

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**OCORRÊNCIA DE *MACROPTILUM* SPP E DIVERSIDADE RIZOBIANA EM  
NEOSSOLOS LITÓLICOS DO SEMIÁRIDO DE PE**

**RERISSON JOSÉ CIPRIANO DOS SANTOS**

Zootecnista

**RECIFE-PE**

**FEVEREIRO-2014**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**OCORRÊNCIA DE *MACROPTILIUM* SPP E DIVERSIDADE RIZOBIANA EM  
NEOSSOLOS LITÓLICOS DO SEMIÁRIDO DE PE**

**RECIFE-PE**

**FEVEREIRO-2014**

**RERISSON JOSÉ CIPRIANO DOS SANTOS**

**OCORRÊNCIA DE *MACROPTILIUM* SPP E DIVERSIDADE RIZOBIANA EM  
NEOSSOLOS LITÓLICOS DO SEMIÁRIDO DE PE**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE, Universidade Federal da Paraíba/ UFPB e Universidade Federal do Ceará/UFC como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia, na UFRPE.

Área de Concentração: Forragicultura

**Comitê de Orientação:**

Dr<sup>a</sup> Mércia Virginia Ferreira dos Santos - Orientador principal, Prof<sup>a</sup>. da UFRPE

PhD. José Carlos Batista Dubeux Júnior - Coorientador, Prof. da UFRPE

Dr. Márcio Vieira da Cunha - Coorientador, Prof. da UFRPE

**RECIFE-PE**

**FEVEREIRO-2014**

Ficha catalográfica

S237o Santos, Rerisson José Cipriano dos  
Ocorrência de *Macoptilium* SPP e diversidade  
rizobiana em neossolos litólicos do semiárido de PE /  
Rerisson José Cipriano dos Santos. – Recife, 2014.  
92 f. : il.

Orientador(a): Mércia Virginia Ferreira dos Santos.  
Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia) –  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento  
de Zootecnia, Recife, 2014.  
Referências.

1. Arvore de decisão 2. Ocorrência 3. *Macoptilium*  
4. Semiárido I. Santos, Mércia Virginia Ferreira dos,  
orientadora II. Título

CDD 636

**OCORRÊNCIA DE *MACROPTILIUM* SPP E DIVERSIDADE RIZOBIANA EM  
NEOSSOLOS LITÓLICOS DO SEMIÁRIDO DE PE**

Tese defendida e aprovada em 18 de fevereiro de 2014

Comissão Examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Mércia Virginia Ferreira dos Santos-

Departamento de Zootecnia - UFRPE

---

Prof. Dr. Divan Soares da Silva

Departamento de Zootecnia - UFPB

---

Prof. PhD. Mário de Andrade Lira

Departamento de Zootecnia - UFRPE

---

Dr<sup>a</sup> Maria da Conceição Silva

Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA

---

Prof. Dr. Vicente Imbrosi Teixeira

Unidade Acadêmica de Serra Talhada - UFRPE

**RECIFE-PE**

**FEVEREIRO-2014**

## **Dedico**

A minha esposa, Sabrina Kelly; ao meu filho, Davi; a minha mãe, Nivaldi Cipriano dos Santos; e, a minha avó, Maria José dos Santos, pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida, sempre dando exemplo de fé, honestidade, dedicação, humildade, honra, otimismo e persistência.

A todos os meus irmãos, Renisson Neiry, Renildo Niron e às minhas Tias, Neide e Nilma Cipriano, por fazer parte das lutas e conquistas dos meus sonhos.

## AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Deus, pois tenho tido a oportunidade de viver e ver todas as maravilhas que Ele tem mostrado, dando-me a oportunidade, através da Sua infinita misericórdia, de poder alcançar todos os meus objetivos.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, em particular ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, pela oportunidade de realizar o curso.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão da bolsa de doutorado, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB), pelo financiamento do projeto.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), pelo apoio para realização do experimento.

À professora Mércia Virgínia Ferreira dos Santos, pela oportunidade de trabalhar sob sua orientação, que, certamente, me impulsionou para enfrentar fortes desafios. Agradeço, também, pelos ensinamentos e pelas oportunidades disponibilizadas durante todo o doutorado. Foi enriquecedor!

A minha amada esposa, Sabrina, pelo grande apoio na carreira acadêmica.

A minha mãe, Nivaldi, sempre pronta a ajudar.

A minha avó, Maria José dos Santos, que teve uma influência na minha vida.

Às minhas tias, Neide e Nilma, que tiveram participações importantes durante essa caminhada.

Aos meus irmãos, pelo apoio que precisei durante toda formação profissional.

A minha sogra, Vilma Nogueira, aos meus cunhados, Renata e Delano, pelo incentivo na carreira do doutorado.

Aos professores, Mário de Andrade Lira, José Carlos Batista Dubeux Júnior, Alexandre Carneiro Leão de Melo, Márcio Vieira da Cunha e Mário de Andrade Lira Júnior, pelos ensinamentos durante todo o período de Pós-graduação.

A todos os colegas da Pós-graduação, em especial à turma da Forragicultura, pelo apoio e incentivo. Agradeço a Osniel, Nalígia, Hiran, Socorro, Carolina, Karina, Felipe, Suellen, Joelma e, em especial Adeneide e Ildja, pela amizade criada, ajuda e disponibilidade.

Aos amigos da Pós-graduação, Luciana Neves, Keyla, Marta Xavier, Fabiana Lopes, Fabiana Maria, Thiago, Anidene Cristhina, Alessandra, Ana Maria e Vicente, que me auxiliaram durante todo o curso, sempre com boa vontade e otimismo.

A todos que contribuíram para realização deste trabalho. Obrigado!

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

**RERISSON JOSÉ CIPRIANO DOS SANTOS**, filho de Rivaldo Ramiro dos Santos e Nivaldi Cipriano dos Santos. Nasceu em Rosário do Catete, Sergipe, em 19 de março de 1982.

Ingressou no curso de Zootecnia no ano de 2002, na Universidade Federal de Alagoas (UFAL), tendo se transferido para a Universidade Federal da Paraíba (UFPB) no ano de 2004, obtendo o título de Zootecnista, em dezembro 2007.

Em Março de 2008, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia, pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), concentrando seus estudos na área de Forragicultura, obtendo, em 11 de fevereiro de 2010, o título de Mestre em Zootecnia.

No mês de Março de 2010, deu início ao curso de Doutorado em Zootecnia, através do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), tendo desenvolvido os estudos na área de Forragicultura, submetendo-se à defesa da tese em 20 de fevereiro de 2014.

## SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	xii
Lista de Tabelas.....	xiii
Resumo Geral.....	xiv
Abstract.....	xvi
Considerações iniciais.....	18
<b>Capítulo I</b>	
Referencial Teórico.....	21
Referências.....	36
<b>Capítulo II</b>	
Influência do ambiente na ocorrência de <i>Macroptilium</i> spp. em municípios do Agreste e Sertão de Pernambuco	
Resumo.....	44
Abstract.....	45
Introdução.....	47
Material e Métodos.....	49
Resultados e discussão.....	51
Conclusões.....	57
Referências .....	58
<b>Capítulo III</b>	
Diversidade rizobiana para <i>Macroptilium lathyroides</i> (L. Urb), em NEOSSOLOS LITÓLICOS do Agreste e Sertão de Pernambuco	
Resumo.....	67
Abstract.....	68
Introdução.....	69
Material e Métodos.....	70
Resultados e Discussão.....	73

Conclusões.....	76
Referências.....	77
Considerações Finais.....	84
Anexos.....	85

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo II

**Figura 1.** Árvore de decisão gerada para verificação da presença de acessos *Macroptilium* spp. em função dos atributos químicos e físicos de solo.....65p.

### Capítulo III

**Figura 1.** Dendrograma das características morfológicas dos isolados de rizóbio de solos NEOSSOLOS LITÓLICOS de sete diferentes municípios do Estado de PE pelo método UPGA (unweighted pair group average) usando o índice Jaccard de 70%.....81p.

**Figura 2.** Porcentagens de crescimento dos isolados em rápida, intermediária e lenta após repicagem nas placas Petri .....82p.

**Figura 3.** Quantidade de muco produzido em meio YMA por bactérias isoladas de nódulos de *Macroptilium lathyroides* cultivado em NEOSSOLOS LITÓLICOS de sete municípios do Estado de Pernambuco .....83p.

**Figura 4.** Diversidade dos isolados quanto ao pH do meio em ácido, neutro e alcalino.....84p.

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo II

**Tabela 1.** Números de plantas coletadas e taxa de sobrevivência de *Macroptilium*, nos municípios pesquisados..... **62p.**

**Tabela 2.** Análise descritiva das variáveis climáticas, físicas e químicas dos solos de diferentes municípios do Estado de PE.....**63p.**

**Tabela 3.** Correlação entre variáveis para o desenvolvimento da árvore de decisão.....**64p.**

### Capítulo III

**Tabela 1.** Números de nódulos (NN), peso de nódulos (PN), matéria seca da parte aérea (MSPPA), matéria seca da raiz (MSR), acúmulo de nitrogênio na parte aérea e eficiência relativa de plantas de *Macroptilium lathyroides*, em função de solos Neossolo litólico de sete municípios do Estado de PE .....**80p.**

## RESUMO GERAL

O Nordeste do Brasil tem uma grande proporção de áreas semiáridas, tendo a Caatinga como vegetação nativa predominante. Nesta região, as pessoas sobrevivem principalmente de atividades econômicas ligadas à agricultura e à pecuária. O gênero *Macropitium* spp. engloba 20 espécies da América tropical e subtropical, com sete espécies que ocorrem na região Semiárida brasileira. Objetivou-se identificar a ocorrência de plantas do gênero *Macropitium* spp. em onze municípios do semiárido de Pernambuco; além de verificar a diversidade Rizobiana de *Macropitium lathyroides* no Semiárido no Pernambucano. Para a explicação da ocorrência foi utilizado análise descritiva dos dados das coletas, correlações, teste de quidrado e árvore de decisão. Foi observado que, para ocorrência dos acessos de *Macropitium* spp. As variáveis que mais influenciaram para melhor caracterização da ocorrência foram precipitação e temperatura média com muito acesso coletados em solos Arenosos siltosos. Observou-se que os municípios de Sertânia e Parnamirim foram os que apresentaram maior ocorrência de plantas de *Macropitium* tendo as plantas das cidades de Bom Jardim, Caetes e Tupanatinga apresentado maiores taxas de sobrevivência. Para avaliação da diversidade rizobiana em solos Neossolos Litólicos de municípios do Agreste e Sertão do Estado Pernambuco foi realizado um experimento de diversidade rizobiana em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de sete solos Neossolos Litolicos (inóculos) dos municípios de Santa Cruz Capibaribe, Tupanatinga, Jataúba, Caetés, Santa Cruz, Petrolina e Floresta, mais dois tratamentos adicionais, testemunhas com e sem nitrogênio, sendo um total de nove tratamentos. Foram realizadas análises da parte aérea, raiz, eficiência relativa, acúmulo de matéria, peso e número de nódulos. Além das características morfológicas de isolados bacterianos. Foi observado que os solos dos municípios de Santa Cruz Capibaribe, Tupanatinga e Jataúba foram os isolados

bacterianos com maior peso do nódulo, número de nódulos e eficiência relativa, sendo que a maioria dos isolados bacterianos foi de crescimento rápido.

