósforo em substrato de um NEOSSOLO QUARTIZARENICO. O experimento obedeceu a um delineamento estatístico em blocos ao acaso, em esquema de fatorial (2x4), com 4 repetições, sendo os fatores: dois tratamentos com FMA em substrato natural (inoculado com *mix* de isolados e substrato sem inoculação) e quatro níveis de P (0, 120, 240 e 480 mg dm⁻³), que foi aplicado por ocasião da semeadura utilizando superfosfato simples segundo recomendação de Cantarutti *et al.* (1999).

A adubação do substrato ocorreu com 90 mg dm⁻³ de potássio (cloreto de potássio), por ocasião da semeadura, a nitrogenada foi parcelada em duas etapas a primeira na semeadura (50 mg dm⁻³) e a segunda 30 dias após a semeadura (100 mg dm⁻³), segundo Cantarutti *et al.* (1999). Com relação aos micronutrientes foram aplicados 1,08 mg dm⁻³ de B, 0,48 mg dm⁻³ de Cu, 1,8 mg dm⁻³ de Fe, 1,2 mg dm⁻³ de Mn, 0,06 mg dm⁻³ de Mo e 5,4 mg dm⁻³ de Zn tendo fonte “*Fritted Trace Elements*” formulação FTE 12, na semeadura.

3.3 Tratamentos das sementes, semeadura e inoculação com FMA

A semeadura ocorreu com *Urochloa decumbens* em cultivo simultâneo com *Stylosanthes capitata* em vasos duplos com volume de 3 dm³ cada vaso. As sementes de ambas as plantas foram padronizadas quanto ao tamanho, coloração, densidade e desinfestadas em solução a 5% de hipoclorito de sódio por 20 minutos (COUTO *et al.*, 2004).

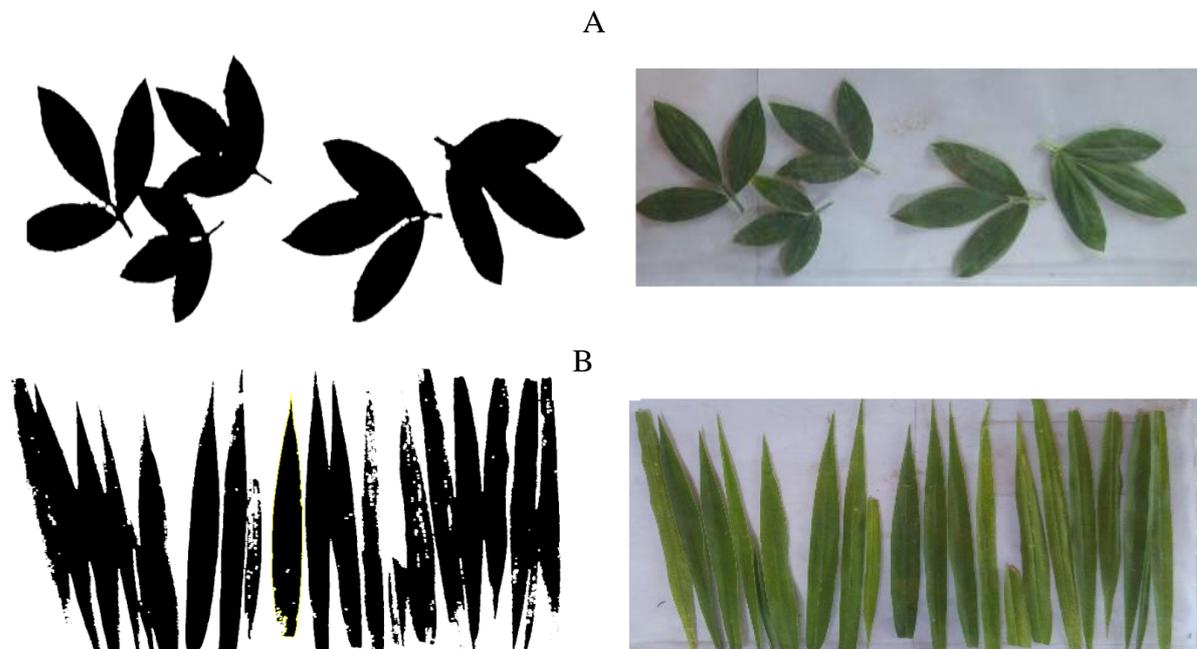
A semeadura ocorreu em cada lado do vaso conectado utilizando-se 8 sementes de *Urochloa decumbens* em uma lateral e 6 sementes de *Stylosanthes capitata* na outra. Aos 15 dias após a germinação procedeu-se o desbaste deixando-se 4 plantas de *U. decumbens* e 3 plantas de *Stylosanthes capitata* por vaso. Durante a semeadura nível de umidade do solo nos vasos foi de 80% de saturação relativa à porosidade total, sendo mantido durante toda a condução do experimento (KIEHL, 1979).

O inóculo de FMA foi composto por um *mix* de *Gigaspora margarita* e *Acaulospora mellea* oriundos do banco de FMA da coleção internacional de cultura do *Glomeromycota* da Universidade Regional de Blumenau. A inoculação do *mix* ocorreu na semeadura 0,04 m de profundidade, em relação as sementes, com 15 mL de inoculantes contendo glomerosporos, raízes colonizadas e fragmentos de hifas dos fungos do *mix* de *Gigaspora margarita* e *Acaulospora mellea*.

3.4 Parâmetros morfológicos avaliados

Aos 60 dias após a semeadura as plantas foram avaliadas quanto aos parâmetros morfológicos: i) altura de planta: mensurada da superfície do substrato à inserção da última folha, com auxílio de régua milimétrica; ii) número de folhas: por meio de contagem direta e iii) área foliar: mensuradas através de *software* “imageJ k 1.45” (Figura 4) e iv) massa seca: determinada em estufa de circulação de ar forçada regulada a uma temperatura de 65°C até peso constante das amostras v) número de nódulos das bactérias fixadoras de nitrogênio em raízes de *Stylosanthes capitata*, por meio de contagem direta.

Figura 4: Imagens binárias de plantas de *Stylosanthes capitata* (A) e de *Urochloa decumbens* (B) utilizadas na determinação da área foliar através de *software* “imageJ k 1.45



3.5. Determinação da colonização micorrízica

O sistema radicular destinado a avaliação micorrízica foi coletada e armazenada em álcool 70% mantida em refrigeração até o momento da análise. Para avaliação do percentual de colonização micorrízicas nas raízes realizou-se o clareamento do córtex radicular e posterior coloração segundo a metodologia Phillips e Hayman, (1970), que consistiu da aplicação de solução de KOH (10%) a 65 °C em banho-maria por 40 min que,

após isso, foram enxaguadas em água e, posteriormente clarificadas com H₂O₂ a 5%, finalizando com lavagens sucessivas em água corrente. Em seguida, foi realizada a acidificação das raízes com ácido acético a 5 %, corando-as, posteriormente, com tinta de caneta azul a 5 % (VIERHEILIG *et al.* 1998). Para a análise final das radículas procedeu-se a montagem das lâminas, 10 fragmentos de raízes coradas de 1 cm de comprimento foram colocados em cada lâmina e coberta por lactoglicerol e lamínula. Para a quantificação da taxa de colonização micorrízica procedeu-se a observação sob a microscopia de campo claro (Bioval L-2000A) dos segmentos de raízes contendo as estruturas fúngicas típicas de FMA na região do córtex radicular, tendo a estimativa do percentual de colonização sido realizado de acordo com Giovannetti; Mosse (1980).

3.6. Determinação da densidade de glomerosporos

Para extração dos glomerosporos foram utilizados 50mL do solo, coletado no entorno das raízes, que passou por peneiramento em meio úmido em conjunto de peneiras com tela de malhas de espaçamento de 0,42mm sobre a peneira de 0,053 mm (GERDEMANN & NICOLSON 1963). Em seguida ocorreu centrifugação em água, 3 minutos a 3000 rpm, em seguida com sacarose em 50%, por 2 minutos a 2000 rpm (Jenkins 1964), e contagem dos glomerosporos realizada em placas canaletada, sob estereomicroscópio (40x).

3.7 Determinações dos teores dos macronutrientes

Os procedimentos para determinação dos nutrientes ocorreram segundo Malavolta *et al.* (1997). Amostras da parte aérea secas em estufa com circulação forçada de ar, temperatura de 65 °C, durante aproximadamente 5 dias, até permanecerem com massa constante. Após a obtenção da massa seca em balança analítica, as amostras foram moídas em moinho do tipo Willey, com facas e câmara de aço inoxidável e com peneiras de 1 mm de diâmetro (20-40mesh).

A determinação dos macronutrientes N P, K, Mg e Ca ocorreram com solução nítrico-perclórica e N com solução sulfúrica. A determinação de P ocorreu via colorimetria, K fotometria, Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica e N pelo método semimicro Kjeldahl adaptando por Bremner e Mulvaney (1982) e descrito por Malavolta *et al.* (1997).

3.8 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, pelo teste “F”, para diagnóstico de efeito significativo ($P < 0,05$). As médias do fator tratamento micorrízicos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) utilizando o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 (SILVA, 2016). Os níveis de N foram submetidos à análise quantitativa de regressão polinomial ($P < 0,05$) e, posteriormente, construídas as curvas de tendências.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento I

4.1.1 Crescimento de plantas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* em cultivo simultâneo e inoculadas com FMA sob níveis de adubação nitrogenada

As plantas de *Urochloa decumbens* inoculadas com FMA apresentaram efeitos significativos ($P \leq 0,05$) nos parâmetros altura de planta, número de folhas, área foliar e massa seca (Tabela 2). A inoculação com FMA gerou em plantas de *Urochloa decumbens* médias superiores na altura de planta (9%), área foliar (60,59%) e massa seca (23,84%), porém no número de folhas nas plantas inoculadas apresentou média inferior a 31,5%.

Tabela 2: Níveis de significância dos parâmetros de crescimento de *Urochloa decumbens* e *S. capitata* em cultivo simultâneo sem e com inoculação do *mix* de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.

<i>Urochloa decumbens</i>				
FV	Altura de planta	Número de folhas	Área foliar	Massa seca
I	9.26 **	24.18 **	6.02 *	14.40 **
N	4.86 **	26.40 **	15.34 **	53.43 **
I x N	19.04 **	3.53 *	0.53 ns	14.89 **
CV(%)	9.10	26.34	29.22	24.72
<i>Stylosanthes capitata</i>				
FV	Altura de planta	Número de folhas	Área foliar	Massa seca
I	1.72 ns	3.03 ns	1.82 ns	0.08 ns
N	3.30 *	4.79 **	10.86 **	4.79 *
I x N	2.93 *	1.28 ns	6.67 *	0.88 ns
CV (%)	21.85	26.83	16.12	27.00

FV= fonte de variação; I= Inoculação; N = Doses de nitrogênio; CV = coeficiente de variação; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade ns = não significativo.

A inoculação com FMA não promoveu efeito significativo ($P \leq 0,05$) sobre os parâmetros morfológicos em *Stylosanthes capitata*. Os níveis de adubação nitrogenada

influenciaram significativamente ($P \leq 0,05$) os parâmetros morfológicos e a massa seca das plantas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata*.

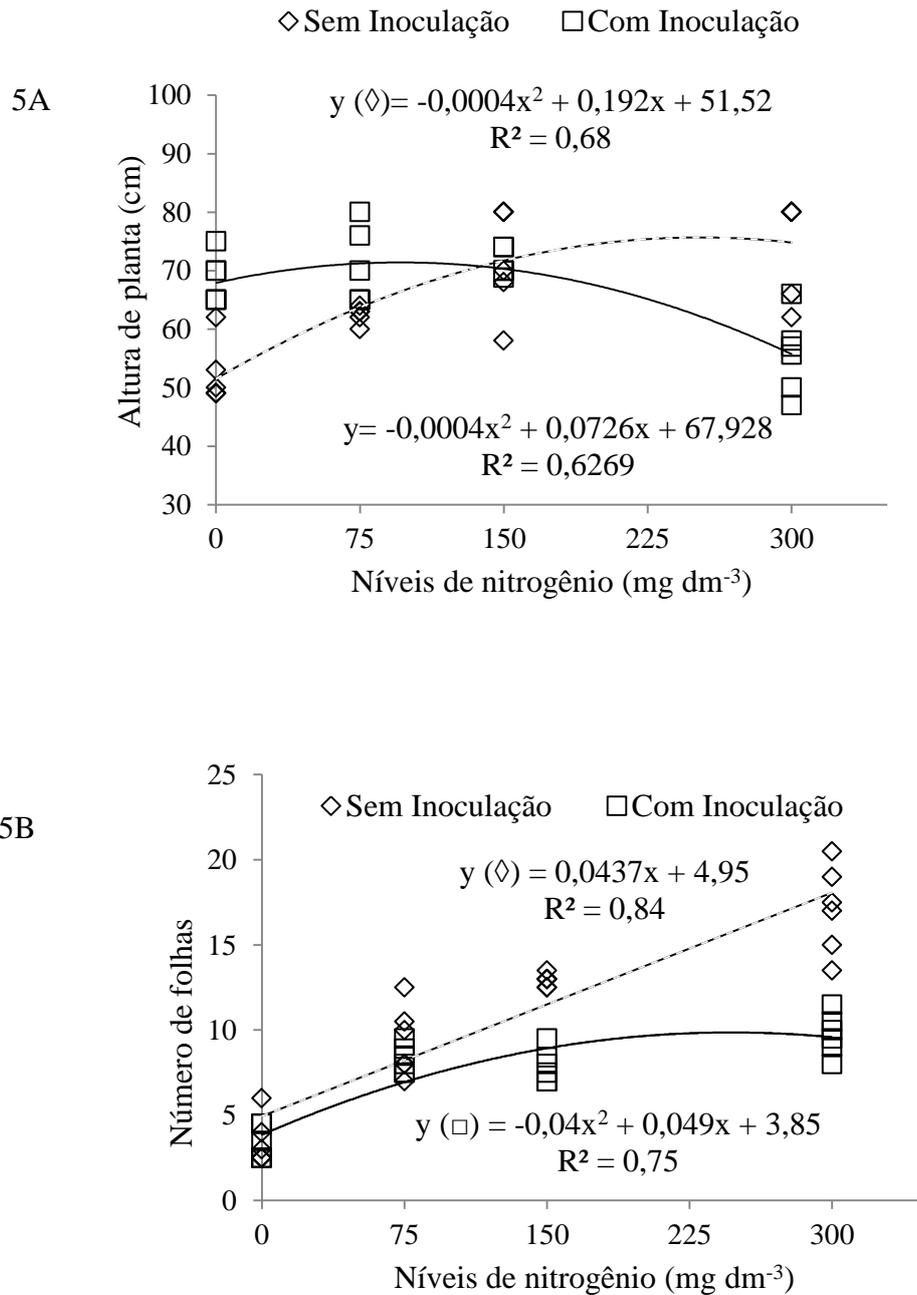
As plantas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* apresentaram divergências em relação as respostas da inoculação com FMA nos parâmetros morfológicos. Uma vez que as plantas de *Urochloa decumbens* podem ter sido beneficiadas pelo *mix* de *G. margarita* e *A. mellea*, pois tiveram incremento, na altura de plantas, área foliar e massa seca enquanto que as plantas de *Stylosanthes capitata* não foram beneficiadas pela inoculação com o *mix* de FMA, esta divergência no favorecimento das plantas pela inoculação pode estar relacionada às condições ambientais, características dos fungos e das plantas

Plantas de *Urochloa decumbens* apresentam respostas agrônômicas eficazes à inoculação de FMA segundo Cañizares *et al.* (2015) e favorece a ocorrência de FMA pela maior capacidade de fornecer fotossintatos aos isolados e pelo sistema radicular farto e de acelerado crescimento com bom contato entre raízes e propágulos. Os benefícios no crescimento das plantas proporcionado pelos FMA podem ser relacionados à ação biofertilizadora e biorreguladora sobre o hospedeiro, maior absorção e utilização de nutrientes, produção e acúmulo de substâncias reguladoras de crescimento e alterações bioquímicas e fisiológicas nas plantas micorrizadas (MALUSÁ *et al.*, 2012; GARCÍA-GARRIDO *et al.*, 2002; RAMOS *et al.*, 2009).