## ABSTRACT

The Northeast is formed by a large proportion of semiarid region, with the Caatinga as predominant native vegetation. In this region, people survive mainly by means of economic activities mostly related to agriculture and livestock. The genus *Macroptilium* spp. includes 20 species from tropical and subtropical America, with seven species occurring in the Brazilian semiarid region. This study aimed to identify the occurrence of plants of the genus *Macroptilium* spp. present in eleven counties in the semiarid region of Pernambuco State. And also an experiment was conducted to study of *Macroptilium lathyroides* rhizobium diversity in the semiarid of Pernambuco State. Descriptive analyses of the samples were used for the explanation of the rhizobium occurrence. Correlations of chi-square test and decision tree were also used. Variables that most influenced the occurrence of *Macroptilium* spp. accesses were rainfall and average temperature, with much accessions collected in silty sandy soils. It was observed that the municipalities of Sertânia and Parnamirim were those who had higher plants *Macroptilium* with plants of Bom Jardim, Caetés and Tupanatinga shown higher survival rates. For assess the diversity of rhizobium in Entisols located in the semiarid of Pernambuco State, an experiment aiming to study rhizobium diversity was carried out using random blocks, with four replications. Treatments consisted of seven “Entisols Lithic soils” (inoculum) collected from the municipalities of Santa Cruz do Capibaribe, Tupanatinga, Jataúba, Caetés, Santa Cruz, Petrolina, and Floresta. Two additional treatments, with and without nitrogen, were used as the control, totaling nine treatments. Analysis of shoot and root, relative efficiency, dry matter accumulation, weight and number of nodules were performed. Morphological characteristics of bacterial isolates were also assessed. It was observed that the soils of the counties of Santa Cruz do Capibaribe, Tupanatinga, and Jataúba

were the bacterial isolates with higher nodule weight, nodule number, and relative efficiency.

It was also observed that most bacterial isolates were fast growing.

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A região semiárida representa cerca de 74% da superfície da região Nordeste. Nesta região, as pessoas sobrevivem principalmente de atividades econômicas ligadas à agricultura e à pecuária. As lavouras têm sido consideradas como um subcomponente do sistema de produção predominante, devido principalmente às vulnerabilidades edáficas e climáticas que ocorrem na região (Candido et al., 2005). Por outro lado, a pecuária na região semiárida é uma das principais atividades, notadamente a caprinovinocultura.

Na Região Nordeste, diversas leguminosas nativas precisam ser domesticadas, tendo como consequência a melhor otimização dessas forrageiras pelos produtores do Nordeste. Neste sentido, o estudo do gênero *Macroptilium* spp. engloba 20 espécies da América tropical e subtropical, ocorrentes espontaneamente com grande frequência nas áreas semiáridas de Pernambuco e outros estados do Nordeste do Brasil (Queiroz, 2009).

As coletas de germoplasma de algumas leguminosas representam uma necessidade urgente de garantir a conservação e, principalmente, de estudar e conhecer essa diversidade, tanto para garantir a disponibilidade, a médio e longo prazo, de características que possam ser utilizadas no desenvolvimento de novas cultivares, quanto para garantir a disponibilidade desses mesmos materiais, aos locais de origens, em casos de eventuais perdas (Karia et al., 2002; Walter et al., 2006).

Para uma melhor compreensão das estratégias de domesticação do gênero *Macroptilium* spp. o estudo da fixação biológica de nitrogênio das suas espécies é importante.

A fixação biológica de N<sub>2</sub> por meio das leguminosas e sua capacidade de nodulação são aspectos que evidenciam a importância das leguminosas. A nodulação envolve microrganismos e ocorre por meio da associação de um hospedeiro (planta leguminosa) com

bactéria comumente denominada rizóbios. Essa associação é um processo fisiológico importante, visto como uma porta de entrada ecológica e econômica de nitrogênio no sistema solo-planta, sendo considerada uma associação promissora para a agricultura de baixa utilização de insumo, quando comparada com a adubação mineral (Vessey, 2003).

A avaliação da diversidade de rizóbios, através das características culturais, morfológicas e uso de tecnologia de ponta como utilização de marcadores moleculares, são grandes ferramentas para encontrar rizóbios mais eficientes em fixação biológica de nitrogênio, permitindo uma avaliação da dinâmica populacional (Pelczar et al., 1997). Estes rizóbios, posteriormente, são testados quanto à eficiência simbiótica, com o objetivo de selecionar os mais eficientes destinados ao uso futuro como inoculantes (Chagas Junior et al., 2010b).

Informações referentes ao conjunto de dados do ambiente e da ocorrência da planta podem ser melhor compreendidas com a utilização de ferramentas de classificação, como a árvore de decisão, em que possibilita ao pesquisador o entendimento mais adequado das características de meio que mais influenciam a ocorrência da planta na época de coleta.

Neste sentido, a árvore de decisão é um método não paramétrico sem ajuste de parâmetro hierárquico, composto de regras de decisão, que divide variáveis independentes em zonas homogêneas, que é bastante utilizada para determinar o padrão de comportamento de conjuntos de dados, em diferentes formas de apresentações (Quinlan, 1981; Breman et al., 1984; Cho e Kurup de 2011; Pradhan, 2013).

As vantagens no uso de árvores de decisão incluem a habilidade de manusear com dados que estão em diferentes escalas de medidas, pois não são necessárias suposições sobre as distribuições de frequência dos dados em cada uma das classes, a flexibilidade e a capacidade de lidar com relações não lineares entre variáveis e classes (Fried e Brodley, 1997;

Mahesh e Mather, 2003; Martins et al., 2007). Árvores de decisão podem identificar as variáveis mais decisivas, que são aqueles que são usados para criar as divisões perto do topo da árvore.

Diante da importância das leguminosas na alimentação de ruminantes na região semiárida, esse trabalho objetivou identificar a ocorrência de plantas do gênero *Macroptilium* spp., presentes em onze municípios do semiárido de Pernambuco; além de verificar a diversidade Rizobiana de *Macroptilium lathyroides* no Semiárido e Agreste Pernambucano.

A tese divide-se em três capítulos, a saber: o Capítulo I, constituindo-se da revisão bibliográfica; o Capítulo II, “Influência do ambiente na ocorrência de plantas de *Macroptilium* spp. em municípios do Agreste e Sertão de Pernambuco”; e o Capítulo III, “Diversidade rizobiana para *Macroptilium lathyroides* (L. Urb), em NEOSSOLOS LITÓLICOS do Agreste e Sertão de Pernambuco”.

**CAPÍTULO I**  
**REFERENCIAL TEÓRICO**

**OCORRÊNCIA DE *MACROPTILIUM* SPP E DIVERSIDADE RIZOBIANA EM  
NEOSSOLOS LITÓLICOS DO SEMIÁRIDO DE PE**

## 1. Caracterização da Caatinga

O Nordeste do Brasil tem uma grande proporção de áreas semiáridas, a qual representa, ecologicamente, um mosaico formado por centenas de sítios ecológicos. Apresenta, como principal recurso forrageiro, a vegetação da Caatinga, que abrange cerca de 54,33% dos 1.548.672 Km<sup>2</sup> da área da região (Araújo Filho et al., 1995; IBGE, 2005).

A Caatinga é um bioma do semiárido brasileiro, sendo exclusivo do Brasil, cobrindo aproximadamente 10% do território nacional. Apresenta grande variedade de paisagens, relativa riqueza biológica com grande endemismo de espécies nativas. Esse ecossistema ocupa consideráveis áreas dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, além do norte de Minas Gerais (Casteletti et al., 2003; Queiroz, 2009).

Na Caatinga, observa-se um mosaico complexo com diferentes tipos de solos, desde classes de solos mais rasos e/ou pedregoso com baixa capacidade de retenção de água; já em áreas sedimentares, são profundos e arenosos, e, cada um destes, possui propriedades físicas e químicas diferentes (Sampaio, 1995; EMBRAPA, 2007).

Independentemente da extensão do semiárido e de acordo com a classificação de Koppen, predominam três tipos de clima na região, por ora listados: o BShw - semiárido, com curta estação chuvosa no verão e precipitações concentradas nos meses de dezembro e janeiro; o BShw' - semiárido, com curta estação chuvosa no verão-outono e maiores precipitações nos meses de março e abril; e o BShs' semiárido, com curta estação chuvosa no outono-inverno e precipitações concentradas nos meses de maio e junho. A precipitação tem uma média de 700 mm, podendo chegar a 1300 mm. A temperatura média está em torno de

28<sup>0</sup>C, com mínima de 8 °C e máxima ao redor de 40°C, e umidade relativa do ar em torno de 60% (Ferreira Filho et al., 2013).

Os solos de maior expressão geográfica no bioma da caatinga são Luvisolos, planossolos argissolos latossolos e Neossolos. Há também os solos com menores proporções, como Vertissolos, Nitossolos e Cambissolos (Araújo Filho et al., 2000). O bioma Caatinga é formado por três estratos distintos, arbóreo, arbustivo e herbáceo, em sua maioria caducifólia, hiperxerófila, além de gramíneas e dicotiledôneas herbáceas perenes, anuais, com plantas cactáceas e bromeliáceas (Perreira Filho et al., 2006).

Entre as principais espécies nativas da Caatinga destacam-se Maniçoba, (*Manihot pseudoglaziovii* Muell Arg), Angico, (*anadenanthera macrocarpa* (Benth. Brenan), Sabiá, (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth), Juazeiro, (*Ziziphus joazeiro* Mar), Engorda-magro, (*Desmodium spp*) E Mororó, (*Bauhinia cheilantha* Bong. Steud). Além das cactáceas forrageiras, Mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.), Xiquexique (*Pilosocereus gounellei* (F.A.C. Weber) Byles e Rowle), Facheiro (*Pilosocereus pachycladus* Ritter) e Palmatória (*Opuntia palmadora* Britton e Rose), (Drumond et al., 2004; Santos et al., 2010).

### **1.1. Importância das leguminosas para alimentação animal**

Ao longo do tempo a utilização e a adoção de leguminosas na alimentação animal têm sido alcançadas na Ásia e Austrália, mas na África poucos países têm tido sucesso. Na América Latina, o Brasil teve alguns sucessos em relação aos demais países da região, mas a adoção da leguminosa por parte dos produtores ainda é restrita (Shelton et al., 2005).

Na Austrália, na década de 1960, houve grande esforço para introduzir e desenvolver leguminosas forrageiras apropriadas para sistemas de pastagem tropical. No norte da Austrália, a introdução de *Stylosanthes* spp. e *Leucaena* spp., essas tiveram importantes

impactos (Miller et al., 1994; Jones e Jones, 2003). Em Queensland, há, aproximadamente, 120 mil animais para 150 mil hectares de Leucena, podendo ainda ter aumentos consideráveis ao longo dos anos (Shelton e Dalzell, 2007).

O uso das leguminosas na alimentação animal tem tido sucesso nas regiões da Ásia, com o uso de *Stylosanthes* spp; *Mucuna pruriens* (Ramesh et al., 2005; Sumberg ,2002). Na África, países como o Zimbábue têm usado as leguminosas *Lablab purpureus*, (*lablab*), *Mucuna pruriens* (velvet bean) e *Vigna unguiculata* para alimentação do gado de corte (Mapiye, et al., 2007.) Além disso, segundo Sumberg (2002), desde a década de 1980, na África Ocidental foi criado dois sistemas com o uso de leguminosas para melhorar o conhecimento e técnicas de manejo. A primeira é a tecnologia de banco de germoplasma, que foi desenvolvido e promovido pelo ILCA, agora chamado ILRI. Nessa fase, o gênero *Stylosanthes* spp. teve um importante sucesso para o uso na África, principalmente na Nigéria. O outro sistema foi o uso de *Mucuna pruriens* para controle de plantas daninhas e melhoraria da fertilidade de solo, aumentando assim o conhecimento sobre essas espécies para alimentação animal.

Países como Tailândia têm usado sistematicamente a leguminosa *Stylosanthes* na alimentação de ruminantes. No Brasil, o uso de *Stylosanthes*, principalmente Campo Grande (Fernandez et al., 2005), *Arachis pintoi* cv. amarillo (Fernandez et al., 20003;Valentim et al., 2003) *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Vitti et al., 2005) e *Puerara phaseoloides* Roxb) Benth. (Valetim e Andrade, 2005b) vem melhorando os índices produtivos e econômicos, tanto para produção de carne quanto leite.

Os resultados obtidos devem-se principalmente ao elevado teor de proteína bruta destas leguminosas, pois, quando bem manejadas, têm reflexos diretos sobre a produtividade animal, com aumento do ganho de peso, bem como aportando maior quantidade de nutrientes à dieta (Montenegro, et al., 2000). Aroeira et al. (2005), avaliando a disponibilidade, o consumo de

matéria seca, a proporção de gramínea e leguminosa na dieta de vacas mestiças Holandês x Zebu, em pastagem consorciada de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, *Stylosanthes guianensis* var. *vulgaris* cv. Mineirão e leguminosas arbóreas, observaram que *S. guianensis* participa da dieta de vacas mestiças ao longo de todo o ano, com média de 17%, cujo maior consumo é observado no início da época seca, apresentando média de 1,6%. Embora os autores tenham observado, visualmente, em todos os períodos de avaliação, o ramoneio das leguminosas arbóreas *Acacia mangium* e *Mimosa artemisiana* pelos animais.

Euclides et al. (1998) estimaram a produção animal em pastagens de *Brachiaria decumbens* e *B.brizantha*, consorciadas ou não com *Calopogônio* em épocas das águas e seca. Os autores verificaram que a contribuição da leguminosa na dieta de animais resultou em melhor desempenho de bovinos na pastagem consorciada, relativamente àqueles mantidos em pastagem exclusiva de gramínea, ainda foi observado que quando a porcentagem de leguminosa na pastagem foi baixa, não foi observada diferença na taxa de lotação entre as pastagens consorciadas ou não com Calopogônio.

## **1.2. Leguminosas Nativas**

Segundo Kretschmer e Pitman (2001), existem 18.000 espécies de leguminosas tropicais, cuja maioria é encontrada na América Latina. Há grande diversidade de leguminosas tropicais nas três famílias: *Mimosaceae*, *Caesapinalceae* e *Papilonaideae*, com grande diversidade delas utilizadas como forrageiras. Porém, poucas ainda foram pesquisadas. Na Região Nordeste, diversas leguminosas nativas precisam ser domesticadas, podendo ter como consequência a otimização dessas forrageiras pelos produtores da região.

O potencial de leguminosas herbáceas nativas no Nordeste é muito grande, podendo ser destacada diversas espécies dos gêneros *Stylosanthes*, *Centrosema*, *Rhyncosia*, *Zornia*,

*Phaseolus*, *Macroptilium* e *Desmanthus* (Queiroz, 2004), e tantos outros gêneros e espécies que possibilitam a produção de forragem de boa qualidade, porém, para muitas, a produção é inviável, devido à pequena produção de fitomassa e/ou ao alto requerimento de mão de obra, em função da presença de espinhos e baixa relação folha: caule.

Em relação às leguminosas arbóreas arbustivas do semiárido, a grande importância é atribuída ao seu papel durante o período seco, proporcionando forragem verde no início do período e, posteriormente, o pastejo de folha caída ao solo. Além disso, existem ainda aquelas que retêm as folhas por maior tempo e as que produzem vagens forrageiras muito utilizadas para alimentação dos rebanhos no período seco.

Os caules das leguminosas arbustivas arbóreas, apesar de apresentarem menor valor nutritivo que as folhas, têm alta importância dada à época de produção de escasses de forragem de outros recursos forrageiros. As que mais sobressaem em algumas regiões do semiárido são Jurema (*Acacia jurema* Mart.), Canafístula (*Peltophorum dubium*), Mororó (*Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud.), Angico (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.) e Pau de Ferro (*Caesalpinia ferrea* Marth. ex. Tul), segundo Nascimento e Nascimento (2008).

As leguminosas exercem o papel de plantas arbóreas no processo de reciclagem de nutrientes, com a incorporação do nitrogênio atmosférico ao solo. Outra característica importante é o sombreamento que favorece um ambiente menos hostil aos animais, em períodos mais quentes do dia, proporcionando melhor conforto térmico (Kretschmer e Pitman, 2001).

Em virtude das variações ambientais e das ações antrópicas, estudo sobre as leguminosas na Caatinga e/ou leguminosas exóticas, que sejam adaptadas à região, tem buscado respostas sobre o manejo e opções de dietas melhores para os ruminantes,

conduzindo um melhor aproveitamento dos recursos forrageiros e com aumento nos índices produtivos da região semiárida.

Moreira et al. (2006), trabalhando na Caatinga, observaram que a Orelha de Onça (*Macroptilium martii* Benth), mesmo no período chuvoso do ano, apresentou redução da massa de forragem e mudança da composição botânica. Entretanto, foi observado, na dieta de bovinos, expressiva presença da Orelha de Onça (*Macroptilium martii* Benth), sendo 19,63% na dieta. Em outro estudo realizado por (Ydoyaga Santana et al., 2011) para caracterizar a Caatinga manipulada em Serra Talhada- PE e a qualidade da dieta de novilhos fistulados, foi constatado expressiva presença da leguminosa Orelha de onça com participação de 16% na dieta no início da pesquisa. Contudo, no final, houve uma diminuição para 5,44%. Tal fato pode estar relacionado à queda da massa de forragem na referida pastagem.

Araújo Filho et al. (1998) verificaram a composição botânica da dieta de pequenos ruminantes de árvores e arbustos, nas épocas chuvosa e seca da Caatinga. Os autores observaram que, na estação seca, as dietas das cabras foram compostas, principalmente, por *Caesalpinia bracteosa* (16,3%), *Bauhinia cheilantha* (8,7%) e *Myracodruon urundeuva* (8,4%). Para os ovinos, na estação chuvosa, fizeram parte da dieta as espécies *Sida* sp. (11,7%), *Mimosa caesalpinifolia* (5,6%) e *Bauhinia cheilantha* (4,5%). Já em relação à época chuvosa, os autores observaram que as espécies *Sida* spp. (18,2%), *Bauhinia cheilantha* (8,3%) e *Auxemma oncocalyx* (4,5%) foram aquelas selecionadas e importantes na composição da dieta de cabras. Na estação seca, as espécies *Caesalpinia bracteosa* (13,2%), *Sida* spp. (8,2%) e *Zyziphus joazeiro* (6,7%) foram aquelas de maior relevância na alimentação dos ovinos. Os autores evidenciaram que a Caatinga apresenta espécies forrageiras de alta aceitabilidade pelos animais, com grande diferença entre a composição das espécies estudadas.