O *mix* de FMA mostrou-se promissor na promoção do crescimento e desenvolvimento aéreo das plantas de *Urochloa decumbens* mesmo em condição de solo não estéril, no qual ocorrem frequentemente organismos antagônicos ao FMA e competição entre FMA nativos e isolados inoculados. Um dos fatores que levam a ineficiência dos FMA na promoção do hospedeiro é a presença de FMA nativos com elevada densidade e a distribuição dos propágulos de fungos, velocidade de colonização das raízes e a capacidade de manter o nível de colonização em condição competitiva (CARNEIRO *et al.*, 2009; MIRANDA *et al.*, 2005).

A altura de planta de *Urochloa decumbens* sob níveis de nitrogênio ajustou-se ao modelo quadrático no qual os níveis estimados 90 e 240mg de nitrogênio por dm^{-3} de substrato promoveram os valores máximos de altura de planta de 77 e 74 cm nas plantas com inoculação e sem inoculação de FMA, respectivamente. O número de folhas em plantas sem inoculação de FMA sob níveis de nitrogênio ajusta-se ao modelo linear positivo, porém em plantas inoculadas com FMA o modelo adequado foi o quadrático com o máximo número de folhas (15 folhas) obtido com 240 mg de nitrogênio por dm^{-3} de substrato (Figura 5).

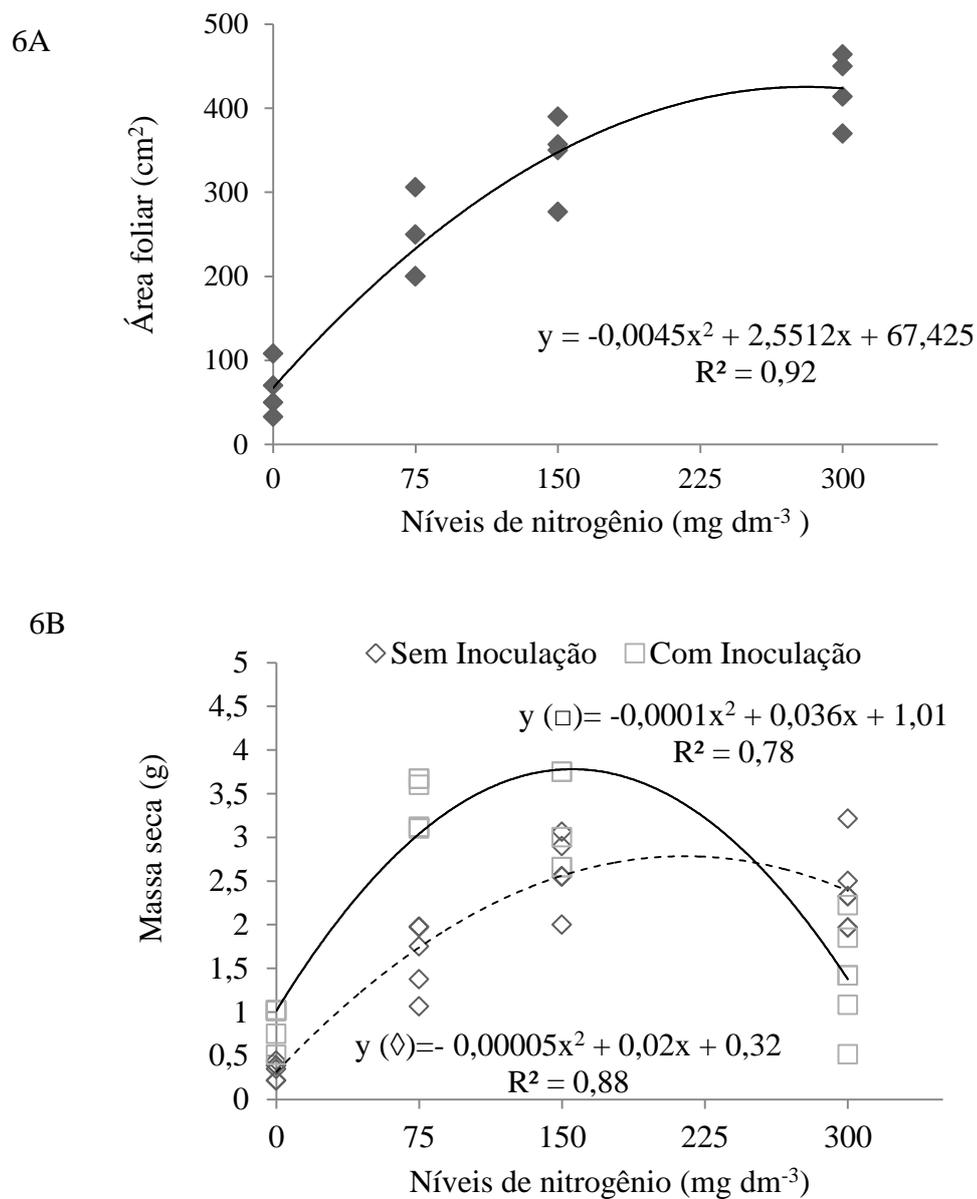
Figura 5: Altura de planta (5A) e número de folhas (5B) de plantas de *Urochloa decumbens* consorciada com *Stylosanthes capitata* sem e com inoculação do mix de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.



O valor máximo da área foliar (429 cm²) das plantas de *Urochloa decumbens* foi obtido com 283 mg dm⁻³ de N. Em plantas de *Urochloa decumbens* os níveis estimados 180 e

200 mg de nitrogênio por dm^{-3} de substrato promovem os valores máximos de massa seca 4,25 e 2,32 g das plantas com inoculação e sem inoculação de FMA respectivamente (Figura 6).

Figura 6: Área foliar (6A) e massa seca (6B) de plantas de *Urochloa decumbens* consorciada com *Stylosanthes capitata* sem e com inoculação do mix de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.



decumbens frente aos níveis de adubação nitrogenada mostram que a resposta positiva das plantas de *U. decumbens* ocorre até certo nível de nitrogênio a partir do qual ocorre decréscimo nos valores destes parâmetros devido aos níveis elevados de nitrogênio

As plantas de *Urochloa decumbens* inoculadas com FMA apresentaram maior eficiência da adubação nitrogenada para incrementar na massa seca. Pois, estima-se que com 10% a menos de nitrogênio, em plantas inoculadas, foi possível até produzir 45% a mais de massa seca.

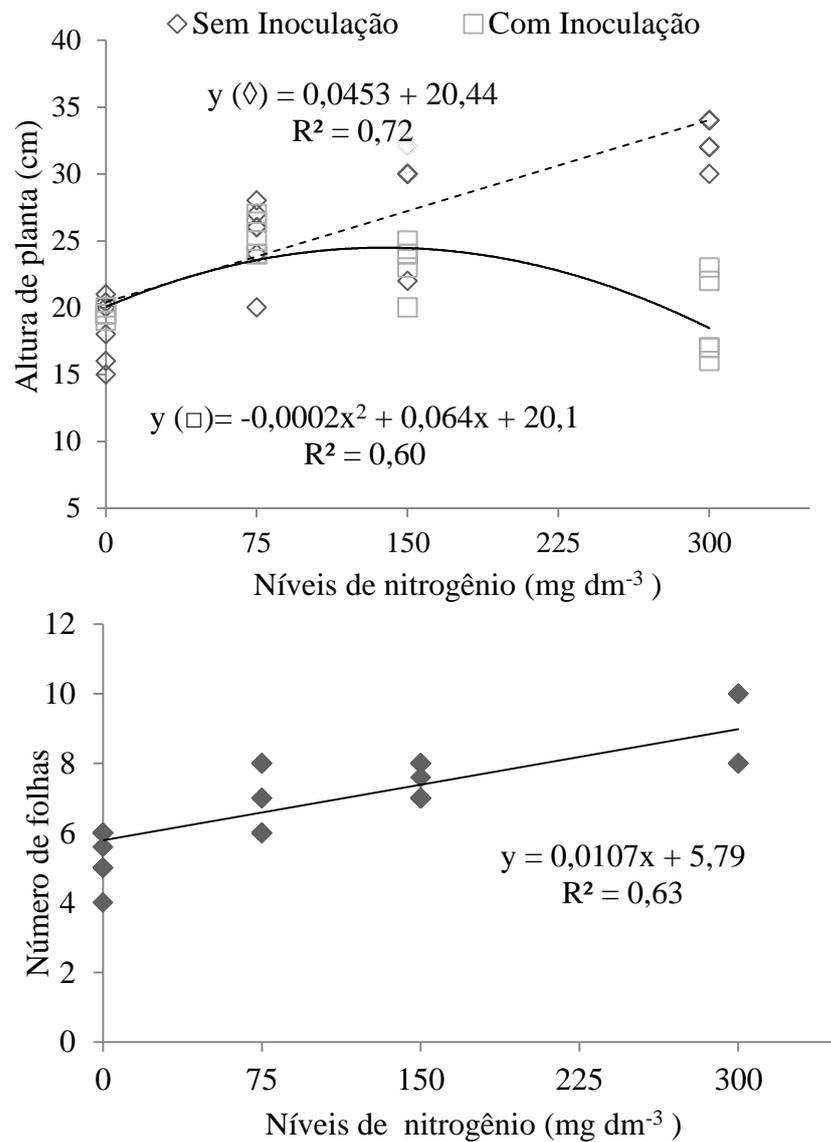
A eficiência do nitrogênio aplicado sobre o crescimento das plantas inoculadas com FMA pode ser relacionado à capacidade de absorção e transporte de íons de nitrogênio pelas hifas dos FMA e possibilidade de absorção de nitrogênio em formas não acessíveis pelo sistema radicular das plantas. Contudo a contribuição de nitrogênio pode variar com a compatibilidade funcional dos isolados fúngicos, níveis e formas de nitrogênio disponíveis. Neste estudo a fonte de N utilizada foi ureia que segundo Jin *et al.* (2005) é uma das fontes mais rapidamente absorvida pelo FMA o que possivelmente contribui para o benefício do FMA sobre o crescimento e a massa seca das plantas de *Urochloa decumbens*.

A maior eficiência do uso de nitrogênio na promoção da massa seca da parte aérea das plantas de *U. decumbens* segundo Berbara *et al.* (2006) pode ocorrer pelas características dos FMA que favorecem o hospedeiro como o aumento do volume do solo explorado pelas hifas, maiores taxas de influxo e pequenos diâmetros das hifas. Logo o favorecimento da absorção de nitrogênio possibilita incremento na massa seca, pois o nitrogênio é um nutriente estrutural sendo constituinte de proteínas, membranas e hormônios.

Em níveis acima de 250mg de nitrogênio por dm^3 de substrato, ocorreu redução na altura de plantas, número de folhas e massa seca de plantas de *Urochloa decumbens* inoculadas com FMA Tal comportamento concorda com Smith e Smith (2011) e Azcón *et al.* (2008) que afirmam que a eficiência dos FMA é reduzida sob níveis elevados de adubação nitrogenada.

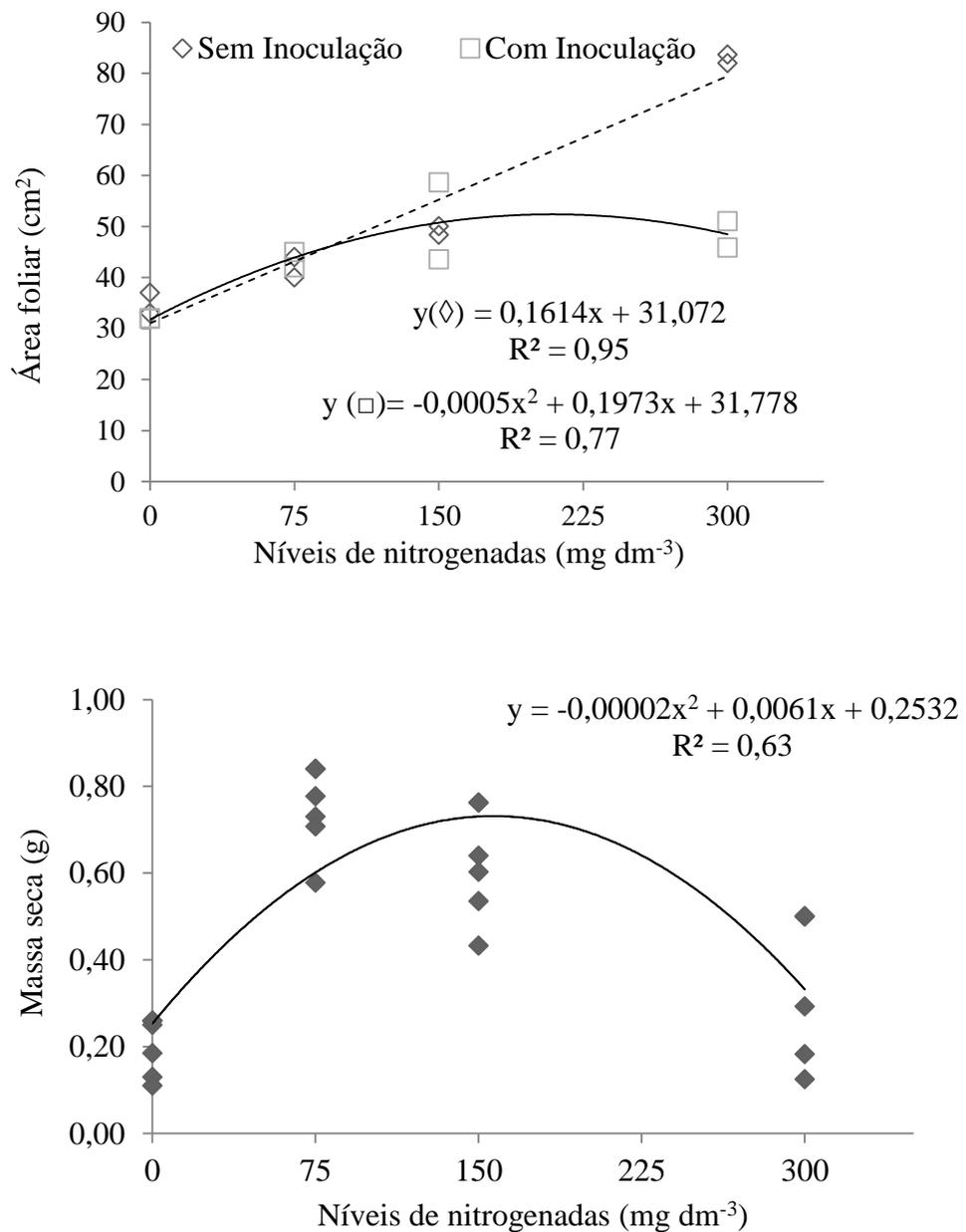
A altura de plantas de *Stylosanthes capitata* inoculadas com FMA sob níveis de nitrogênio ajustou-se ao modelo quadrático no qual o valor máximo da altura de planta (25 cm) foi obtido com 160 mg de nitrogênio por dm^3 de substrato, enquanto que a curva representativa da altura de plantas de *Stylosanthes capitata* sem inoculação ajustou-se ao modelo linear positivo, enquanto o número de folhas em plantas de *Stylosanthes capitata* sob níveis de nitrogênio ajusta-se ao modelo linear positivo (Figura 7).