Akinlade et al. (2008), analisando quatro acessos de *Stylosanthes scabra* para alimentação de cabritos na forma de feno, na Nigéria, verificaram produção satisfatória de matéria seca entre os acessos, com níveis de consumo em média de 135 gramas por animal, com teores de proteína bruta de 19% nos quatro acessos testados.

Sukkasame e Phaikaew (2011) em um experimento de ganho de peso em gado de corte, avaliaram dois tratamentos: o primeiro formado por *Brachiaria ruziziensis* à vontade + concentrado com 0,8 g do peso metabólico dos animais e o segundo tratamento utilizando-se o mesmo tratamento anterior + a adição de 2 kg de folha de *Desmanthus* misturado, constataram que os maiores ganhos de peso foi obtido com média de 80,5 kg/cabeça o tratamento a adicionado de leguminosas, em relação a 40,5 kg/cabeça do tratamento sem a mistura da leguminosa. Nesse experimento, o teor de proteína bruta das folhas do *Desmanthus* foi de 27,45%.

### **1.3. *Macroptilium* spp.**

O gênero *Macroptilium* apresenta aproximadamente 20 espécies, das quais dez ocorrem no Brasil. As espécies de *Macroptilium* apresentam, em geral, preferência por habitats abertos, com climas secos, algumas se comportando como plantas colonizadoras ou invasoras. Essas espécies ocorrem, espontaneamente, com grande frequência nas áreas semiáridas de Pernambuco e outros estados do Nordeste do Brasil (Ferreira, 2002). As principais espécies de *Macroptilium* spp. que ocorrem no Nordeste são: Orelha de Onça, *Macroptilium martii* (Benth), Feijão de Arrozais, *Macroptilium lathyroides* (L. Urb), Feijão de Rola, *M. erythroloma* (Mart.), Feijão do Mato, *M. bracteatum* (Nees & Mart), Feijão Branco, *M. gracile* (Benth), *M. pendaratum* (Benth), Oró e *M. sabaraense* (Hoehne), segundo Queiroz (2009).

Segundo Marechal et al. (1978), é um gênero segregado do gênero *Phaseolus*, podendo ser identificado principalmente por flores assimétricas com alas bem maiores que o estandarte, carena torcida para trás e estilete barbado, combinado por folhas trifoliadas, estipeladas e com folíolos laterais assimétricos. As alas, em geral, apresentam coloração muito escura, às vezes quase negra. Foi observado que a espécie de abelha *Xylocopa*, possivelmente *X. Grisescem* parecem ser os principais polinizadores de *Macroptilium* com flores grandes, principalmente, *M. bracteatum*, e *M. lathyroides*. (Queiroz, 2009).

Leguminosas desse gênero podem ser consumidas *in natura* e na forma de feno, apresentando características nutritivas importantes no arraçoamento de caprinos, bovinos e ovinos, durante o período de estiagem (Araújo et al., 1994). A Orelha de Onça participa diretamente na dieta de ruminantes na Caatinga, com até 19,3% do total da dieta, tendo essa em sua composição bromatológica de 44% de matéria seca e 11,44% de proteína bruta (Moreira et al., 2006).

No semiárido, sete espécies ocorrem na caatinga, cuja forma é o indumento dos folíolos, que pode ser utilizado como reconhecimento das espécies, mas, com relação à forma, eles são particularmente muito plásticos, às vezes com folhas próximas à base da planta, apresentando folíolos muito largos, quase orbiculares e os apicais quase lineares (Queiroz, 2009).

No período da década de 1960, na Austrália, realizou-se um melhoramento nesse gênero com a liberação da cultivar Siratro (Hutton, 1962), conhecida por apresentar uma ampla série de rizóbia, que pode infectar e desenvolver nitrogênios fixantes dos nódulos das raízes, que geralmente nodulam com *Bradyrhizobium* spp. isolado de várias leguminosas, incluindo *Vigna*, *Lupinus*, *Ornithopus*, *Cicer*, *Sesbania*, *Leucaena*, *Mimosa*, *Lablab* e *Acacia* (Ridge et al., 1998), que também nodulam com o crescimento mais rápido de *Rhizobium* e *Sinorhizobium* (Bromfield e Barran, 1990).

A espécie *M. atropurpureum* proporciona bom desempenho animal apresentando taxas de lotação média, mas com produção por área geralmente moderada, pois a participação da leguminosa na composição botânica diminui quando as pastagens são submetidas a taxas de lotações mais altas. Segundo Clements (1989), o número de planta de Siratro nas pastagens diminui consideravelmente com o tempo, devido à remoção dos seus pontos de crescimento durante o pastejos, conduzindo assim a redução pós sucessivos pastejos.

Tal comportamento foi constatada por Jones e Clement, (1987), ao avaliarem produtividade e persistência de sete cultivares de leguminosas, inclusive Siratro sob lotação contínua, no Sul da Austrália. Foi verificado, nas parcelas experimentais em os oito anos do experimento, sob lotação de 1,5 animal/ha, que as leguminosas *Desmodium*, *Belalto* e *Macroptilium* falharam e que apesar da leguminosa *Macroptilium* ser mais vigorosa no primeiro ano do experimento, ocorreu falhas na pastagem no quarto ano do experimento, o que foi associado ao pastejado intensivo ocorrido na espécie.

Na Áustralia foi realizado um estudo, durante 14 anos, com novilhos de Hereford, Cruz Africander e Belmonte Vermelho com as seguintes características: pastagem nativa, natural da floresta com árvores intactas (Controle); pastagem nativa, com árvores mortas, pastagem nativa, com árvores mortas; mais a sementeira com Siratro e P aplicado, area cultivada com arvores em consórcio com Capim Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) e Siratro sem adição de fósforo. O experimento foi dividido em duas fases: fase I (1972-77) e a fase II (1979-86). Os autores observaram que o tratamento pastagem nativa, com árvores mortas, mais a sementeira com Siratro e P aplicado na fase I do experimento, possibilitou um consumo de 20% acima do tratamento controle. A taxa de lotação nesse tratamento também superior aos demais com 1,11 animais por hectare, assim como maior taxa de utilização da pastagem, com 64% de biomassa verde. No decorrer do experimento, o Siratro na época chuvosa teve 50% da produção de MS da pastagem total, mas na época seca com o aumento

de outras forrageiras na pastagem, verificou-se que o Siratro foi reduzido, com o aumento da taxa de lotação (Tohill et al., 2008b).

Daezel et al. (1997), em experimento com leguminosas *Macroptilium bracteatum*, verificaram que nas alturas de corte de 7 e 15 cm com frequência de corte de 2, 4 e 6 semanas, o *M. bracteatum* apresentou grande persistência sobre desfolhações severas. Como o gênero *Macroptilium* apresenta-se variável entre as espécies, algumas dessas leguminosas podem ser mais específicas para pressão de pastejo mediano ou até elevadas, podendo encontrar ganhos de peso por área consideráveis.

#### **1.4 Árvore de decisão**

Árvore de decisão é um método não paramétrico sem ajuste de parâmetro hierárquico composto de regras de decisão, que divide variáveis independentes em zonas homogêneas, que é bastante utilizada para determinar o padrão de comportamento de conjuntos de dados, em diferentes formas de apresentações (Breiman et al., 1984; Cho e Kurup, 2011; Pradhan, 2013). Uma árvore de decisão é um modelo representado graficamente por nós e ramos que combinam as características de uma forma hierárquica (Murthy, 1998; Witten e Frank, 2005), de tal modo que a característica mais importante está localizada no nó da árvore, no topo da estrutura e os nós internos são os nós de decisão (Meira et al., 2009). Cada nó interno da árvore corresponde a um teste do valor de uma das propriedades, e os ramos deste nó são identificados com os possíveis valores do teste. Cada nó folha da árvore é atribuído a uma classe apresentando o valor de classe mais frequente (Murthy, 1998; Lee e Park, 2013).

As vantagens no uso de árvores de decisão incluem a habilidade de manusear com dados que estão em diferentes escalas de medidas, pois não são necessárias suposições sobre as distribuições de frequência dos dados em cada uma das classes, a flexibilidade e a capacidade de lidar com relações não lineares entre variáveis e classes (Fried e Brodley, 1997; Mahesh e Mather, 2003; Martins et al., 2007). Árvores de decisão podem identificar as

variáveis mais decisivas, que são aquelas usadas para criar as divisões perto do topo da árvore. Além da decisão rápida na execução, árvores de decisão podem ser usadas para seleção e redução de características avaliadas, bem como para fins de classificação (Borak e Strahler, 1999; Kheir et al., 2010).

Além disso, diversas variáveis, numéricas ou categóricas (variáveis qualitativa), podem ser analisadas ao mesmo tempo, uma vez que o próprio algoritmo de indução encarrega-se de selecionar aquelas de maior importância (De Fries e Chan, 2000; Meira et al., 2009). Os atributos categóricos podem ser variáveis ordinais ou variáveis nominais. Os categóricos ordinais constituem o atributo ordinal quando há uma relação de ordem entre os seus possíveis valores. Exemplo disso é o tipo de altura, que pode ser baixo, médio ou alto. Já os nominais e/ou ordinais, não existe ordenação dentre as categorias. Exemplos: sexo, cor dos olhos, fumante/não fumante, doente/sadio (Von Zuben e Attux, 2014).

Quando a variável dependente é categórica ou ordinal, a árvore de decisão é chamada de árvore de classificação; se a variável dependente é contínua, a árvore de decisão resultante é chamada de árvore de regressão (Oztekin et al., 2011). O conhecimento da árvore de classificação coloca-se na forma de um conjunto de regras, que pode ser usado para estimar respostas ou variáveis de um novo caso (Doganavsargil e Fattori, 2008).