Figura 7: Altura de plantas e número de folhas de *Stylosanthes capitata* consorciada com *Urochloa decumbens* sem e com inoculação do mix de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.



O parâmetro área foliar de plantas de *Stylosanthes capitata*, com inoculação, sob níveis de nitrogênio ajustou-se ao modelo quadrático em que 150 mg nitrogênio por dm³ de substrato promoveu o valor máximo de 51 cm², contudo o parâmetro em plantas sem inoculação de FMA ajustou-se ao modelo linear positivo. O valor de massa seca máximo (0,72g) em plantas de *Stylosanthes capitata* foi obtido pelo valor estimado de 150 mg de nitrogênio por dm³ de substrato (Figura 8).

Figura 8: Área foliar e massa seca de plantas de *Stylosanthes capitata* consorciada com *Urochloa decumbens* sem e com inoculação do mix de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.



Em níveis acima de 150 mg de nitrogênio por dm³ de substrato as plantas de *S. capitata* inoculadas com FMA tiveram redução na altura de planta e área foliar. Evidenciando que a redução do crescimento das plantas inoculadas com FMA em função do aumento dos níveis de N, pode sugerir uma interação negativa com efeito depressor ou até parasítico sobre as plantas hospedeiras. Mesmo em níveis adequados, o efeito inibitório de N, sobre a eficiência do FMA pode ocorrer em leguminosas consorciadas com gramíneas conforme os

autores Santos *et al.* (2002) demonstram em estudo com *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi*.

4.1.2 Teores de nutrientes em *U. decumbens* e *Stylosanthes capitata* consorciadas e inoculadas com FMA sob níveis de adubação nitrogenada

Os teores de N nas plantas de *Urochloa decumbens* inoculadas com FMA foram significativamente ($P < 0,05$) gerando incremento de 16% em relação às plantas sem inoculação. Enquanto que em plantas de *Stylosanthes capitata* inoculadas com FMA não apresentaram efeito significativo ($P < 0,05$) (Tabela 3). Logo não houve diferença na aquisição de nitrogênio entre plantas de *Stylosanthes capitata* inoculadas e não inoculadas com FMA no consorcio, fato que discorda de Trannin *et al.* (2000) e Carneiro *et al.* (2010) que afirmam que a planta é altamente dependente ao micotrofismo.

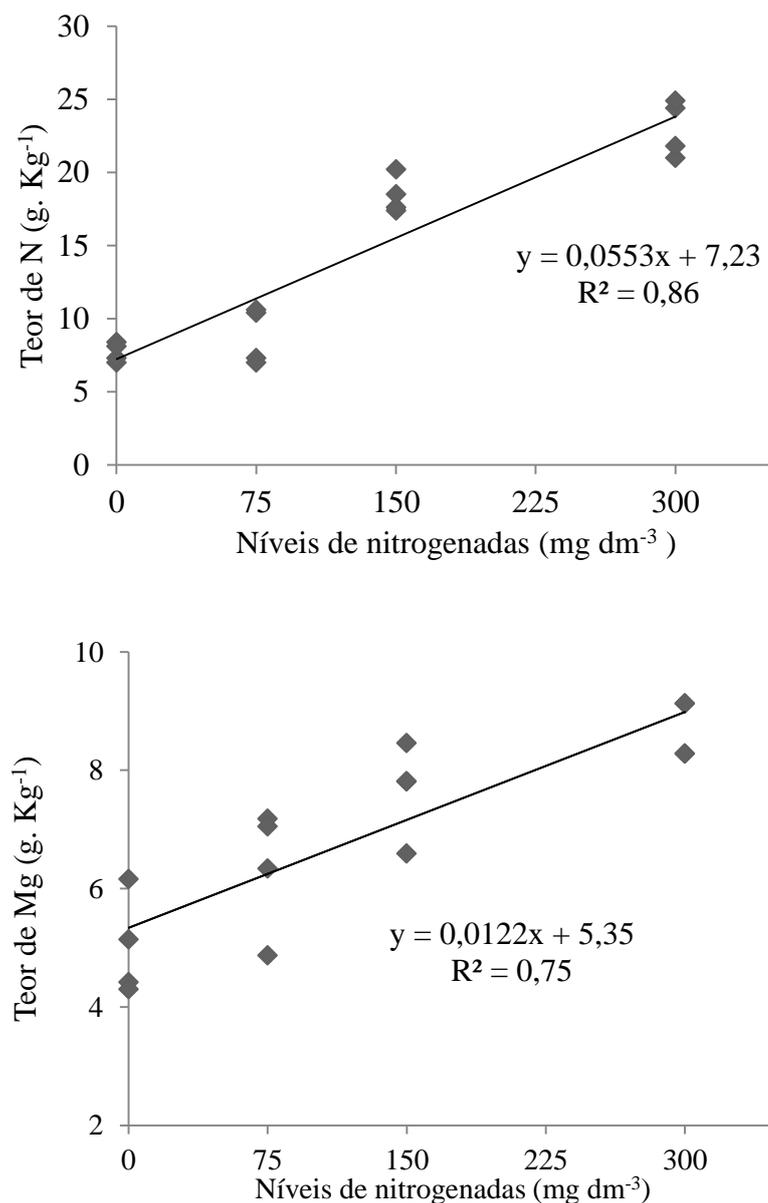
Tabela 3: Níveis de significância de teores de macronutriente em plantas consorciadas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* sem e com inoculação do *mix* de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.

<i>Urochloa decumbens</i>						
FV	N	P	K	Ca	Mg	S
I	6.55 *	1.57 ns	2.19 ns	1.26 ns	4.64 ns	4.72 ns
N	36.75 **	2.06 ns	1.57 ns	2.68 ns	36.92 **	0.93 ns
IxN	0.66 ns	0.31 ns	2.17 ns	0.63 ns	0.48 ns	1.32 ns
CV(%)	13.54	33.40	17.89	22.12	9.16	27.33
<i>Stylosanthes capitata</i>						
FV	N	P	K	Ca	Mg	S
I	0.24 ns	1.57 ns	3.77 ns	0.07 ns	4.6413 ns	4.7242 ns
N	6.92 *	2.06 ns	1.44 ns	2.14 ns	36.9289 **	0.9322 ns
IxN	0.99 ns	0.31 ns	0.46 ns	1.64 ns	0.4865 ns	1.3240 ns
CV(%)	18.56	33.40	18.92	35.64	9.16	27.33

FV= fonte de variação; I= Inoculação; N = Doses de nitrogênio; CV = coeficiente de variação; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade ns= não significativo.

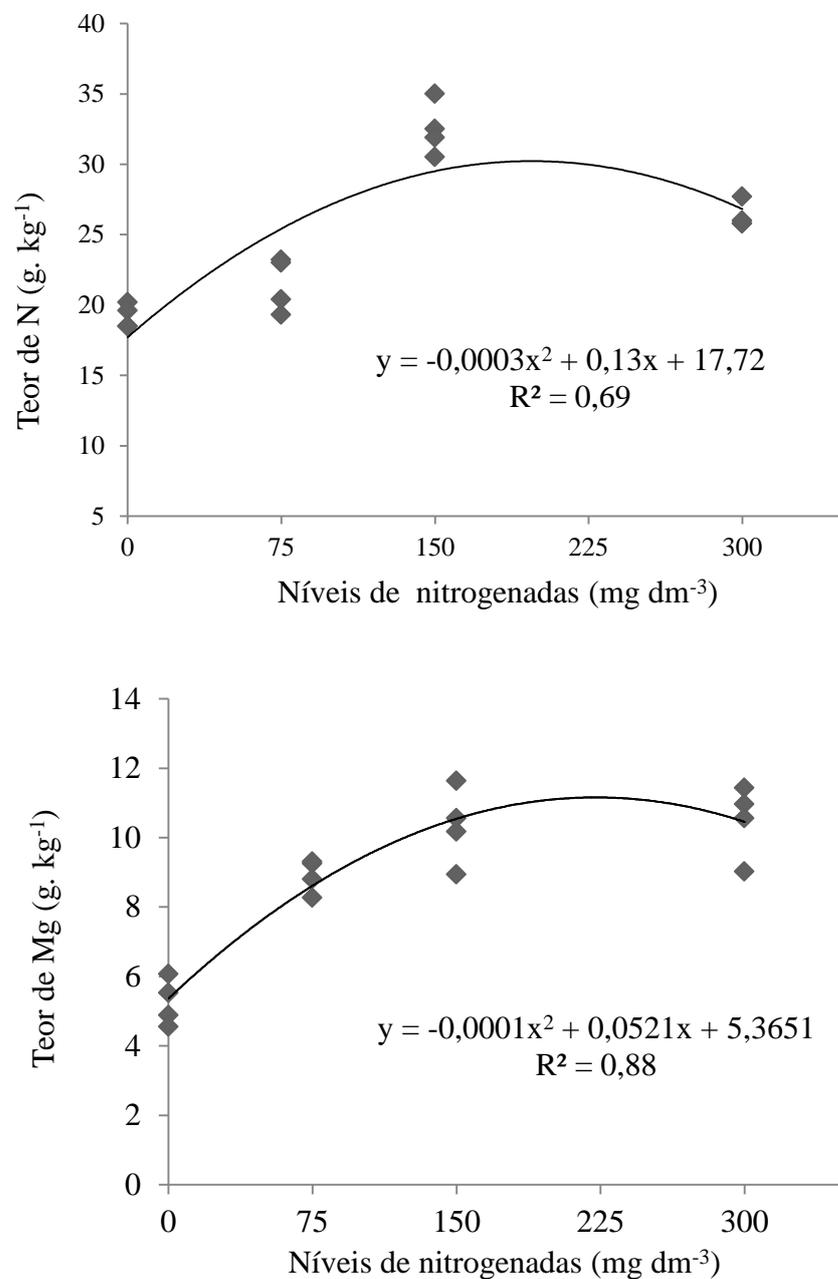
Os níveis de adubação nitrogenada influenciaram significativamente ($P < 0,05$) os teores de nitrogênio e magnésio nas das plantas consorciadas de *Urochloa decumbens* e *S. capitata*. Os teores dos nutrientes P, K, Ca e S não apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) nas plantas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* inoculas e não inoculadas com FMA nos diversos níveis de N. Os teores de nitrogênio e magnésio em plantas de *Urochloa decumbens* em função dos níveis de nitrogênio aplicado ajustaram-se ao modelo linear positivo (Figura 9).

Figura 9: Teores de N e Mg em plantas de *Urochloa decumbens* consorciada com *Stylosanthes capitata* sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.



Em plantas de *Stylosanthes capitata* os teores de nitrogênio e magnésio ajustam-se ao modelo quadrático no qual o valor máximo do teor de nitrogênio (31 g. Kg^{-1}) e magnésio (12 g. Kg^{-1}) foram obtidos pelo o nível de 216 e 260 mg, dm^{-3} de nitrogênio respectivamente (Figura 10).

Figura 10: Teores de N e Mg em plantas de *Stylosanthes capitata* consorciada com *Urochloa decumbens* sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.

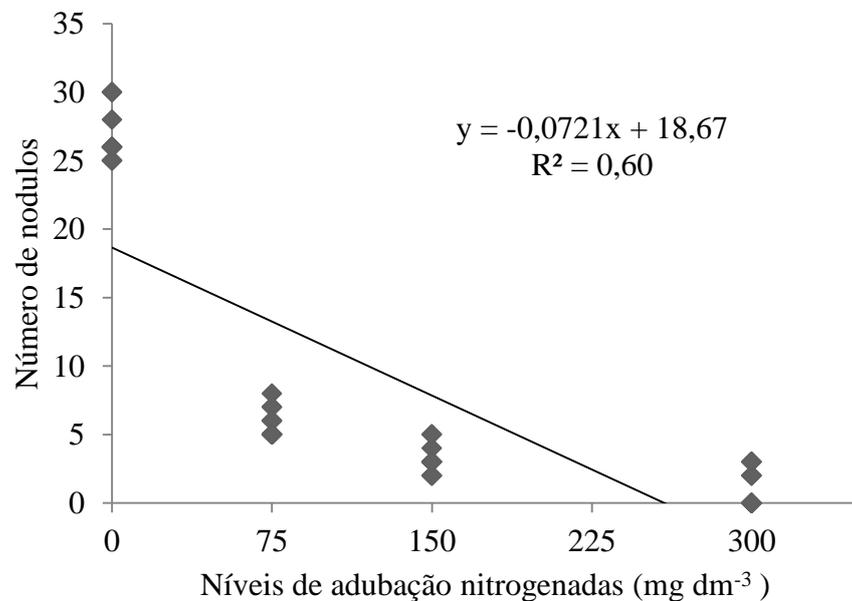


4.1.3 Nodulação em raízes de *Stylosanthes capitata* consorciado com *Urochloa decumbens* sob níveis de nitrogênio

Em níveis mais elevados de nitrogênio as demandas nutricionais das plantas são naturalmente atendidas o que implica numa redução ao estímulo à nodulação. No caso, *S. capitata* comporta-se como uma espécie dependente da fixação biológica de nitrogênio, pois a mesma foi menos tolerante aos estresses promovidos pelos elevados níveis de nitrogênio.

O efeito inibitório dos elevados níveis de nitrogênio sobre a nodulação concorda com Reis e Texeira *et al.* (2005) e Boakye *et al.*, (2015), quando afirmam que a aplicação de fertilizantes nitrogenados mineral reduz a nodulação e inibi a atividade da nitrogenase (Figura 11).

Figura 11: Número de nódulos em raízes de plantas de *Stylosanthes capitata* consorciadas com *Urochloa decumbens* sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.



4.1.4 Densidade de glomerosporos e taxa de colonização micorrízica radicular em plantas consorciadas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata*

Os níveis de nitrogênio e a inoculação com o mix de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) não promoveram efeitos significativos ($P \leq 0,05$) na taxa de colonização radicular e densidade de glomerosporos nas plantas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* consorciadas. (Tabela 4).

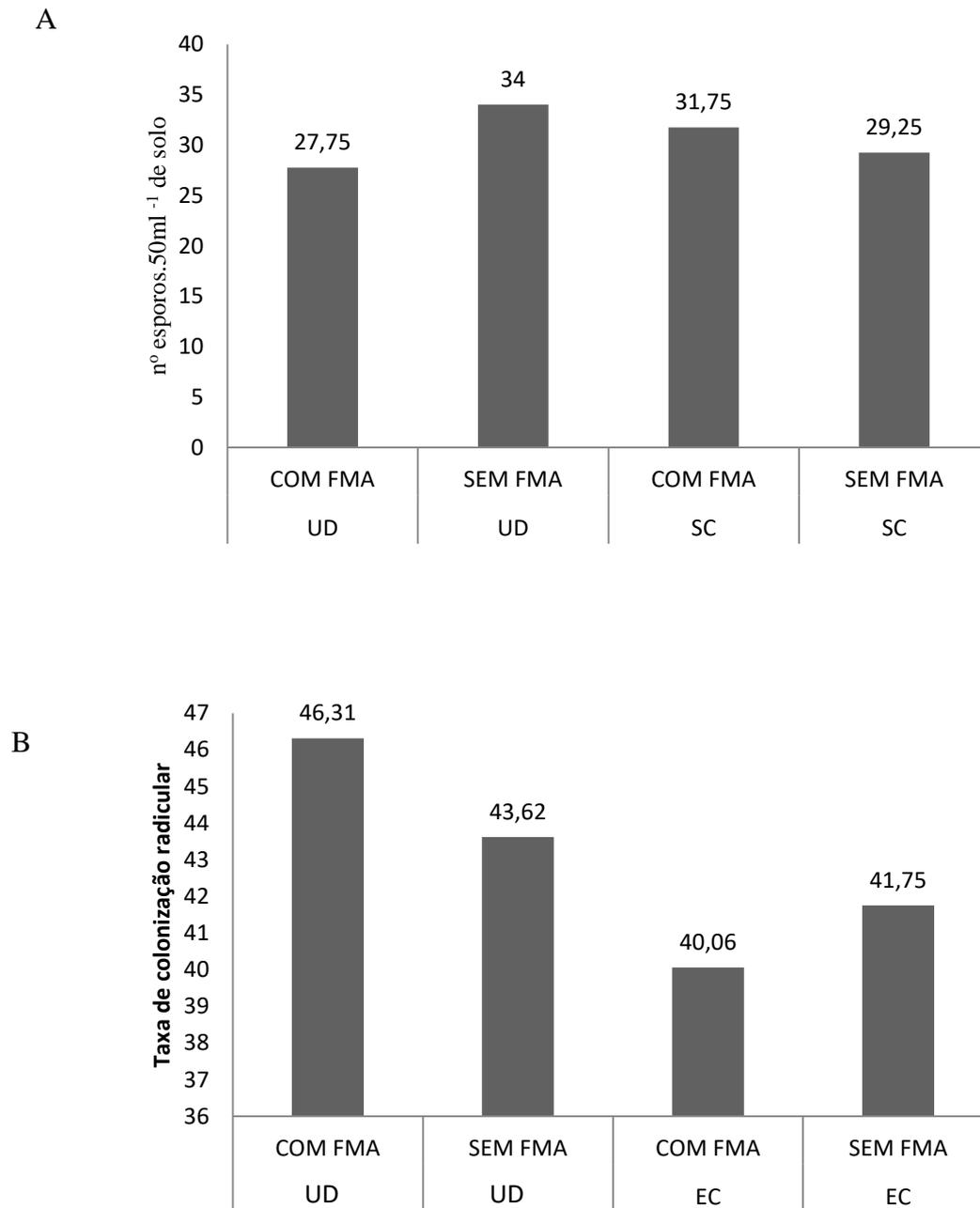
Tabela 4: Níveis de significância de densidade de glomerosporos e taxa de colonização micorrízica radicular em plantas consorciadas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* sem e com inoculação do mix de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.

<i>Urochloa decumbens</i>		
FV	Densidade de glomerosporos	Taxa de colonização micorrízica radicular
I	1.2860 ns	1.0777 ns
N	0.8786 ns	0.5197 ns
IxN	3.2133 ns	1.1865 ns
CV(%)	31.73	16.28
<i>Stylosanthes capitata</i>		
FV	Densidade de glomerosporos	Taxa de colonização micorrízica radicular
I	0.3312 ns	0.9820 ns
N	0.3089 ns	1.1832 ns
IxN	3.1855 ns	0.5869 ns
CV(%)	31.55	11.77

FV= fonte de variação; I= Inoculação; N = Doses de nitrogênio; CV = coeficiente de variação; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade ns= não significativo.

A taxa de colonização micorrízica radicular e a densidade de glomerosporos não foram significativas (Figura 12), no estudo, demonstrando que nestas condições simbióticas as plantas consorciadas não apresentaram especificidade hospedeira com o mix de FMA, consistindo na ausência da capacidade de estabelecer associação. Contudo é notória a promoção no crescimento e acúmulo de nutriente do mix de FMA sobre plantas de *Urochloa decumbens*, fato que demonstra a eficiência simbiótica, ou seja, a capacidade de promover benefício nos hospedeiros especialmente em plantas micotróficas

Figura 12: Densidade de glomerosporos (A) e taxa de colonização micorrízica radicular (B) em solo cultivado com plantas de *Stylosanthes capitata* e *Urochloa decumbens* consorciadas sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.



UD= *Urochloa decumbens*, SC= *Stylosanthes capitata*

4.2 Experimento II

4.2.1 Crescimento de plantas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* consorciadas e inoculadas com FMA sob níveis de adubação fosfatada

As plantas de *Urochloa decumbens* inoculadas com o *mix* de FMA não apresentaram efeitos significativos ($P \leq 0,05$) nos parâmetros altura de planta e número de folhas, porém a área foliar e massa seca apresentaram efeito da inoculação (Tabela 5). A inoculação com o *mix* de FMA em plantas de *Urochloa decumbens* promoveu, de modo geral, um incremento de 24,8% na área foliar e 65% na massa seca em relação às plantas sem inoculação.

Tabela 5: Níveis de significância dos parâmetros morfológicos e massa seca de plantas consorciadas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* sem e com inoculação do *mix* de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de fósforo em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.

<i>Urochloa decumbens</i>				
FV	Altura de planta	Número de folhas	Área foliar	Massa seca
I	0.0037 ns	2.4000 ns	5.0552 *	344.0145 **
P	25.2399 **	10.9724 **	13.3426 **	9.1615 **
I x P	4.8871 **	4.8676 *	2.7703 ns	24.6712 **
CV(%)	18.43	26.35	30.70	18.19 (65%)
<i>Stylosanthes capitata</i>				
FV	Altura de planta	Número de folhas	Área foliar	Massa seca
I	4.6731 *	14.3333 **	5.0403 *	5.0406 *
P	7.5814 **	3.5633 *	37.6398 **	19.9710 **
I x P	15.8096 **	16.6486 **	4.4758 *	32.7126 **
CV (%)	23.14	19.79	12.12	18.25

FV= fonte de variação; I= Inoculação; N = Doses de nitrogênio; CV = coeficiente de variação; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade ns= não significativo.

As plantas de *Stylosanthes capitata* apresentaram efeitos significativos ($P \leq 0,05$) na altura de planta, número de folhas, área foliar e massa seca. O *mix* de FMA promoveu em

plantas de *S. capitata* médias superiores no número de folhas (16,3%), área foliar (10,5%) e massa seca (11,17%), em relação às plantas sem inoculação, porém a altura de planta inoculadas foi 11,13% inferior as não inoculadas. Os níveis de fósforo influenciaram significativamente ($P \leq 0,05$) os parâmetros morfológicos e a massa seca das plantas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata*.

As plantas de *Urochloa decumbens* foram beneficiadas pela inoculação com o *mix* de FMA, pois houve incremento na área foliar e a massa seca em relação às plantas sem inoculação assim como em plantas de *Stylosanthes capitata*, uma vez que houve incremento no número de folhas, área foliar e massa seca. Este resultado concorda com Diniz *et al.* (2010) ao afirmarem que a inoculação com FMA pode proporcionar alterações nas características biofísicas e fisioanatômicas favorecendo o desenvolvimento e crescimento das plantas hospedeiras.

Alterações biofísicas e fisioanatômicas nas plantas consociadas pela inoculação com o *mix* de FMA podem estar relacionadas à capacidade dos microsimbiontes promoverem sobre os hospedeiros efeitos na absorção e utilização de nutrientes, nutrição balanceada e disponibilidade de nutrientes. O favorecimento das plantas de *Urochloa decumbens* pelos FMA sob níveis fósforo foram evidenciados por Motta *et al.* (2017) e em *Stylosanthes capitata* por Carneiro *et al.* (2010).

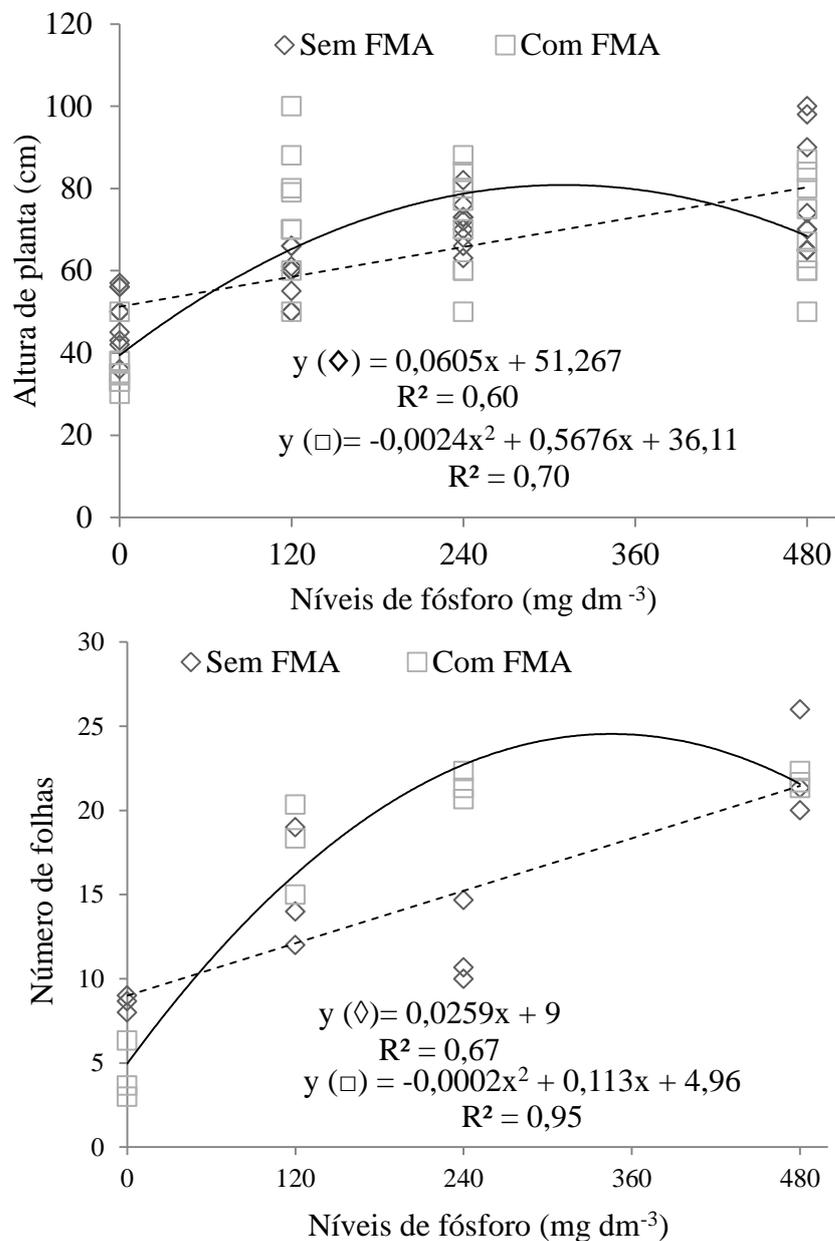
A utilização de *mix* de FMA tendeu a potencializar o efeito da inoculação, uma vez que eleva a possibilidade de que ao menos um dos isolados presente no *mix* tenha a capacidade de promover o crescimento, ou outro benefício ao hospedeiro em alguma fase de crescimento do hospedeiro. Contudo deve ser considerada a possibilidade de ocorrer relações antagônicas entre os isolados que compõem o *mix* em alguma fase do crescimento do hospedeiro.

A espécie *Gigaspora margarita* que compõem o *mix* de FMA utilizado neste trabalho é reconhecida por diversos autores como eficiente na promoção dos parâmetros morfológicos sobre os hospedeiros (WIDIASTUTI *et al.* 2002; HEITOR *et al.* 2016; CARMO *et al.* 2016), porém é escassa na literatura a utilização do isolado *Acaulospora mellea* na promoção de crescimento do hospedeiro.

A altura das plantas de *Urochloa decumbens* inoculadas com o *mix* de FMA em relação aos níveis de fósforo ajustou-se ao modelo quadrático no qual o valor máximo (68 cm) foi obtido com o nível de 129 mg de fósforo por dm^3 de substrato, todavia a altura das plantas sem inoculação ajustou-se a um modelo linear positivo.

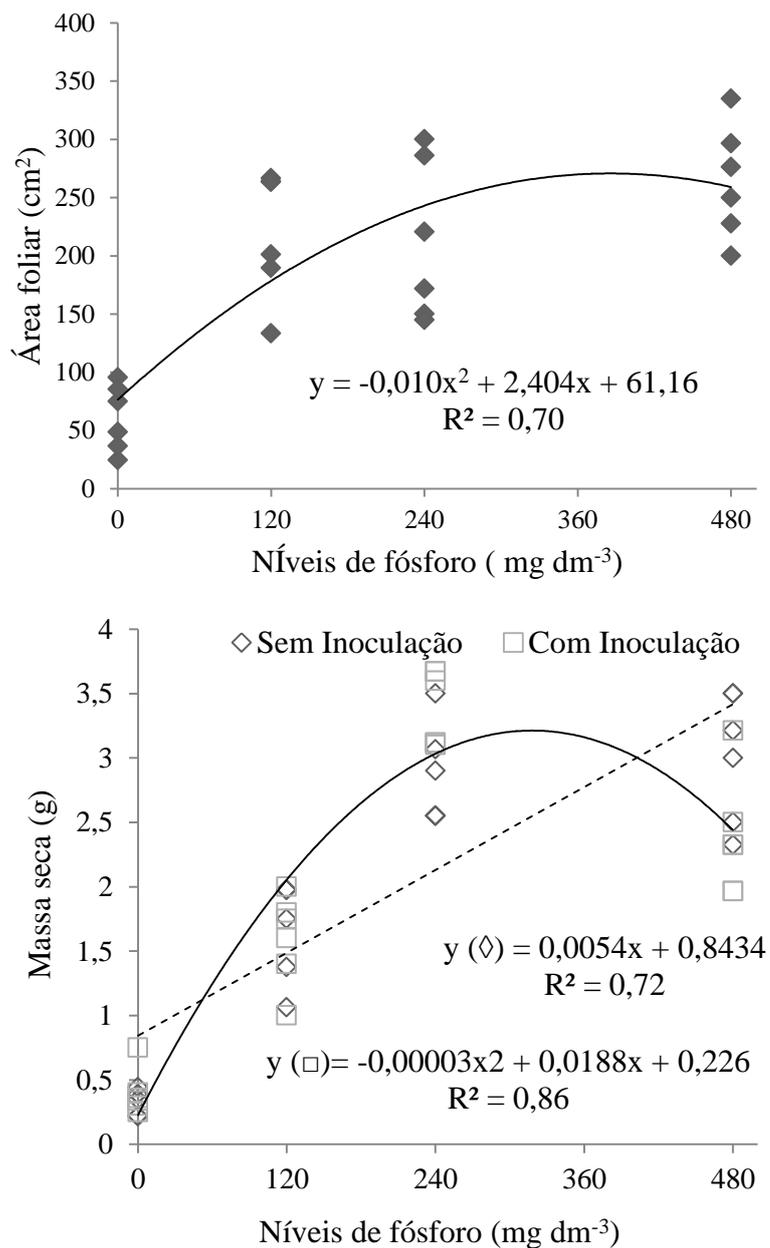
O número de folhas em plantas de *Urochloa decumbens* sob níveis de fósforo e inoculação com o *mix* de FMA ajuste-se ao modelo quadrático em que o máximo número de folhas (25) foi obtido com o nível estimado de fósforo de 350 mg. dm⁻³ substrato, já as plantas sem inoculação ajustaram-se ao modelo linear positivo (Figura 13).