A árvore de decisão também se divide em modelagem preditiva, um modelo de classificação é utilizado para classificar exemplos cujas classes são desconhecidas, ou seja, exemplos que não foram utilizados na construção do modelo; e em modelagem descritiva, um modelo de classificação é utilizado como uma ferramenta para distinguir exemplos de diferentes classes (Tan et al., 2005).

Para a realização da árvore de decisão é utilizado algoritmos divisão, o qual tem por objetivo encontrar um par de variável limite que maximiza a homogeneidade (ordem) de duas ou mais amostras de mais subgrupos de amostras (Oztekin et al., 2011). Os Algoritmos de

árvore de decisão mais populares incluem os de Quinlan ID3, C4.5, C5, M5, Cart e CHAID (Kass, 1980; Quilan, 1988; Bramer, 2007).

O algoritmo CHAID é baseado no teste qui-quadrado de associação. Uma árvore CHAID é uma árvore de decisão, que é construído por, repetidamente, subconjuntos de divisão do espaço em dois ou mais nós filho (divisão múltipla), começando com o conjunto de dados inteiro (Ture et al., 2005). Tanto Chaid quanto “exhaustive CHAID” permitem múltiplas divisões no nó. Esses algoritmos testam variáveis dependentes, utilizando o teste de qui quadrado, o qual determina se divisão do nó gera uma melhoria estatisticamente significativa na pureza (Le e Park, 2013).

O exhaustive Chaid é uma modificação do algoritmo básico de Chaid, que realiza uma fusão e testa os prognósticos mais minuciosamente, requerendo mais tempo de computação, especialmente quando a fusão das categorias é contínua, até que apenas duas categorias permaneçam para cada preditor (Sut, e Simsekm, 2011). Ambos, CHAID e exhaustive CHAID, consistem de três passos: fusão, divisão e parada. Para determinar a melhor divisão em qualquer nó, o par de categorias das variáveis de predição é mesclado até que não haja diferença significativa dentro do par para a variável-alvo. Nos “nós” finais identificam subgrupos, sendo que o resultado desses algoritmos é uma estrutura de árvore de decisão (Le e Park, 2013).

A literatura não é muito rica em exemplos de estudos envolvendo a ciência do solo e a ciência animal, bem como a utilização dessa técnica na ciência de pastagens, na implementação de algum tipo de árvore de decisão para auxiliar nas análises dos dados obtidos e coletados, na área em que é objeto de estudo. Para essa técnica, são utilizadas principalmente ferramentas de classificação com base em dados de sensoriamento remoto e fatores pedológicos e morfológicos (Thenail e Baudry, 2004; Lawrence et al, 2004). Outros trabalhos em que se fizeram o uso do modelo foram de Meiral et.al. (2008; 2009) e Molineros

et al. (2005), os quais utilizaram árvores de decisão como modelos de alerta da ferrugem-do-cafeeiro e epidemias de giberela do trigo, respectivamente.

## **1.6 Diversidade rizobiana em leguminosas**

Muitos gêneros da família Leguminosa são encontrados nas regiões tropicais e merecem destaque por promoverem simbiose com rizóbios (Andreote et al., 2009). Através dessa associação, o aumento do nitrogênio no solo possibilita o auxílio no crescimento das plantas e na ciclagem de outros elementos essenciais, tendo o produtor uma diminuição do custo de produção com a redução de fertilizantes nitrogenados.

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é o processo pelo qual o nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ) é convertido em amônia ( $NH_3$ ) e posteriormente disponibilizado para as plantas (Moreira e Siqueira, 2002). A FBN representa aproximadamente 63% da entrada anual de N nos ecossistemas terrestres, sendo o restante proveniente da produção industrial de fertilizantes nitrogenados e da fixação não biológica (descargas elétricas), compreendendo 30% e 7% da entrada anual de N nos ecossistemas terrestres, respectivamente (Taiz e Zeiger, 2004). Os rizóbios, *Bradyrhizobium*, e outros microrganismos têm um complexo de enzima denominado nitrogenase necessários para converter  $N_2$  em amônia, que necessário para síntese de aminoácidos e proteínas (Neves e Rumanek, 1997).

A busca de novos rizóbios que sejam capazes de fixar nitrogênio atmosférico quando em simbiose com leguminosas é uma alternativa importante na identificação de um par simbiótico mais eficiente. A melhor compreensão da diversidade da microbiota do solo pode propiciar desenvolvimento de estratégias que permitam a otimização dos processos biológicos que, por sua vez, visem aumentar a sustentabilidade dos agrossistemas (Odum, 1988). Segundo Pelczar et al. (1997) e Santos et al. (2007), o estudo da diversidade através das características culturais e morfológicas das bactérias envolve a avaliação de parâmetros,

como o tempo que as bactérias levam para formar colônias individuais em meio de cultura, o diâmetro das colônias, a forma, a cor, a produção de ácido e álcali e a de muco, dentre outros. Esses métodos fenotípicos de análise de características culturais de microrganismos possuem a vantagem de serem rápidos, permitindo uma análise prévia da diversidade aos métodos genotípicos, na obtenção de microrganismos isolados.

Inicialmente, antes do estudo da diversidade de estirpes de rizóbios, coletam-se nódulos que pode ser diretamente no campo, onde se pretende realizar o estudo ou, ainda, coletam-se solos para posterior isolamento das bactérias a partir dos nódulos em condições controladas. Primeiramente, começa-se com um número elevado de isolados que, após a caracterização morfológica, são agrupados e, posteriormente, são realizados novos estudos no intuito de reduzir os isolados (Santos et al., 2007; Chagas Junior et al., 2010a).

Os estudos de taxonomia rizobiana foram impulsionados com o advento da tecnologia e uso de marcadores moleculares. Atualmente já foram descobertas diversas espécies do grupo rizóbio, tais como as dos gêneros *Cupriavidus*, *Bradyrhizobium*, *Allorhizobium*, *Sinorhizobium*, *Rhizobium* e *Mesorhizobium*, apresentando grande diversidade genética (Zhang et al., 2003). Somente a ordem Rhizobiales foi classificada em dez famílias: Methylobacteriaceae, Phyllobacteriaceae, Aurantimonadaceae, Beijerinckiaceae, Bradyrhizobiaceae, Brucellaceae, Hyphomicrobiaceae, Methylocystaceae, Rhizobiaceae, Kuykendall e Bartonellaceae (Chen et al., 2005).

Diante do constante avanço e progressivo das técnicas de biologia molecular, das frequentes mudanças relatadas na taxonomia desses microrganismos, a identificação de novas espécies será cada vez mais fácil e rápida (Sebbane et al., 2006). Uma das técnicas mais usuais é a utilização de uma árvore filogenética de 16S rDNA, em que se examina diversas características moleculares e fenotípicas dos organismos (Chang et al., 2011). Porém, é importante ressaltar que as características culturais ainda são importantes, pois são indicativos

de diferenças morfofisiológicas úteis para um melhor entendimento dos microrganismos. Portanto, tanto a utilização das técnicas moleculares quanto as metodologias fenotípicas darão uma contribuição imensa para um melhor conhecimento das bactérias fixadoras de nitrogênio.

### Referências

ADERINOLA, O.A. Nutritive value of four accessions of *Stylosanthes* scabra in the derived savanna zone of Nigeria. **Tropical Grasslands**, v.42, p.120-123, 2008.

ANDREOTE, F. D.; AZEVEDO, J. L.; ARAÚJO, W. L. Assessing the diversity of bacterial communities associated with plants. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.40, p.417-432, 2009.

ARAÚJO, E. C.; SILVA, M. V.; VIERA, Q. R.; CÁSSIA, A R.; Valor nutritivo e consumo voluntário de orelha de onça (*Macroptilium martii* (Benth.) Marechal e Baudet. **Pasturas Tropicais**, v.16 n.3, 1994.

ARAÚJO FILHO, J.A. Manipulação da vegetação lenhosa da caatinga para fins pastoris. Sobral: EMBRAPA-CNPC, 1995. 18p. (EMBRAPA-CNPC. **Circular Técnica**, 11).

ARAÚJO FILHO, J.A.; CARVALHO, F.C.; GADELHA, J.A. et al. Fenologia e valor nutritivo de espécies lenhosas caducifólias da Caatinga. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p.360-362.

ARAÚJO FILHO, J.A. Caatinga: agroecologia versus desertificação. **Ciência Hoje**, v.30, n. 180, p.44-45, 2002.

ANDREOTE, F. D.; AZEVEDO, J. L.; ARAÚJO, W. L. Assessing the diversity of bacterial communities associated with plants. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.40, p.417-432, 2006.

AKINLADE, J.A.; FARINU, G.O.; AGBOOLA, O.O.; AKINGBADE, A.A.; OJEBIYI, O.O.; AROEIRA, L.J.M., D.S.C. PACIULLO; F.C.F. LOPES. Disponibilidade, composição bromatológica e consumo de matéria seca em pastagens consorciada de *Brachiaria decumbens* com *Stylosanthes guianensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.413-418, 2005.

BARELLA, A.P.W.; KARSBURG, I. V. Caracterização morfológica dos cromossomos mitóticos de *Parkia pendula* (Willd.) Benth ex Walp. e *Dinizia excelsa* Ducke (Fabaceae, Mimosoideae). **Revista de Ciências Agronomia-Ambientais**, v.5, n.1, p.85-93, 2007.

BRAMER, M. **Principles of data mining**. Springer, London. 2007.44p.

BREIMAN, L.; FRIEDMAN, J. H.; OLSHEN, R. A.; STONE, C. J. **Classification and regression trees**. Monterey, CA: Wadsworth, 1984.

BORAK, J. S.; STRAHLER, A. H. Feature selection and land cover classification of a MODIS-like data set for semi-arid environment. **International Journal of Remote Sensing**, v.20, p.919-938, 1999.

BROUGHTON, W.J.; ERNANDEZ, G.; BLAIR, M.; BEEBE, S.; GEPTS, P.; VANDERLEYDEN, J. Beans (*Phaseolus* spp.) - model food legumes. **Plant and Soil**, v.252, n.1, p.55-128, 2003.