Figura 13: Altura e número de folhas de plantas de *Urochloa decumbens* consorciada com *Stylosanthes capitata* sem e com inoculação do *mix* de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de fósforo em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.



Não houve interação significativa ($P \leq 0,05$) entre a inoculação com FMA e os níveis de fósforo no parâmetro morfológico área foliar de *Urochloa decumbens*, contudo a área foliar máxima (17 cm^2) foi obtida com o nível 451 mg de fósforo por dm^3 de substrato. O valor máximo da massa seca da parte aérea ($3,17 \text{ g}$) em plantas inoculadas com o *mix* de FMA foi obtido com 313 mg de fósforo por dm^3 de substrato, entretanto para atingir o mesmo valor de massa seca em plantas sem inoculação seria necessário 27% a mais de fósforo (Figura 14).

Figura 14: Área foliar e massa seca de plantas de *Urochloa decumbens* consorciada com *Stylosanthes capitata* sem e com inoculação do *mix* de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de fósforo em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.



A interação entre a inoculação do *mix* de FMA e os níveis de fósforo influenciou a altura da planta e número folhas das de *Urochloa decumbens*. Estima-se que o valor máximo da altura de plantas e número de folhas obtidas em *Urochloa decumbens* inoculadas com o *mix* de FMA somente será atingido em plantas sem inoculação com 13% e 56% a mais de fósforo respectivamente. Tal comportamento evidencia uma maior eficiência do uso de fósforo, em baixos níveis, na promoção do crescimento das plantas inoculadas. Esta maior eficiência dos FMA em níveis baixos de fósforo no crescimento de *Urochloa decumbens* também foram observados em trabalhos de Santos *et al.* (2002) e Motta *et al.* (2017). O nível de fósforo poderá ser um autorregulador da relação simbiótica, uma vez que, em níveis baixos de fósforo, a planta exsuda substâncias que estimulam a taxa de colonização, podendo esta promover benefícios ao hospedeiro (NAGAHASHI e DOUDS, 2007).

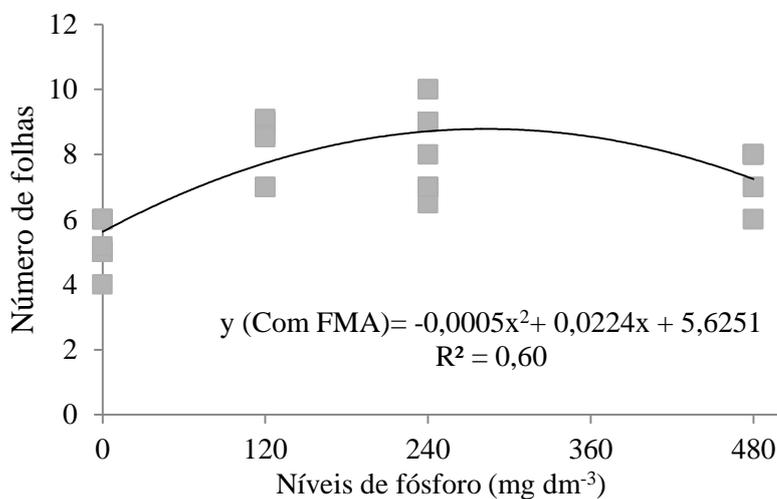
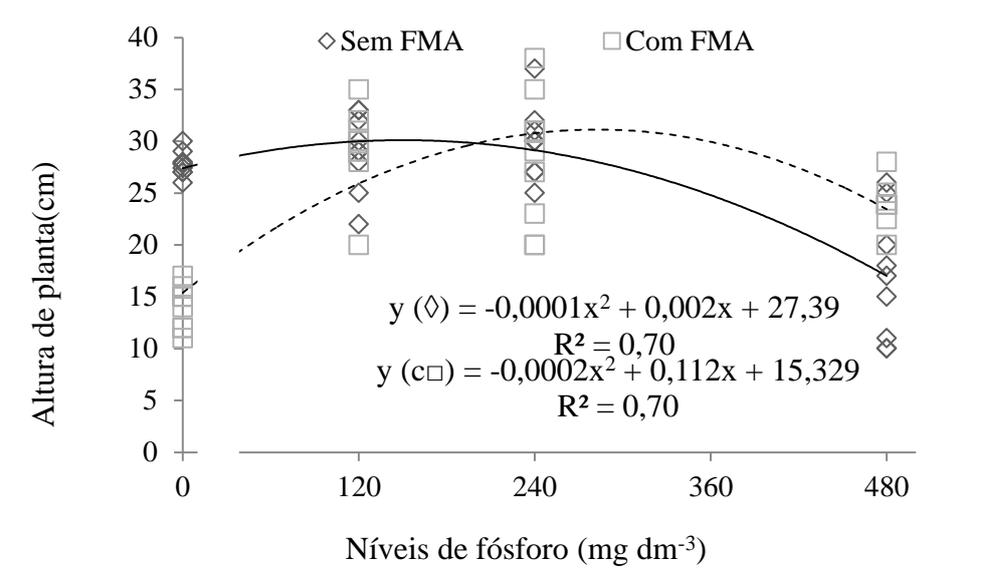
Em níveis mais elevados de fósforo, nas plantas inoculadas com o *mix* de FMA, ocorreu redução da altura de planta, número de folhas e massa seca sendo que nas plantas sem a inoculação do *mix* tais parâmetros tiveram um aumento diretamente proporcional aos níveis de fósforo. No presente trabalho os níveis de fósforo mais elevados proporcionaram as menores taxas de eficiência micorrizica, o que pode ser resultante de fatores oriundos de um dreno de fotossintatos da planta pelo isolados, tal resultado concorda com Oliveira e Alexandre (2013) e Sharif e Claassen, (2011). Os efeitos deletérios sobre o hospedeiro em níveis elevados de fósforo causado pelos FMA são amplamente recorrentes na literatura. Entretanto os mecanismos exatos destes efeitos deletérios não estão claramente definidos. As hipóteses mais aceitas segundo Moreira e Siqueira (2006) são que as lectinas presentes nas raízes se ligam aos carboidratos nas paredes do fungo inibindo a penetração do fungo reduzindo a micorrização ou que o fósforo controla mecanismos bioquímicos, modulando a supressão ou a indução gênica do processo de micorrização.

Com base nos padrões de respostas das plantas de *Urochloa decumbens* em relação aos níveis de fósforo, nestas condições simbióticas, é possível inferir segundo a classificação da relação do hospedeiro com o fungo (Moreira e Siqueira 2006) como responsiva e pouco dependente do *mix* de FMA em quanto que, neste trabalho, o *mix* parece ter eficiência intermediária sobre plantas de *Urochloa decumbens*. O fato do estudo ter ocorrido com substrato em condição natural, no qual ocorrem fatores antagônicos aos isolados de FMA, e mesmo nestas condições ter ocorrido efetividade dos FMA, evidencia a

potencialidade de uso do *mix* como insumo biológico na produção de pastagens em condições de campo.

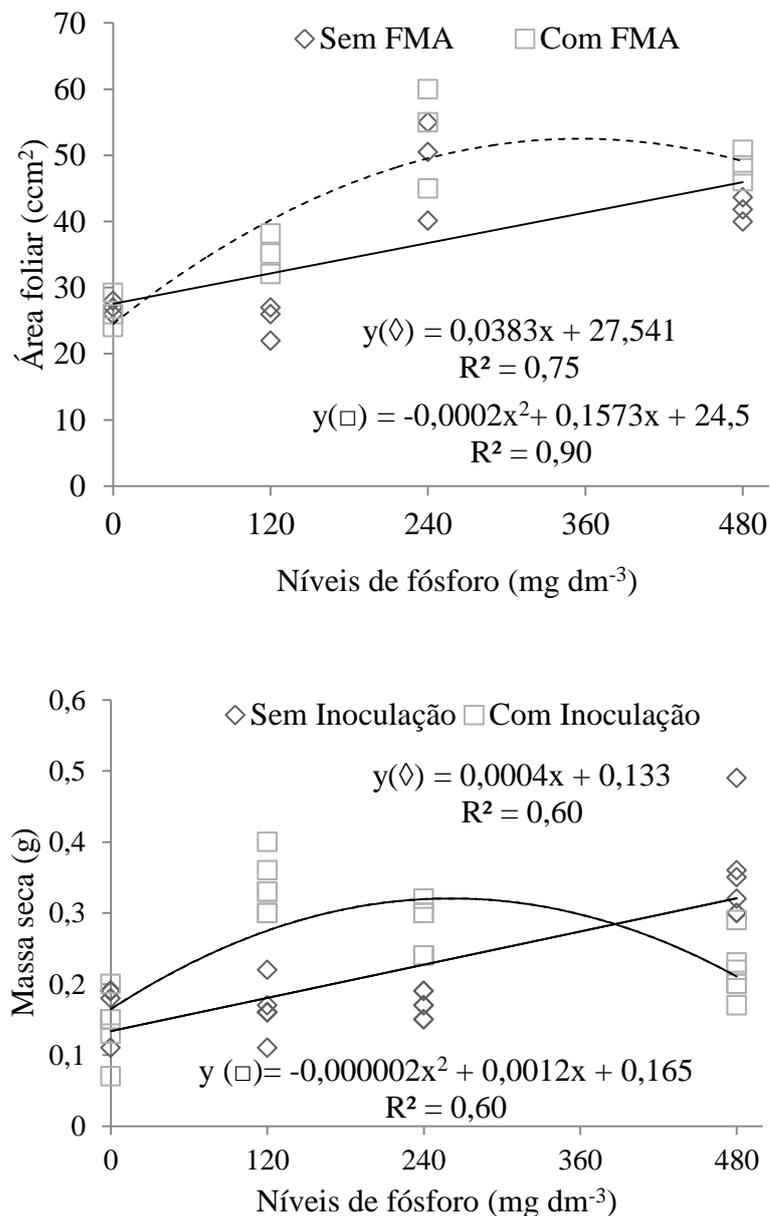
A altura das plantas de *S. capitata* em função dos níveis de fósforo ajustou-se ao modelo quadrático no qual o valor máximo da altura em planta com inoculação e sem inoculação foi 27 cm, obtidos com 240 e 126 mg dm⁻³, respectivamente. Não houve efeito significativo ($P \leq 0,05$) da interação entre níveis de fósforo e inoculação com o *mix* de FMA no número de folha, neste parâmetro o valor máximo, oito folhas, foi obtido com 122 mg dm⁻³ de fósforo (Figura 15).

Figura15: Altura de planta e número de folhas de plantas de *Stylosanthes capitata* consorciada com *Urochloa decumbens* sem e com inoculação do *mix* de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de fósforo em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.



O parâmetro morfológico área foliar em plantas de *Stylosanthes capitata* sem inoculação do *mix* sob níveis de fósforo ajustou-se ao modelo linear, já em plantas inoculadas o ajuste foi ao modelo quadrático em que a máxima área ($55,4 \text{ cm}^2$) foliar ocorreu com o nível estimado de 393 mg. dm^{-3} de fósforo. Em plantas de *Stylosanthes capitata* inoculadas o valor máximo da massa seca da parte aérea ($0,345\text{g}$) foi obtido com 300 mg. dm^{-3} de fósforo para atingir o mesmo valor de massa seca em plantas sem inoculação será necessário 43% a mais de fósforo (Figura 16).

Figura 15: Área foliar e massa de plantas de *Stylosanthes capitata* consorciada com *Urochloa decumbens* sem e com inoculação do *mix* de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de fósforo em substrato de NEOSSOLO OUARTZARÊNICO. Teresina-PI.



Os parâmetros que apresentam efeito direto na produtividade das culturas são a área foliar e massa seca que foram favorecidos pela inoculação, evidenciando a potencialidade do uso do *mix* de FMA na promoção do crescimento de plantas de *Stylosanthes capitata*. Desta forma concordando com Carneiro *et al.* (2010) que relatam que inoculação com FMA para o estabelecimento do estilosantes, em solo não esterilizado, é uma prática promissora, assim como Carneiro *et al.* (1999) afirmam que a inoculação de FMA associada adubação fosfatada beneficiam a massa seca de plantas de estilosantes.

As plantas de *Stylosanthes capitata* apresentaram-se responsivas e pouco dependente do *mix* de FMA assim como o *mix* teve eficiência intermediária sobre o hospedeiro (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Logo as plantas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* apresentam o mesmo padrão de resposta desta forma discordando de Siqueira e Klauberg Filho (2000) que afirma que o estilosantes é um hospedeiro muito mais responsivo e dependente de FMA que a *Urochloa decumbens*. Contudo, os benefícios para as plantas inoculadas são resultantes de diversos fatores ambientais e determinada pelas características de todos os componentes da simbiose (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006), o que pode explicar as divergências nos padrões de respostas das plantas inoculadas em condições diversas.

4.2.2 Teores de nutrientes em *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* consorciadas e inoculadas com FMA sob níveis de adubação fosfatada.

As plantas de *Urochloa decumbens*, de modo geral, foram influenciadas positivamente ($P < 0,05$) pela inoculação do *mix* de FMA no teor de P na parte aérea, o qual proporcionou incremento de 10% em relação às plantas sem inoculação. Os níveis de adubação fosfatada influenciaram significativamente ($P < 0,05$) os teores de fósforo e cálcio na parte aérea das plantas de *Urochloa decumbens*. O *mix* de FMA promoveu efeito significativo no teor de fósforo na parte aérea das plantas de *S. capitata* com incremento de 14%, em relação às plantas sem inoculação. Os teores dos nutrientes N, K, Mg e S não apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) nas plantas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* inoculadas e não inoculadas com FMA nos diversos níveis de P. (Tabela 6).

Tabela 6: Níveis de significância dos teores de macronutrientes em plantas consorciadas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* sem e com inoculação do *mix* de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de fósforo em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.