BROMFIELD, E.S.P.; BARRAN, L.R. Promiscuous nodulation of *Phaseolus* E.S.P. vulgaris, *Macropitilium atropurpureum*, and *Leucaena leucocephala* by indigenous *Rhizobium meliloti*. **Canadian Journal Microbiology**, v.36, p.369-372, 1990.

CASTELETTI, C. H M.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M. **Quanto Ainda Resta da Caatinga?** Uma estimativa preliminar. In: SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. (Orgs.) Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Ministério do Meio Ambiente/Universidade Federal de Pernambuco, Brasília, 2003.

CÂNDIDO, M.J.D.; ARAÚJO, G.G.L.; CAVALCANTE, M.A.B. Pastagens no ecossistema semiárido brasileiro: atualizações e perspectivas futuras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia, **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. p.85-94.

CHAGAS JUNIOR, A.F.; OLIVEIRA, L.A.; OLIVEIRA, A.N. Caracterização fenotípica de rizóbio nativos isolados de solos da Amazônia e eficiência simbiótica em feijão caupi. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v.32, p. 161-169, 2010a.

CHAGAS JUNIOR, A.F.; RAHMEIER, W.; FIDELIS, R.R.; SANTOS, G.R.; CHAGAS, L. F. B. Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio inoculadas em feijão-caupi no Cerrado, Gurupi-TO. **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, p.709-714, 2010b.

CHANG, Y. L.; WANG, E. T.; SUI, X. H.; ZHANG, X. X.; CHEN, W. X. Molecular diversity and phylogeny of rhizobia associated with *Lablab purpureus* (Linn.) grown in Southern China. **Systematic and Applied Microbiology**, v.34, p.276-284, 2011.

CHEN, W. X.; WANG, E. T.; KUYKENDALL, L. D. **Genus Mesorhizobium, Family Photobacteriaceae**. In: Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, George Garrity (Ed.), Springer-Verlag, 2ed., v.2, p. 403-408. 2005.

CHO, J.H.; KURUP, P.U. Decision tree approach for classification and dimensionality reduction of electronic nose data. **Sensor and actuators B: Chemical**, v.160, p.542-548, 2011.

CLEMENTS, R.J. Rates of destruction of growing points of pasture legumes by grazing cattle. In: XVI International Grassland Congress. **Proceedings...** Nice, France, v.2, p.1027-1028, 1989.

COSTA, A.; LIMA, A.L. DA S.; ZANELLA, F. FREITAS, H. Quebra de dormência em sementes de *Adenantha pavonina* L. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n.1, p. 83-88, 2010.

DE FRIES, R. S.; CHAN, J. C. W. Multiple criteria for evaluating machine learning algorithms for land cover classification from satellite data. **Remote Sensing of Environment**, v.74, p.503-15, 2000.

DOGANAVSARGIL, E; FATTORI, M. Decision tree analysis as a tool to optimise patent current awareness bulletins. **World Patent Information**, v.30, p.212-219, 2008.

DRUMOND, M.A.; SANTANA, A.C.; ANTONIOLI, A.; Recomendações para o uso sustentável da biodiversidade no bioma da Caatinga. In: **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: MMA-UFPE; Brasília, DF: 2004. p.47-90.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA. 2007, 412 p.

EUCLIDES, v. P. B.; MACEDO, M, C M.; OLIVEIRA, M. P. O. Produção de Bovinos em Pastagens de *Brachiaria* spp. Consorciadas com *Calopogonium mucunoides* nos Cerrados **Revista Brasileira Zootecnia**, v.27, n.2, p.238-245, 1998.

EVGENY, A.; POKRYSHEVSHAYA, E. Applying CHAID for logistic regression diagnostics and classification accuracy improvement. **Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing**, v.18, p.109-117, 2010.

FERNANDES, C.D., GROF, B., CHAKRABORTY, S. and VERZIGNASSI, J.R. Estilosantes Campo Grande in Brazil: a tropical forage legume success story. **Proceedings... XX International Grassland Congress: Offered papers**, Dublin, p. 330, 2005.

FEVEREIRO, V. P. B. *Macroptilium* (Benth.) Urban do Brasil (Leguminosae-Faboideae-Phaseoleae- Phaseolinae). **Arquivo Jardim Botânica**, v.28, p.109-180, 1986.

FERREIRA, O. G. L. **Efeito do corte no estágio vegetativo e de época de colheita sobre o rendimento e qualidade das sementes de *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb.** Pelotas, 56p. Dissertação (Mestrado),UFPEL, Pelotas, 2002.

FREITAS, A.D.S.; SAMPAIO, E.V.S.B.; MENEZES, R.S.C.; TIESSEN, H. Natural abundance of non fixing woody species in the Brazilian dry forest (caatinga). **Isotopes in Environmental and Health Studies**, v.46, p.210-218, 2010.

HUTTON, E.M. Siratro- a tropical pasture legume bred from *Phaseolus atropurpureus*. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v.2, p.117-125, 1962.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA- **Mapa de Biomas e de vegetação. 2005**, Disponível em : < <http://www.ibge.gov.br> > Acesso em: 25/07/2012.

JONE, R.M.; CLEMENTS, R.J.; Persistence and productivity of *Centrosema a Virginianum* e *Vigna Parkeri* cv. Shaw under grazin of on the coastal Loawlands of South-Est Queensland. **Tropical Grasslands**, v.21, n.2, p.55-64, 1987.

JONES, R.M.; JONES, R.J. Effect of stocking rates on animal gain, pasture yield and composition, and soil properties from setaria-nitrogen and setaria-legume pastures in coastal south-east Queensland. **Tropical Grasslands**, v.37, p.65-83, 2003.

KARIA, C.T.; ANDRADE, R.P. de; CHARCHAR, M.J. d'A.; GOMES, A.C. **Caracterização morfológica de acessos do Gênero *Stylosanthes* no banco ativo de germoplasma da Embrapa Cerrados** - coleção 1994/1995. Planaltina: Embrapa Cerrados, 24p. (Embrapa Cerrados. Boletim de pesquisa, 72), 2002.

KASS, G.V. An exploratory technique for investigating large quantities of categorical data. **Applied Statistics**, v.29, p.119-127, 1980.

KHEIR, R.; MOGENS, B.; GREVE, H.; BØCHER, P. K.; GREVE. M. B. LARSEN. R.; MCCLOY. KEITH. Classification-tree based models: The case study of Denmark. **Journal of Environmental Management**, v.91, p.1150-1160, 2010.

KRETSCHMER, E.; PITMAN, A. **Germoplasm resources of tropical foragem legumes**. Sotomayor- Rios: A. Pitman, forages plant London, CRC- Press, p.41-47. 2001.

MAPIYE, C.; MWALE, M.; MUPANGWA, J. F.; MUGABE, P.H.; POSHIWAN, C.; CHIKUMBA, T.; Utilisation of ley legumes as livestock feed in Zimbabwe. **Tropical Grasslands**, v.41, p.84-91, 2007

MACEK, T.; MACKOVÁ, M. M.; KÁS, J. Exploitation of plants for the removal of organics in environmental remediation. **Biotechnology Advances**, v.18, n.1, p.23-34, 2000.

MILES, J.W.; THOMAS, R.J.; LASCANO, C.E.; FISHER, M.J.; VERA, R.; SANZ J.I. Evaluation of *Stylosanthes* for selected farming systems of tropical America. In: LEEUW, P.N., MOHAMED-SALEEM, M.A.; NYAMU, A.M. (Eds). '*Stylosanthes* as a forage and fallow crop'. International Livestock Centre for Africa. 340 p. 1994.

MILAP PUNIA A; P.K. JOSHI B; M.C. PORWAL. **Decision tree classification of land use land cover for Delhi**, India using IRS-P6 AWiFS data Expert Systems with Applications, 2010.

MOLINEROS, J.; DE WOLF, E.; FRANCL, L.; MADDEN, L.; LIPPS, P. Modeling epidemics of fusarium head blight: trials and tribulations. **Phytopathology**, v.95, p.71, 2005.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, v.1, p.729, 2006.

MOREIRA, J.N.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; FERREIRA, M.A.; ARAÚJO, G.G.L.; FERREIRA, R.L.C.; SILVA, G.C. Caracterização da vegetação de Caatinga e da dieta de novilhos no Sertão de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.11, p.1643-1651, 2006.

MURTHY, S.K., Automatic construction of decision trees from data: a multidisciplinary survey. **Data Mining and Knowledge Discovery**, v.2, p.345-389, 1998.

NASCIMENTO, H.T.S.; NASCIMENTO, M.S.C.B; QUEIROZ, V. **Catingueira Forrageira Nativa para Fenação**. Embrapa, Circular Técnica, 34.Teresina, PI, 2002

NEVES, M.C.P.; RUMJANEK, G. **Ecologia de Bactérias Diazotróficas de Solos Tropicais**. In: Ecologia Microbiana. Eds. Melo, I. S.; Azevedo, J. L., Jaguariuna, EMBRAPA – CNPMA. 1998. p. 15-60.

NEVES, M.C.P.; RUMJANEK, N.G. Diversity and adaptability of soybean and cowpea rhizobia in tropical soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, p.889-895, 1997.

ODUM, **Ecologia**. Guanabara Koogan, 1988..347p.

OZTEKIN, A.; KONG, J.D. Development of a structural equation modeling-based decision tree methodology for the analysis of lung transplants. **Decision Support Systems**, v. 51, p.155166, 2011.

PAL, P M.; MATHER, M. An assessment of the effectiveness of decision tree methods for land cover classification. **Remote Sensing of Environment**, v.86, p.554-565, 2003.

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

PELCZAR, J. R.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N.R. Microbiologia do Solo e do Ar. In: Pelczar, J. R.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N. R. **Microbiologia: Conceitos e aplicações**. Makron Books do Brasil Ed.LTDA, v.2, p.306-336, 1997.