<i>Urochloa decumbens</i>						
FV	N	P	K	Ca	Mg	S
I	0.0669 ns	6.0444 *	1.7955 ns	0.8384 ns	0.6154 ns	0.8235 ns
P	0.7323 ns	185.9322 **	1.3045 ns	86.3134 **	0.9744 ns	1.0135 ns
I x P	0.0004 ns	23.3864 **	0.2825 ns	0.2348 ns	4.5128 ns	0.0023 ns
CV(%)	10.70	11.16	13.79	7.21	11.67	34.35
<i>Stylosanthes capitata</i>						
FV	N	P	K	Ca	Mg	S
I	2.1129 ns	24.9937 **	0.2026 ns	0.3585 ns	0.4542 ns	0.8235 ns
P	2.0426 ns	662.9376 **	0.2903 ns	1.0937 ns	0.9031 ns	1.0135 ns
I x P	3.3096 ns	33.0256 **	2.2903 ns	1.3452 ns	0.3171 ns	0.0023 ns
CV (%)	22.26	16.03	17.66	35.25	14.32	34.35

FV= fonte de variação; I= Inoculação; N = Doses de nitrogênio; CV = coeficiente de variação; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade ns= não significativo.

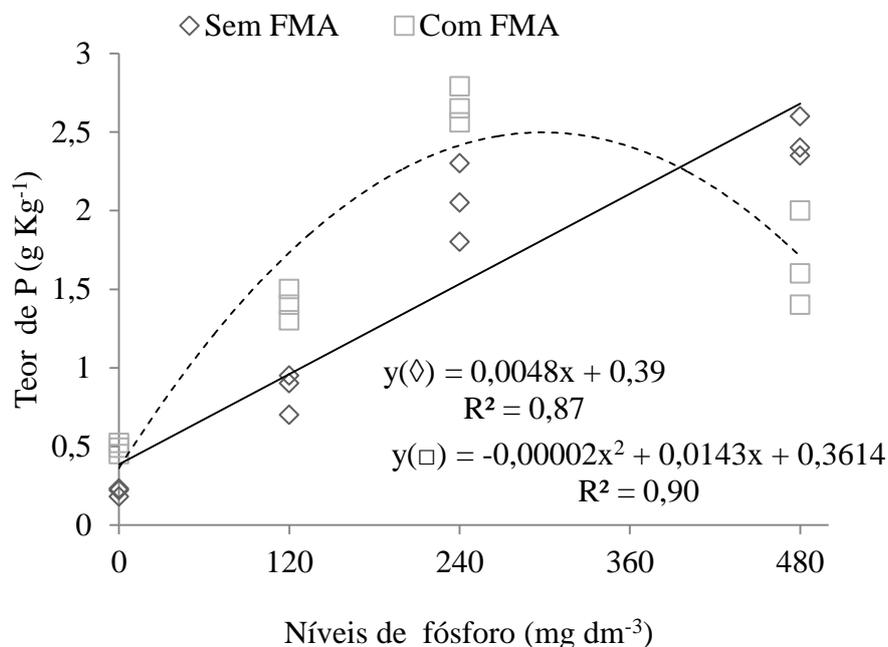
Com o favorecimento do teor de fósforo nas plantas inoculadas pelo *mix* é possível inferir que o aumento nos valores dos parâmetros morfológicos e massa seca das plantas é resultante, predominantemente, do efeito nutricional do *mix* sobre o hospedeiro. Uma vez que o efeito biofertilizante e melhoria nutricional da planta, é considerado primário e os, demais, em sua grande maioria são resultantes deste (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Logo havendo uma maior aquisição fósforo, as plantas hospedeiras tendem a externar um maior desenvolvimento dos parâmetros morfológicos e massa seca, pois segundo Araújo e Machado (2006) o fósforo participa de vários processos metabólicos nas plantas, como transferência de energia, síntese de ácidos nucleicos, glicose e respiração celular.

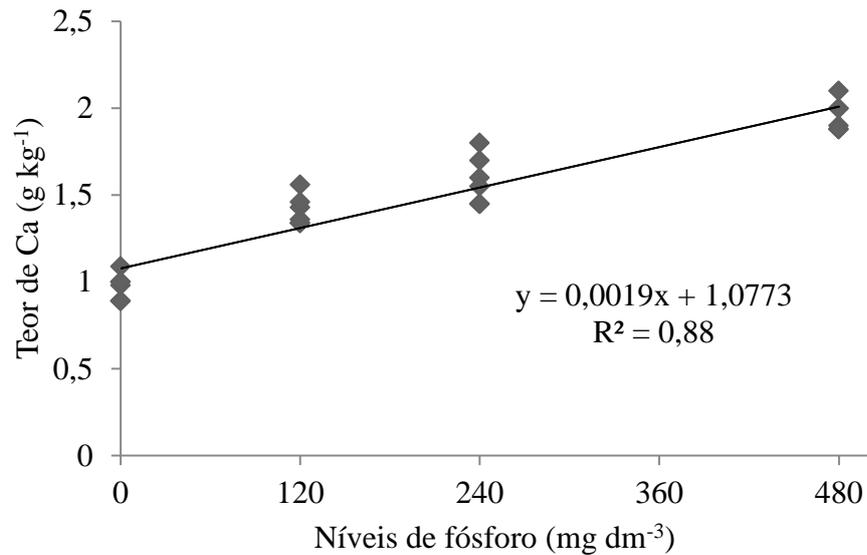
Os mecanismos que regulam os benefícios e a eficiência dos FMA no crescimento das plantas consorciadas com relação ao nível de fósforo no solo não estão claramente definidos. Porém é possível que o aumento no teor de fósforo em plantas inoculadas pelo *mix* de FMA pode ser resultante de uma maior taxa de influxo por unidade de superfície, produção

de enzima fosfatases e aquisição de fósforo em formas não disponíveis no solo (BERBARA *et al.*, 2006; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

O teor de fósforo na parte aérea das plantas de *Urochloa decumbens*, inoculadas com o *mix*, ajustou-se ao modelo quadrático em função dos níveis de fósforo, no qual o valor máximo estimado (2,9 g. Kg⁻¹) foi obtido com 357 mg. dm⁻³. Porém, o teor de fósforo na parte aérea das plantas sem inoculação ajustou-se ao modelo linear positivo. Em níveis abaixo de 357 mg dm⁻³ as plantas inoculadas apresentam maior eficiência na absorção de fósforo, demonstrando efeito simbiótico de caráter mutualista, contudo em níveis acima deste, ocorre redução no teor de fósforo caracterizando um caráter depressor. As plantas de *Urochloa decumbens* obtiveram incremento de Ca diretamente proporcional à elevação de fósforo (Figura 17).

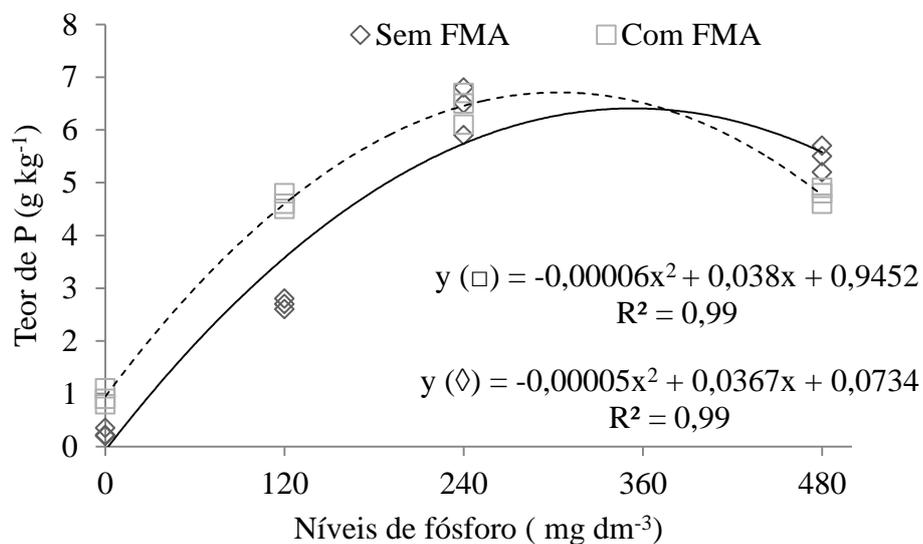
Figura 16: Teores de P e Ca na parte aérea de plantas de *Urochloa decumbens* sob níveis de fósforo consorciado com *Stylosanthes capitata* e inoculado com o *mix* de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.





O incremento do teor de Ca em função dos níveis de fósforo pode ser atribuído à fonte de fósforo, superfosfato simples, utilizado e que possui 16% de Ca na sua composição. Plantas de *Stylosanthes capitata* apresentou teor de fósforo na parte aérea que se ajustou ao modelo quadrático em função dos níveis de fósforo, cujo o teor máximo estimado (6,8 g. Kg⁻¹) pode ser atingido quando for utilizado 316 e 367 mg dm⁻³ em plantas inoculadas com o *mix* de FMA e sem a inoculação, respectivamente (Figura 18).

Figura 17: Teor de P na parte aérea de plantas de *Stylosanthes capitata* sob níveis de fósforo consorciado com *Urochloa decumbens* e inoculado com o *mix* de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.



4.2.3 Densidade de glomerosporos e taxa de colonização micorrízica radicular em plantas consorciadas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* sob níveis de adubação fosfatada.

Os níveis de fósforo promoveram efeito significativo ($P \leq 0,05$) na densidade de glomerosporos e na taxa de colonização micorrízica radicular das plantas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* consorciadas. A densidade de glomerosporos do solo no entorno das raízes e a taxa de colonização micorrízica radicular das plantas consorciadas não sofreram efeito significativo ($P \leq 0,05$) da inoculação com o mix de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) (Tabela 7).

Tabela 7: Níveis de significância de densidade de glomerosporos e taxa de colonização micorrízica radicular em plantas consorciadas de *Urochloa decumbens* e *Stylosanthes capitata* sem e com inoculação do mix de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) sob níveis de fósforo em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.

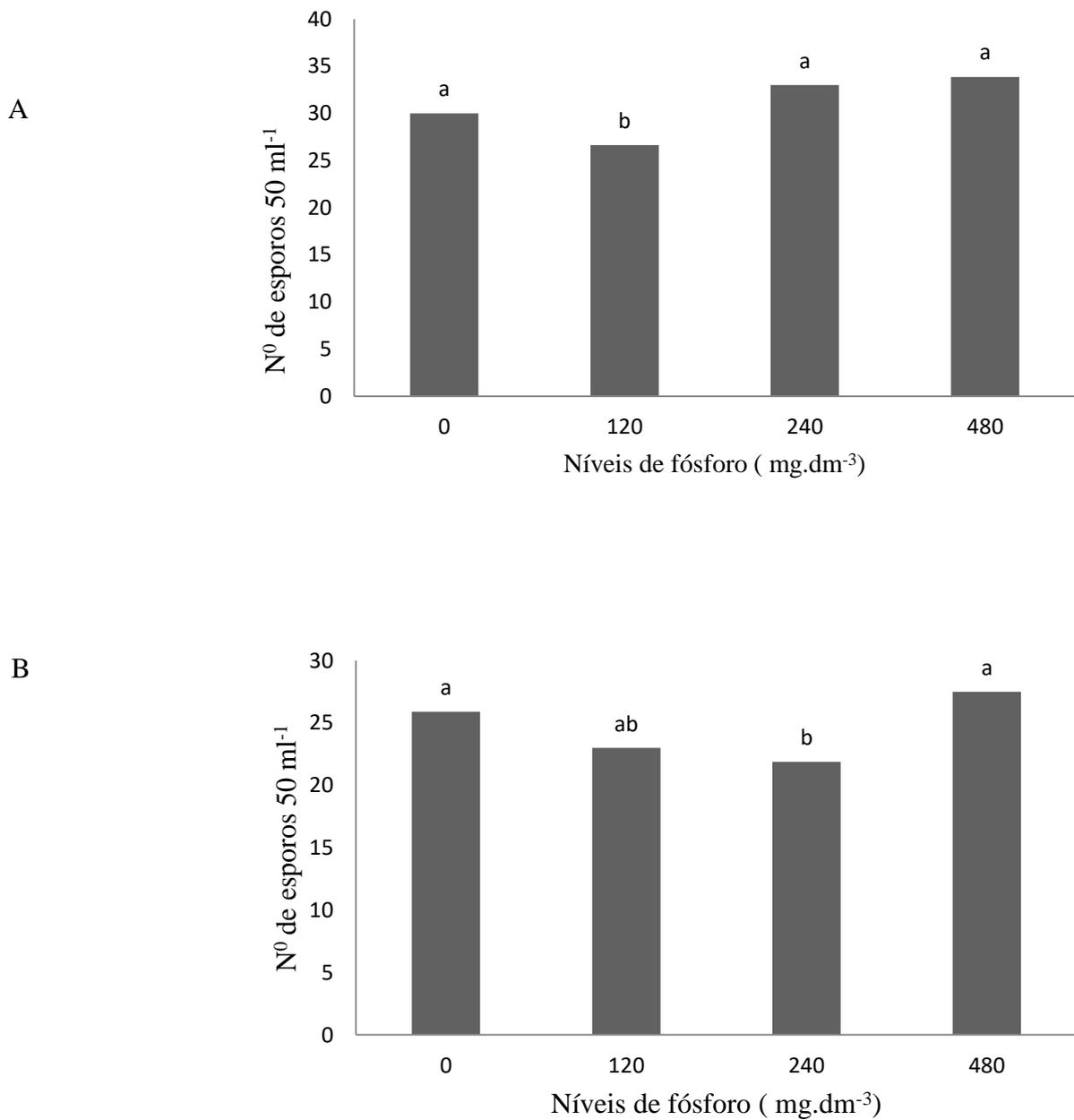
<i>Urochloa decumbens</i>		
FV	Densidade de glomerosporos	Taxa de colonização micorrízica radicular
I	0.4216 ns	1.2897 ns
P	7.0583 **	130.0840 **
IxP	1.0541 ns	0.6079 ns
CV(%)	17.63	18.75
<i>Stylosanthes capitata</i>		
FV	Densidade de glomerosporos	Taxa de colonização micorrízica radicular
I	0.0886 ns	0.5278 ns
P	7.5383 **	31.2643 **
IxP	0.0923 ns	0.1837 ns
CV(%)	15.08	28.98

FV= fonte de variação; I= Inoculação; P = Níveis de fósforo; CV = coeficiente de variação; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade ns= não significativo.

A densidade de glomerosporos foi significativa em relação aos níveis de P (Figura 19), porém não ocorreu significância na análise quantitativa de regressão polinomial, contudo

o teste de média demonstrou que o nível de 120 mg. dm⁻³ de P promoveu a menor média de glomerosporos no entorno das plantas consorciadas.

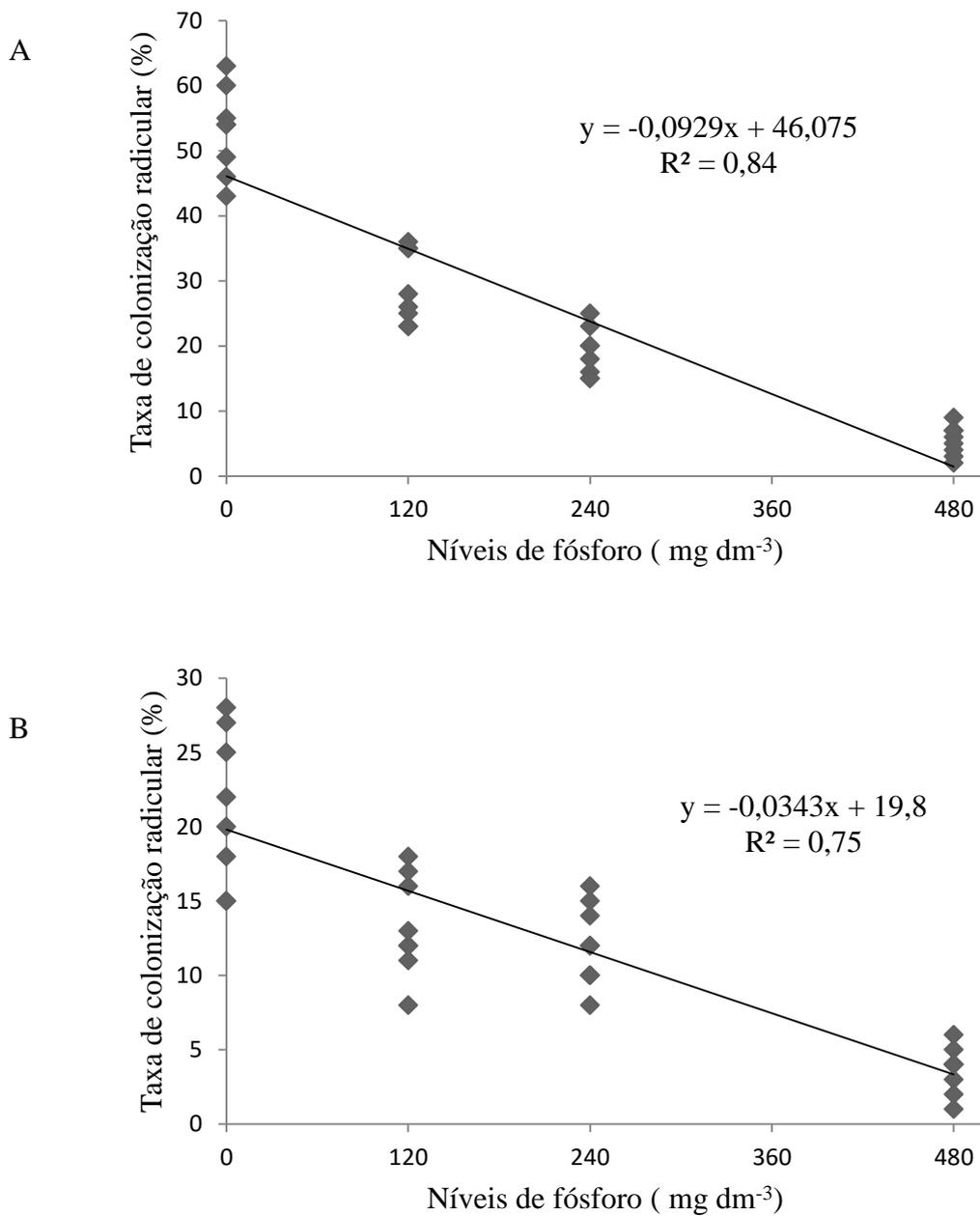
Figura 18: Densidade de glomerosporos em solo cultivado com plantas de *Urochloa decumbens* (A) e *Stylosanthes capitata* (B) consorciadas sob níveis de nitrogênio em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.



A taxa de colonização micorrízica radicular nas plantas de *Urochloa decumbens* e *S. capitata* ajustou-se ao modelo linear em função do incremento de fósforo, sendo a taxa de

colonização micorrízica radicular indiretamente proporcional aos níveis de fósforo (Figura 20).

Figura 19: Taxa de colonização micorrízica radicular em plantas de *Urochloa decumbens* (A) e *S. capitata* (B) consorciadas sob níveis de fósforo e inoculado com o *mix* de FMA (*G. margarita* e *A. mellea*) em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Teresina-PI.



Os níveis de fósforo afetaram as taxas de colonização micorrízicas radicular, pois em níveis elevados de fósforo ou próximo do ideal para as plantas hospedeiras ocorreu

redução da micorrização e em baixos níveis de fósforo ocorreram os maiores valores de colonização micorrízica radicular tal fato concorda com Oliveira e Alexandre, (2013), pois autores afirma que em níveis baixos de P, a planta exsuda substâncias que estimulam a taxa de colonização.

5. CONCLUSÕES

1. A inoculação com o *mix* de FMA (*Gigaspora margarita* e *Acaulospora mellea*) em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO favorece o crescimento e os teores de N e P em plantas de *Urochloa decumbens* consorciada com *Stylosanthes capitata*.
2. A inoculação com o *mix* de FMA (*Gigaspora margarita* e *Acaulospora mellea*) em substrato de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO favorece o crescimento das plantas e teores de P em plantas de *Stylosanthes capitata* consorciada com *Urochloa decumbens* sob adubação fosfatada.

6. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. J. B. OLIVEIRA, R. M.; SILVA, K. M. J.; ALVES, D. D.; ALVARENGA, R. C.; BORGES, G. L. F. N. Consórcio de forrageiras tropicais com o sorgo rangífero em duas localidades do estado de minas gerais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.1, p. 1-9, 2013.

ALCÂNTARA, P. B. **Origem das Braquiárias e suas características morfológicas de interesse forrageiro**. In: ENCONTRO PARA DISCUSSÃO SOBRE CAPINS DO GÊNERO *Brachiaria*, Nova Odessa, 1986. Anais Nova Odessa, Instituto de Zootecnia, 1987. p1-18.

ALCÂNTARA, P.B., BUFARAH, G. **Plantas Forrageiras: Gramíneas e Leguminosas**. 4 Ed. São Paulo, Nobel, 1988.

ALMEIDA, R. G.; EUCLIDES, V. P. B.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; MACEDO, M. C. M.; FONSECA, D. M.; BRÂNCIO, P. A.; BARBOSA, R. A. Consumo, Composição Botânica e Valor Nutritivo da Dieta de Bovinos em Pastos Tropicais Consorciados sob Três Taxas de Lotação. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.32, n.1, p.29-35, 2003.

ANJOS, A. N. A.; OLIVO, C. J.; SAUTER, C. P.; SILVA, A. R.; SANTOS, F. T.; SEIBT, D. C. Forage yield in pastures with bermuda grass mixed with different. **Acta Scientiarum**, v.38, p. 261-266, 2016.

ARAÚJO, A.P.; MACHADO, C.T.T. Fósforo. In: FERNANDES, M.S., ed. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.253-280.

AROEIRA, L. J. M.; PACIULLO, D. S. C.; LOPES, F. C. F.; MORENZ, M. J. F.; SALIBA, E. S.; SILVA, J. J.; DUCATTI, C. Disponibilidade, composição bromatológica e consumo de matéria seca em pastagem consorciada de *Brachiaria decumbens* com *Stylosanthes guianensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, p.413-418, 2005.

ASRAR, A. A.; ABDEL-FATTAH, G. M.; ELHINDI, K. M. Improving growth, flower yield, and water relations of snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) plants grown under well-watered and water-stress conditions using arbuscular mycorrhizal fungi. **Photosynthetica**, v. 50, n. 2, p. 305-316, 2012.

AZCÓN, R. RODRÍGUEZ, R.; AMORA-LAZCANO, E.; AMBROSANO, E. Uptake and metabolism of nitrate in mycorrhizal plants as affected by water availability and N concentration in soil. **European Journal Soil Science**, v.59, p. 131–138, 2008.

BAGO, B. Putative sites for nutrient uptake in arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, v. 226, p. 263–274, 2000.

- BARCELLOS, A. O. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.51-67, 2008
- BAUER, J. T.; KLECZEWSKI, N. M.; BEVER, J. D.; CLAY, K.; REYNOLDS, H. L. Nitrogen-Wxing bacteria, arbuscular mycorrhizal fungi, and the productivity and structure of prairie grassland communities. **Oecologia**, v. 170, pp. 1089–1098, 2012.
- BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos Micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição. In: FERNANDES, M. S (ed). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 53 – 88.
- BEZERRA, A. P. A.; PITOMBEIRA, J. B.; TÁVORA, J. A. F.; VIDAL NETO, F. C. Rendimento, componentes da produção e uso eficiente da terra nos consórcios sorgo x feijão-de-corda e sorgo x milho. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.1, p.104-108, 2007.
- BITENCOURT, G. A.; CHIARI, L. LAURA, V. A.; VALLE, C. B.; LIANA JANKII; MORO, J. R.. Aluminum tolerance on genotypes of signal grass. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.2, p.245-250, 2011.
- BOAKYE, E. Y.; LAWSON, I. Y. D.; OWUSU-BENNOAH, E.; DANSO, S.K.A. A Growth and nodulation response of six indigenous trees and two shrubby legumes to phosphorus and nitrogen fertilizers in two soils of Ghana. **Journal of Tropical Agriculture**, n. 53, v. 1, p. 21-34, 2015.
- BÖRSTLER B.; RENKER C.; KAHMEN A.; BUSCOT F. Species composition of arbuscular mycorrhizal fungi in two mountain meadows with differing management types and levels of plant biodiversity. **Biology and Fertility of Soils**. v. 42, n. 4, p.286–298, 2006.
- BRANDÃO, M. B.; Costa, N. M. S. 1979. **O gênero *Stylosanthes swartz* no Brasil**. EPAMIG, Minas Gerais. 107 p.
- BREMNER, J.M.; MULVANEY, C.S. **Methods of Soil Analysis**, part 2 chemical and microbiological properties, p. 595-624, 1982.
- CAÑIZARES, P. J. G.; PEDROSO, J. F. R.; ROSEMOND, O. M.; ESPINOSA, R. R.; LLERENA, R. P. Contribución de la inoculación micorrízica arbuscular a la reducción de la fertilización fosfórica en *Brachiaria decumbens*. **Cultivos Tropicales**, v. 36, n. 1, p.135-142, 2015.
- CANTARUTTI, R. B.; ALVARES V. V.H.; RIBEIRO, A. C. **Amostragem do solo**. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. p. 13-20, 1999.
- CARDOSO, E. J. B. N.; CARDOSO, I. M.; NOGUEIRA, M. A.; BARETTA, C. R. D. M.; PAULA, A. M. Micorrizas arbusculares na aquisição de nutrientes pelas plantas. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A. de; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: Ed da UFLA, p. 153-214.2010.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N.; MOREIRA, F. M. S. Efeitos da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e da aplicação de fósforo no estabelecimento de forrageiras em solo degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.34, p.1669-1677, 1999.

CARNEIRO, R. F. V.; EVANGELISTA, A. R.; ARAÚJO, A. S. F. Crescimento vegetativo e aquisição de nutrientes pela alfafa em resposta à micorríza e doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, n. 03, p. 267-273, 2009.

CARNEIRO, R.F.V.; MARTINS, M.A.; VÁSQUEZ, H.M.; DETMANN, E. Doses de fósforo e inoculação micorrízica no cultivo de estilosantes em solo sob condições naturais. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 227, p. 415-426. 2010.

CHAKRABORTY, S **High-Yielding Anthracnose-Resistant Stylosanthes for Agricultural Systems**. ACIAR Monograph No. 111, Canberra, p. 268, 2004.

CORDEIRO, M. A. S.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SAGGIN JUNIOR, O. J. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 3, p. 147-153, 2005.

COSTA, L. C.; VALLS, J. F. M. 2016. *Stylosanthes*. In: Lista de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://reflora.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/Fb29882>>. Acesso em 18 jul 2016.

COUTO, J. M. F.; OTONI, W. C.; PINHEIRO, A. L.; FONSECA, E. P.. Desinfestação e germinação in vitro de sementes de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Revista Árvore**, v. 28, n. 05, p. 633-642, 2004.

DARDANELLI, M. S.; CARLETTI, S. M.; PAULUCCI, N. S.; MEDEOT, D. B.; CÁCERES, E. A. R.; VITA, F. A.; BUENO, M.; FUMERO, M. V.; GARCIA, M. B. **Benefits of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria and Rhizobia in Agriculture**. In Plant Growth and Health Promoting Bacteria Microbiology Monographs Volume 18, p 1-20. 2011.

DINIZ, P. F. A.; OLIVEIRA, L. E. M.; GOMES, M. P.; CASTRO, E. M.; MESQUITA, A. C.; BONOME, L. T. S.; SILVA, L. Crescimento, parâmetros biofísicos e anatômicos de plantas jovens de seringueira inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares *Glomus clarum*. **Acta Botanica Brasilica**, v.24, n.1, p.65-72, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações para o estabelecimento e utilização do *Stylosanthes guinensis* cv. Mineirão**. EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico 67, Planaltina/Campo Grande, 1993.

FABRICE, C. E. S. **Recuperação de pastagem de *Brachiaria Decumbens* degradada com a introdução de estilosantes Campo Grande**. 2012. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal)-Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2012.

FAVARATO, L. F.; SOUZA, J. L.; GALVÃO, J. C.; SOUZA, C. M.; GUARCONI, R. C.; BALBIN, J. M.. Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico. **Bragantia**, v.75, n.4, p. 497-506, 2016.

FERNANDES, M. S. ed. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.53-88, 2006.

FERREIRA, L. V.; PAROLIN, P. I. A; MATOS, D. C.L.; CUNHA, D. A.; CHAVES, P. P.; NECKEL, S. O. The effect of exotic grass *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D.Webster (*Poaceae*) in the reduction of species richness and change of floristic composition of natural regeneration in the Floresta Nacional de Carajás, Brazil. **Anais Academia Brasileira de Ciência**. v. 88, p. 589-597, 2016.

FOLLI-PEREIRAI, M. S.; MEIRA-HADDADI, L. S.; BAZZOLLIII, D. M. S.; MARIA KASUYA, C. M. Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 36, p.1663-1679, 2012.

FREITAS, E. D. **Contribuição dos fungos micorrízicos arbusculares na indução à resistência do tomateiro a *Meloidogyne incognita* raça 2**. 2013. 73 f. Dissertação. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

GARCÍA-GARRIDO, J. M.; OCAMPO, J. A. Regulation of the plant defence response in arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Journal of Experimental Botany**, n. 373, p. 1377-1386, 2002.

GARG, N.; CHANDEL S. Arbuscular mycorrhizal networks: process and functions. A review. **Agronomy Sustainable. Development**. v.30, p. 581 – 599, 2010.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. Na evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v.84, p. 489-500. 1980.

GLOSER, V.; SEDLAÁCEK, P.; GLOSER, J. Consequences of nitrogen deficiency induced by low external N concentration and by patchy N supply in *Picea abies* and *Thuja occidentalis*. **Trees**, v. 23, p.1–9, 2009.

GODOY, P. B. **Aspectos nutricionais de compostos fenólicos em ovinos alimentados com leguminosas forrageiras**. 2007. 90f. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura)-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

JEFFRIES, 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 Fertility Soils**, v. 37, p. 1–16, 2003.

JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-floatation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Report*. v. 48, n. 692, 1964.

JIN H, PFEFFER PE, DOUDS DD, PIOTROWSKI E, LAMMERS PJ, SHACHAR-HILL Y. The uptake, metabolism, transport and transfer of nitrogen in an arbuscular mycorrhizal symbiosis. *New Phytologist*, v. 168, p.:687-696, 2005.