PEREIRA FILHO, J.M.; VIEIRA, E.L.; KAMALAK, A. Correlação entre o teor de tanino e a degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta do feno de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* Wild) tratada com hidróxido de sódio. **Livres Rural Desenvolvimento**, v.17, 2006.

PRADHAN, B. A comparative study on the predictive ability of the decision tree, support vector machine and neuro-fuzzy models in landslide susceptibility mapping. **Computacion Geosciences**, v.51, p.350-365, 2013.

PIERSON, R.N.; BARR, M.L.; MCCULLOUGH EGAN, K.P.; GARRITY T, E.; JESSUP, M.; MURRAY,S. Thoracic organ transplantation. **American Journal of Transplantation**. 4, p.93-105, 2004.

QUEIROZ, L.P. **Leguminosas da caatinga**. Feira de Santana: UEFS, 467p. 2009.

QUINLAN, J. Decision trees and multivalued attributes. **Machine Intelligence**, v.11, p.305-318, 1988.

RAMESH, C.R., CHAKRABORTY, S., PATHAK, P.S., BIRADAR, N. and BHAT, P. Stylo in India — much more than a plant for the revegetation of wasteland. **Proceedings of the XX International Grassland Congress: Offered papers**, Dublin, p.320, 2005.

RIDGE, W.R.; KIM, R.; YOSHIDA, F. The diversity of lectin-detectable sugar residues on root hair tips of selected legumes correlates with the diversity of their host ranges for rhizobia. **Protoplasma**, v.202. p.84-90, 1998.

NEVES, M.C.P.; RUMJANEK, N.G. Diversity and adaptability of soybean and cowpea rhizobia in tropical soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, p.889-895, 1997.

SAMPAIO, E.V.S.B. Fitossociologia. In: SAMPAIO, E.V.S.B.; MAYO, S.J.; BARBOSA, M.R.V. (1996). **Pesquisa botânica nordestina: progresso e perspectivas**. Recife, Sociedade Botânica do Brasil, 203-224 p.

SANTOS, C.E.DE.; STAMFORD, N.P.; NEVES, M.C.P.; RUNJANEK, N.G.; BORGES, W.L.; BEZERRA, R.V. Diversidade de rizóbios capazes de nodular leguminosas tropicais. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** v.2, n.4, p.249-256, 2007.

SANTOS, C.E.R.S.; STAMFORD, N.P.; BORGES, W.L.; NEVES, M.C.P.; RUNJANEK, N.G.; NASCIMENTO, L.R.S.; FREITAS, A.D.S.; VIEIRA, I.M.M.B.; BEZERRA, R.V. Faixa hospedeira de rizóbios isolados das espécies *Arachis hypogaea*, *Stylosanthes guyanensis* e *Aeschynomene americana*. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.1, p.20-27, 2007.

SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A.; DUBEUX JUNIOR, J.C.B.; GUIM, A.; MELLO, A.C.L.; CUNHA, M.V. Potential of Caatinga forage plants in ruminant feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.204-215, 2010.

SARO LEE; INHYE PARK. Application of decision tree model for the ground subsidence hazard mapping near abandoned underground coal mines. **Journal of Environmental Management**, v.127, p.166 e 176, 2013.

SHELTON, H.M., S. FRANZEL, M. PETERS. Adoption of tropical legume technology around the world: Analysis of success. In: MCGILLOWAY, D.A. (ed.) **Grassland: A global resource**. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands. p.149-166. 2005.

SHELTON, H. M.; DALZELL, C. Production, economic and environmental benefits of *leucaena Pastures*. **Tropical Grasslands**, v. 41, p.174-190, 2007.

SEBBANE, N.; SAHNOUNE, M.; ZAKHIA, F.; WILLEMS, A.; BENALLAOUA, S.; LAJUDIE, P. Phenotypical and genotypical characteristics of root-nodulating bacteria isolated from annual *Medicago* spp. in Soummam Valley (Algeria). **Letters in Applied Microbiology**, v.42, p.235-241, 2006.

SOUZA, L.A.G. de. et al. Desenvolvimento e nodulação natural de leguminosas arbóreas em solos de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.2, p.207-217, 2007.

SUMBERG, J. The logic of fodder legumes in Africa. **Food Policy**, v.27, p.285-300, 2002.

SUT, N.; SIMSEKM, O. Comparison of regression tree data mining methods for prediction of mortality in head injury. **Expert System with Applications**, v.38, p.15534-15539, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre, Artmed, 2004, 526 p. PELCZAR, JR.; CHAN, E.C.S.; KRIEG, N.R. Microbiologia do Solo e do Ar. In: Conceitos e Aplicações. Vol II, Makron Books do Brasil Editora Ltda, p.306-336, 1997.

TAN, P.-N.; STEINBACH, M.; KUMAR, V. **Introduction to Data Mining**, (First Edition). Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA. 2005.

THENAIL, C.; BAUDRY, J. **Méthodes d'étude des relations entre activités agricoles et paysages**. In: Sébillotte, M. (Ed.), Recherches-Systèmes en Agriculture et Développement Rural; 13 e Symposium International. CIRAD Editions, Montpellier, 1994. p.316-321.

TURE, M.; KURT, I.; KURUM, A.T.; OZDAMAR, K. Comparing classification techniques for predicting essential hypertension. **Expert System with applications**, v.29, p.583-588, 2005.

TOTHILL, J.C.; MCDONALD, C.K.; MCHARG, G.W; HARGREAVES, J.N.G. Development options in *Heteropogon contortus* grasslands in south-east Queensland: Tree killing, legume oversowing and pasture replacement. **Tropical Grasslands**, v.42, p.129-151, 2008b.

YDOYAGA SANTANA, D, F.; LIRA, M. DE. A. SANTOS, M. V. F.DOS.; FERREIRA, M. DE A.; SILVA, M. J. A.; ALCANTARA, K.; MELLO, A. C. L. DE.; SANTOS, D. C.; Caracterização da caatinga e da dieta de novilhos fistulados, na época chuvosa, no semiárido de Pernambuco **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.1, p.69-78, 2011.

WALTER, B.M.T.; CAVALCANTI, T.B.; BIANCHETTI, L.B.; VALLS, J.F.M. Coleta de germoplasma vegetal: relevância e conceitos básicos. In: WALTER, B.M.T; CAVALCANTI, T.B. FUNDAMENTOS PARA A COLETA DE GERMOPLASMA VEGETAL. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, p.778, 2005.

VALENTIM, J. F.; ANDRADE, C.M.S.; MENDONÇA, H. A.; et al. Velocidade de estabelecimento de acessos de Amendoim forrageiro na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1569-1577, 2003.

VALENTIM, J.F., ANDRADE, C.M.S. **Tropical kudzu (*Pueraria phaseoloides*): Successful adoption in sustainable cattle production systems in the western Brazilian Amazon**. In:F.P. O'Mara et al. (ed.). Proc. Int. Grassl. Cong., 20th. Dublin, Ireland, 26 June-2 July 2005. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, p.328, 2005b.

VASCONCELOS, W.A.; SANTOS, E.M.; ANDRADE, P.A.; BRUNO, R.L.A. EDVAN, R.L. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de figo de pombo (*Macroptilium lathyroides*). **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v.5, n.1, p.3, 2011.

VESSEY, J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant Soil**, v.255, p.571-586, 2003.

VITTI, D.M.S.S.; NOZELLA, E.F.; ABDALLA, A.L.; BUENO, I.C.S.; FILHO, J.; COSTA, C.; BUENO, M.S.; LONGO, C; VIEIRA, M.; FILHO, S. The effect of drying and urea treatment on nutritional and anti-nutritional components of browses collected during wet and dry seasons. **Animal Feed Science Technology**, v.122, p.123-133, 2005.

VON ZUBEN; ATTUX, Árvores de Decisão. Disponível em: <[ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/vonzuben/ia004\\_1s10/notas\\_de\\_aula/topico7\\_IA004\\_1s10.pdf](ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/vonzuben/ia004_1s10/notas_de_aula/topico7_IA004_1s10.pdf)>. Acesso em: 12/01/2014.

WITTEN, I.H.; FRANK, E. **Data mining: practical machine learning tools and techniques**. 2nd ed. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2005. 525p.

ZHANG, F., JENKINS, D., SHORT, S.M., AND STEWART, G. F. Nitrogenase gene diversity and microbial community structure: a cross-system comparison. **Environmental Microbiology**, v.5, p.539-554, 2003.

## **CAPÍTULO II**

### **INFLUÊNCIA DO AMBIENTE NA OCORRÊNCIA DE *MACROPTILIUM* SPP. EM MUNICÍPIOS DO AGRESTE E SERTÃO DE PERNAMBUCO**

## **Influência do ambiente na ocorrência de *Macroptilium* spp. em municípios do Agreste e Sertão de Pernambuco**

**Resumo** - O Nordeste do Brasil tem uma grande proporção de áreas semiáridas, tendo a Caatinga como vegetação nativa predominante. As leguminosas apresentam o maior número de espécies endêmicas (80 espécies). Dentre essas leguminosas, o gênero *Macroptilium* tem função importante na dieta de ruminantes nesse ecossistema. Objetivou-se identificar características edafoclimáticas que podem influenciar na ocorrência de plantas de *Macroptilium* spp. em onze locais do Estado de Pernambuco. Foram realizadas coletas durante o período de 05 de abril a 2010 a Agosto de 2011. As coletas de germoplasma de *Macroptilium* spp. foram realizadas em diferentes tipos de solos de onze municípios no semiárido de Pernambuco: Serra Talhada, Sertânia, Floresta, Petrolina, Parnamirim, Santa Cruz, Santa Cruz do Capibaribe, Tupanatinga, Jataúba, Bom Jardim e Caetés. As rotas para acesso aos locais de coleta foram determinadas com base na ocorrência dos diferentes tipos de solo por município. Nas amostras de solo foram realizadas análises granulométricas e químicas. Foi realizada uma sequência de análises estatísticas, como análise descritiva, teste de qui-quadrado e, por fim, a árvore de decisão para entendimento da ocorrência dos acessos de *Macroptilium* spp. Observou-se que os municípios de Sertânia e Parnamirim foram os que apresentaram maior ocorrência de plantas de *Macroptilium*., tendo as plantas das cidade de Bom Jardim, Caetes e Tupanatinga apresentado maiores taxas de sobrevivência. Observou-se maior ocorrência da espécie *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb (50%), seguida da espécie *M. martii* (30%) e de outras espécies de *Macroptilium* (20%). As variáveis que mais influenciaram para melhor caracterização da ocorrência foram precipitação e temperatura média, com muitos acessos coletados em solos arenosos siltosos.