JIN, H., LIU, J., LIU, J., HUANG, X. Forms of nitrogen uptake, translocation, and transfer via arbuscular mycorrhizal fungi: A review. *Science China Life*. v.55, 2012.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia - Relações solo-planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 264p.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F. N.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1. ed. Viçosa-MG; 2007.

MAGALHÃES, A. F.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; SILVA, F. F.; RONALDO SILVA SOUSA, R. S.; VELOSO, C. M. Influência do nitrogênio e do fósforo na produção do capim-braquiária. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.5, p.1240-1246, 2007.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, p. 319, 1997.

MALUSÁ, E.; SAS-PASZT, L.; CIESIELSKA, J. Technologies for beneficial microorganisms inocula used as biofertilizers. *The Scientific World Journal*, v. 2012, 2012.

MANTOVANI, E. C. **Modelagem de lixiviação do herbicida Picloram através de lisímetro de drenagem sob vegetação de *Brachiaria decumbens***. 2007. 154 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2007.

MARIOTTE P.; MEUGNIER C.; JOHNSON D.; THEBAULT A.; SPIEGELBERGER T.; BUTTLER A. Arbuscular mycorrhizal fungi reduce the differences in competitiveness between dominant and subordinate plant species. *Mycorrhiza*.23: 267-277, 2013.

MATEUS, R. G. **Desempenho agrônomo e resistência às cigarrinhas-das-pastagens de híbridos de *Brachiaria decumbens***. 2014. 52 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2014.

MEDEIROS, E. C. S.; FLORES, A. S. O gênero *Stylosanthes* (Leguminosae) em Roraima, Brasil. *Rodriguésia*, v. 65, n. 1, p. 235-244, 2014.

MELLO, S. Q. S.; FRANÇA, A. F. S.; LANNA, A. C.; BERGAMASC, A. F.; KLIMANN, H. J. RIOS, L. C.; SOARES, T. V. Adubação nitrogenada em capim-mombaça: produção, eficiência de conversão e recuperação aparente do nitrogênio. *Ciência Animal Brasileira*, v. 9, n. 4, p. 935-947, 2008.

MIRANDA, J.C.C., VILELA, L. E MIRANDA, L.N. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 40: p. 1005-1014, 2005.

MONTEIRO, L. C.; VERZIGNASSI, J. R.; BARRIOS, S. C. L.; VALLE, C. B.; FERNANDES, C. D.; BENTEO, G. L.; LIBÓRIO, C. B. Characterization and selection of interspecific hybrids of *Brachiaria decumbens* for seed production in Campo Grande – MS. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.16, p.174-181, 2016.

MOREIRA, F. M. S., SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. Lavras, MG: UFLA, 2006.

MOTTA, P. E. F. et al. Crescimento e absorção de P por *Urochloa decumbens* afetado por longos períodos de adubação fosfatada, inoculação micorrízica e histórico de uso em Latossolos contrastantes do Cerrado brasileiro. **Ciência Agrotécnica**. v.41, n. , p. 209-219 2017

MOTTA, P. E. F.; SIQUEIRA, J. O.; RIBEIRO, B. T.; SÉRGIO HENRIQUE GODINHO SILVA, S. H. G.; POGGERE, G. C.; CURI, N. Forage mass and nutritive value of bermuda grass mixed to forage. **Acta Science Animal**. v.38, n. 3, 2016.

MOURA, R. L. **Produtividade, características estruturais e composição bromatológica de estilosantes Campo-grande**. 2010. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.

NAGAHASHI, G.; DOUDS, D. J. Separated components of root exudate and cytosol stimulate different morphologically identifiable types of branching responses by arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycological Research**, v. 3, p. 487-492, 2017.

NOLLA, A.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C. Cobertura do solo proporcionada pelo cultivo consorciado de milho com leguminosas e espécies espontâneas. **Cultivando o Saber**, v.2, n.3, p.151-163, 2009.

OLIVEIRA, J. J. F., ALIXANDRE, T. F. Parâmetros biométricos de mudas de sabiá micorrizadas sob níveis de fósforo em Latossolo Amarelo. **Pesquisa Florestal Brasileira**. v.33, p.158 - 158, 2013.

OLIVO, C. J.; AGUIRRE, P. F.; MACHADO, P. R.; SANTOS, J. C.; ARAÚJO, T. L. R. Produtividade e proteína bruta de pastagens consorciadas com trevo branco e amendoim forrageiro. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 2, p. 207-213, 2013.

PENG J., LI Y., SHI P., CHEN X., LIN H., ZHAO B.. The differential behavior of arbuscular mycorrhizal fungi in interaction with *Astragalus sinicus* L. under salt stress. **Mycorrhiza**, v. 21, p. 27–33, 2011.

PEREIRA FILHO, J. M.; SILVA, A. M. A.; CÉZAR, M. F. Manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.1, p.77-90, 2013.

PEREIRA, M. R. R.; SOUZA, G. S. F.; SILVA, J. I. C.; MATINS, D. Densidades de plantas de *Urochloa decumbens* em convivência com *Corymbia citriodora*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 1803-1812, 2011.

PEREIRA, R. C.; RIBEIRO, K. G.; PEREIRA, O. G.; RIGUEIRA, J. P. S.; SILVA, J. L.; SANTOS, J. M.. Composição químico-bromatológica em cultivares de Brachiaria. **IX Simpósio Nacional Cerrado**, Desafios e estratégia para o equilíbrio entre sociedade agronegócio e recursos naturais. Brasília, DF, 2008.

PORCEL, R.; AROCA, R.; RUIZ-LOZANO, J. M. Salinity stress alleviation using arbuscular mycorrhizal fungi. A review. **Agronomy Sustainable Development**. v. 32, p. 181–200, 2012.

RAMIREZ, M. A. **Valor nutricional do feno de *Brachiaria decumbens* em três idades**. 2011. 141 f., Tese (Dourado em Zootecnia)-Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

RAMOS, A. C.; MARTINS, M. A.; OKOROKOVA-FAÇANHA, A. L.; OLIVARES, F. L.; OKOROKOV, L. A.; SEPÚLVEDA, N.; FEIJÓ, J. A.; FAÇANHA, A. R. Arbuscular mycorrhizal fungi induce differential activation of the plasma membrane and vacuolar H⁺ pumps in maize roots. **Mycorrhiza**. n. 19, v.2, p.69-80, 2009

REIS, V. M.; TEIXEIRA, K. R. dos S. **Fixação biológica do nitrogênio – Estado da arte**. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de (Ed.) Processos biológicos no sistema solo planta: ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, p. 368, 2005.

REIS, V. M. R.; TEIXEIRA, K. **Fixação Biológica de Nitrogênio - Estado da Arte**. In: AQUINO, A. M.; LINHARES (Eds.), cap. 6, p. 151-180.

RIBEIRO, R. C. ROSSIELLO, R. P.; MACEDO, R. O.; BARBIERI JUNIOR, E. Introdução de desmódio em pastagem estabelecida de *Brachiaria humidicola*: densidade e frequência da Leguminosa no consórcio. **Revista da Universidade Rural, Série. Ciência. Vida**, v. 27, n. 2, p. 41-49, 2007.

ROSA, S. R. A.; CASTRO, T. A. P.; OLIVEIRA, I. P. Análise de crescimento em CAPIM-Tanzanianos sistemas de plantio solteiro e consórcio com leguminosas. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 2, p. 251-260, 2007.

ROSSI, C. Q.; ALVES, R. E.; FERNANDES, P. R. T.; PEREIRA, M. G.; POLIDORO, J. C.; RIBEIRO, R. de L. D. Liberação de macronutrientes de resíduos do consórcio entre mucuna preta e milho sob sistema orgânico de produção. **Revista da Universidade Rural, Série. Ciência. Vida**, v. 28, n. 02, p. 01-10, 2008.

RU, Q.; WANG, X.; LIU, T.; ZHENG, H. Physiological and comparative proteomic analyses in response to nitrogen application in an *Amaryllidaceae* plant, *Lycoris aurea*. **Acta Physiology Plantatum**, v. 35, p. 271–282, 2013.

RYU, H.; CHO, H.; CHOI, D.; HWANG, I. Plant Hormonal Regulation of Nitrogen-Fixing Nodule Organogenesis. **Mol. Cells**, v. 34, p. 117-126, 2012.

SANTOS, A. D. **Desempenho de bovinos em pastos de Capim-braquiária suplementados nos períodos de água e seca.** 2012. 89 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

SANTOS, E. D. G.; PAULINO, M. F.; QUEIROZ, D. S.; VALADARES FILHO, S. C.; FONSECA, D. M.; LANA, R. P. Avaliação de Pastagem Diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf: 1. Características Químico-Bromatológicas da Forragem Durante a Seca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.33, n.1, p.203-213, 2004.

SANTOS, I.P.A.; PINTO, J.C.; SIQUEIRA, J.O. Influencia do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizanta* e *Arachis pintoi* consorciados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.2, p.605-616, 2002.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; EUCLIDES, V. P. B.; RIBEIRO JÚNIOR, J. I.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; MOREIRA, L. M. Produção de bovinos em pastagens de capim-braquiária diferidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.4, p.635-642, 2009.

SANTOS-GARCIA, M. O.; TOLEDO-SILVA, G.; SASSAKI, R. P.; FERREIRA, T. H.; RESENDE, R. M. S.; CHIARI, L.; KARIA, C. T.; CARVALHO, M. A.; FALEIRO, F. G.; ZUCCHI, M. I.; SOUZA, A. P. Mating systems in tropical forages: *Stylosanthes capitata* Vog. and *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. **Euphytica**. v. 178, p. 185–193, 2010.

SANTOS-GARCIA, M. O.; SILVA, G. T.; SASSAKI, R. P.; FERREIRA, T. H.; RESENDE, R. M. S.; CHIARI, L.; KARIA, C. T.; CARVALHO, M. A.; FALEIRO, F. G.; ZUCCHI, M. I.; SOUZA, A. P. Using genetic diversity information to establish core collections of *Stylosanthes capitata* and *Stylosanthes macrocephala*. **Genetics and Molecular Biology**, v. 35, n. 4, p. 847-861, 2012.

SEIFFERT, N.F. *Gramíneas forrageiras do gênero Brachiaria*. Circular Técnica. Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Corte, **EMBRAPA**, 1980.

SELIGMAN, N. G.; KEULEN, H.; GOUDRIAAN, J. An elementary model of nitrogen uptake and redistribution by annual plant species. **Oecologia** v. 3, p. 243–261, 1975.

SERRÃO, E. A. D.; SIMÃO NETO, M. **Informações sobre duas espécies de gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* na Amazônia: *B. decumbens* Stapf e *B. ruziziensis* Germain et Evrard.** Belém, Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Norte, v. 2, n. 1, 1971.

SHARIF, M.; CLAASSEN, N. Action mechanisms of arbuscular mycorrhizal fungi in phosphorus uptake by *Capsicum annum* L. **Pedosphere**, 21(4):502-511, 2011.

SHARMAH, D.; JHA, D. K. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in undisturbed forest, slash-and-burn field, and monoculture forest of Indo-Burma megadiverse region. **Brazilian Journal of Botany**, v.37, n.3, p 339–351, 2014.

SILVA, F. A. S., AZEVEDO C. A. V. The assistat software version 7.7 and use in the analysis of experimental data. **African Journal Agricultural Research**. v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SILVA, D. M. N.; OLIVEIRA, F. L.; GRAZZIOTT, P. H.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Organic cultivation of okra with ground cover of perennial herbaceous legumes. **Horticultura Brasileira**, v.31, n. 3, p. 450-456, 2013.

SILVA, L. S.; POCOJESKI, E.; RHODEN, A. C. Dinâmica de nitrogênio mineral após alagamento em solos de várzea do Rio Grande do Sul. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 2, p. 583-590, 2011.

SILVA, M. P.; ZIMMER, A. H. **Avaliação agronômica de consorciações de braquiárias e *Andropogon gayanus* com novos acessos de estilosantes sob pastejo**. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 41. 2004, Campo Grande, p. 212-220, 2004.

SIQUEIRA, J. O.; O. KLAUBERG-FILHO. 2000. Micorrizas arbusculares: a pesquisa brasileira em perspectiva. p. 235-264. In R. F. Novais, V. H. ALVAREZ; C. E. G. R. SCHAEFER. (Ed.). **I Tópicos em Ciências do Solo**. SBCS, Viçosa. 352 p.

SKONIESKI, F. R.; VIÉGAS, J.; BERMUDEZ, R. F. B.; NÖRNBERG, J. L.; ZIECH, M. F.; COSTA, O. A. D.; MEINERZ, G. R. Composição botânica e estrutural e valor nutricional de pastagens de azevém consorciadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.550-556, 2011.

SMITH, S. E.; SMITH, F. A. Roles of Arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: new paradigms from cellular to ecosystem scales. **Annual Review of Plant Biology**, v. 62, p. 227–250, 2011.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Leguminosas herbáceas perenes para utilização como coberturas permanentes de solo na Caatinga Mineira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 292-300, 2011.

TORRES, B. M. J.; CANCINO, S. J.; HERNÁNDEZ-GARAY, A.; JORGE PÉREZ PÉREZ, J. P. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de semilla de pasto guinea. **Técnica. Pecuaria en México**., v. 47, n.1, p. 69-78. 2009.

TRANNIN, W.S., URQUIAGA, S., GUERRA, G., IBIJBIJEN, J. AND CADISCH, G. Interspecies competition and N transfer in a tropical grass-legume mixture. **Biology and Fertility of Soil**., v. 32, p. 441-448, 2000.

URCELAY, C.; DIAZ, S. The mycorrhizal dependence of subordinates determines the effect of arbuscular mycorrhizal fungi on plant diversity. **Ecology Letters**, v. 6, p. 88–391, 2003.

VANCE, C. P.; UHDE-STONE, C.; ALLEN, D. L. Phosphorus acquisition. Plant nutrition in a world of declining renewable resources. **Plant Physiology**, v.127, p.390-397, 2001.

VIERHEILIG, H.; COUGHLAN, A. P.; WYSS U, PICHE Y.INK and vinegar, a simple technique for arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied and Enviromental Microbiology**, v.64, n.12, p. 5004-5007, 1998.

VILELA, E. F.; MENDONÇA, E. S. Impacto de sistemas agroflorestais sobre a matéria orgânica do solo: modelagem de carbono e nitrogênio. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 354-363, 2013.

WERF, A. V. D.; ENSERINK, T.; SMIT, B.; BOOIJ, R. Allocation of carbon and nitrogen as a function of the internal nitrogen status of a plant: Modelling allocation under non-steady-state situations. **Plant and Soil**, p.183-186, 1993.

WINTER, T. R.; ROSTÁS, M. Nitrogen Deficiency Affects Bottom-Up Cascade Without Disrupting Indirect Plant Defense. **Journal Chemical Ecology**, v.36, p. 642–651, 2010.

WU, Q. S.; ZOU, Y. N.; HE, X. H. Contributions of arbuscular mycorrhizal fungi to growth, photosynthesis, root morphology and ionic balance of citrus seedlings under salt stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 32, p. 297–304, 2011.