Termo de indexação: árvore de decisão, correlação, ocorrência, semiárido

### Abstract

The Northeast is formed by a large proportion of semiarid region, with the Caatinga as predominant native vegetation. Legumes have the highest number of endemic species (80 species). Among these legumes, the genus *Macroptilium* has important role in the diet of ruminants in this ecosystem. This study aimed to identify soil and climatic characteristics that may influence the occurrence of plants *Macroptilium* spp. in eleven locations in the state of Pernambuco. Collections were during the period from 05 April to 2010 to August 2011. Collections of germplasm *Macroptilium* spp. were performed on different soil types in 11 municipalities in the semiarid region of Pernambuco: Serra Talhada, Sertânia, Floresta, Petrolina, Parnamirim, Santa Cruz, Santa Cruz do Capibaribe, Tupanatinga, Bom Jardim, Jataúba and Caetés. Routes for access to collection sites were determined based on the occurrence of different types of soil per municipality. Samples of soil particle size and chemical analyzes were performed. A sequence of statistical analysis was performed as descriptive analysis, chi-square test and, finally, the decision tree for understanding the occurrence of *Macroptilium* accesses spp. It was observed that the municipalities of Sertânia and Melbourn were those who had higher plants *Macroptilium* with plants of Bom Jardim, Caetes and Tupanatinga shown higher survival rates. In the collections there was a higher occurrence of the species *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb (50%), followed by the species *M. martii* (30%) and other *Macroptillium* species (20%). The variables that most influenced rainfall and average temperature with many accessions collected in silty sandy soils

Index terms: correlation, decision tree, occurrence, semiarido

## Introdução

O Nordeste tem uma grande proporção de áreas semiáridas, tendo a Caatinga como vegetação nativa predominante. A Caatinga é constituída por arbustos e árvores de pequeno porte, geralmente dotados de espinhos, sendo, caducifólias, em sua maioria, perdendo suas folhas no início da estação seca (Santos et al., 2010). A família com maior número de espécies endêmicas (80 espécies) na Caatinga é a Leguminosae (Giulietti et al., 2002).

As leguminosas nativas, por serem ecologicamente adaptadas, representam importante recurso forrageiro. Dentre estas, plantas do gênero *Macroptilium* são encontradas na dieta selecionada pelos animais em pastejo (Moreira et al., 2006; Ydoyaga- Santana et al., 2010), evidenciando a importância do gênero para contribuição na sustentabilidade da produção animal nas condições do semiárido Pernambucano.

O gênero *Macroptilium* engloba 20 espécies da América tropical e subtropical. Na região semiárida, essas espécies ocorrem espontaneamente com grande frequência (Ferreira, 2002; Queiroz, 2009).

Os recursos genéticos vegetais representam a variabilidade genética entre e dentro de grupos de espécies de plantas de interesse agrícola para as suas regiões de origem. Assim, há necessidade de se conservar e, principalmente, se estudar e conhecer essa diversidade, tanto para garantir a disponibilidade a médio e longo prazo, para que possam ser utilizadas no desenvolvimento de novas cultivares, quanto para garantir a disponibilidade desses mesmos materiais, a essas mesmas comunidades, em casos de eventuais perdas ( Karia et al., 2002).

A importância de se implantar o banco de germoplasma se faz pertinente em virtude de seu propósito, que é conservar o material genético que representa diversidade genética da espécie, visando disponibilizar estes materiais para os programas de melhoramento genético (Karia et al., 2002; Walter et al., 2005).

Devido a importância do gênero *Macropodium*, a busca de informações sobre a variabilidade genética desse gênero é necessária para utilização futura nos diferentes ambientes da região Agreste e semiárida de Pernambuco.

Informações de um conjunto de dados do ambiente e da ocorrência de determinadas espécies em um dado local podem ser compreendidas com a utilização de ferramentas de classificação, como a árvore de decisão, a qual possibilita ao pesquisador o entendimento mais adequado das características de meio que mais influenciam a ocorrência da planta na época de coleta.

Neste sentido, a árvore de decisão é um método não paramétrico, sem ajuste de parâmetro hierárquico, composto de regras de decisão, que, recursivamente, divide variáveis independentes em zonas homogêneas, o qual é bastante utilizado para determinar o padrão de comportamento de conjuntos de dados, em diferentes formas de apresentações (Breiman et al., 1984; Quinlan, 1986; Cho & Kurup de 2011; Pradhan , 2013).

Estas árvores são treinadas de acordo com um conjunto de amostras previamente classificadas, podendo, posteriormente, outras amostras serem classificadas de acordo com essa mesma árvore. Para a construção destas árvores são usados algoritmos de indução ID3, Chaid, C4.5, Carter, que se encarregam de selecionar aquelas variáveis de maior importância (Martins et al., 2002; Meira et al., 2009).

Assim, o objetivo desse trabalho foi identificar características edafoclimáticas que podem influenciar na ocorrência de *Macropodium* spp. no semiárido do Estado de Pernambuco.

## Material e Métodos

Foram realizadas, durante o período de 05 de abril a 2010 a agosto de 2011, coletas de germoplasmas de *Macropitilium* spp. nos diferentes tipos de solos de 11 municípios representativos da caprino-ovinocultura no semiárido de Pernambuco: Serra Talhada (Sertão do Pajeú), Sertânia (Sertão do Moxotó), Floresta (Microrregião de Itaparica), Petrolina, Parnamirim, Santa Cruz, Santa Cruz do Capibaribe, Jataúba, Tupanatinga (Vale do Ipanema), Bom Jardim (Médio Capibaribe) e Caetés (Microrregião de Garanhuns).

Em cada tipo de solo foram amostrados quatro pontos (sites) de coleta, sendo estes pontos identificados com auxílio de GPS com altímetro, onde foram registradas a latitude, longitude e altitude.

As áreas de coleta foram próximas a áreas de pastos formados por gramíneas, bem como em áreas próximas a rodovias. Em cada site de amostragem foram coletados, no máximo, três acessos do gênero estudado, em virtude da falta de logística para coleta maior de amostragem, além de amostras de solo da área das coletas. Estes solos foram submetidos à análise química e física, realizada no Laboratório de Solos, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

As rotas para acesso aos locais de coleta foram determinadas por meio de programas como Track Maker e Google Earth, com base na ocorrência dos diferentes tipos de solo por município, conforme (Zape, 2001). Em cada site foi estimado um tempo máximo de 20 minutos para identificação da ocorrência de plantas do gênero em estudo. Após esse período de tempo, caso não fosse verificada a presença das plantas de interesse, apenas o solo era coletado, passando então para o site seguinte. As plantas foram coletadas, utilizando-se chibanca, com o cuidado para coletar todo o sistema radicular. Exemplares de plantas coletadas foram enviados ao Herbário da Universidade Rural de Pernambuco.

As leguminosas coletadas foram levadas ao viveiro da Universidade Federal Rural de Pernambuco/UAST. A taxa de sobrevivência foi obtida pelo número de plantas coletadas menos as que morreram, dividindo o resultado pelo total de plantas coletadas e multiplicando por 100 para expressar em porcentagem.

Nas amostras de solo foram realizadas análises granulométricas de acordo com a metodologia da EMBRAPA (1997). As análises químicas de pH (água), fósforo (P, Mehlich 1), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), hidrogênio (H), Sódio (Na), carbono orgânico (CO) e matéria orgânica (MO) foram realizadas segundo a metodologia da Embrapa (1979).

Os dados de pluviosidade e temperatura foram obtidos a partir do Pernambuco (Lamepe, 2011). Para avaliar as características principais associadas à ocorrência de *Macroptilium* spp. foi feita uma análise descritiva dos dados, destacando-se as medidas de dispersão (média, moda, independentes da presença ou não dos acessos). Posteriormente, foi realizada uma matriz de alta correlação entre as variáveis independentes para verificar, a priori, se os mesmos serviriam para classificar as amostras como tendo ou não presença de acessos. Em seguida, após testar as correlações entre as variáveis independentes, testou-se a correlação de cada característica com a variável dependente - presença de acessos.

Foi gerada a árvore de decisão com base nas variáveis pH do solo, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, hidrogênio, sódio, carbono orgânico e matéria orgânica, teor de argila, silte e areia, além das variáveis climáticas, pluviosidade, temperatura mínima, média e máxima, utilizando um algoritmo de indução. O algoritmo de indução constrói uma árvore de decisão de forma recursiva, de cima para baixo (Han & Kamber, 2001). Inicia-se com o conjunto de treinamento, que é dividido de acordo com um teste sobre uma das variáveis independentes, formando subconjuntos mais homogêneos em relação à variável dependente. Esse procedimento é repetido até que se obtenham conjuntos de exemplos bem homogêneos,

para os quais seja possível atribuir uma única classe. Cada árvore de decisão foi escolhida para ser binária, com dois ramos a partir dos nós internos. Utilizou-se o software SPSS, versão 13.0, com o uso do algoritmo de crescimento "EXHAUSTIVE CHAID", o qual é uma variação do algoritmo padrão "CHAID", que usa como base as associações em cada um dos passos de crescimento o teste de qui-quadrado, conforme Evgeny & Pokryshevskaya (2010).

### **Resultados e Discussão**

Foi observado que os municípios de Sertânia e Parnamirim, foram os que apresentaram maior ocorrência de plantas de *Macropitium*. Tal fato, pode ser atribuído devido essas cidades terem maior mancha de solos em relação a maioria das outras cidades. Entretanto, é importante considerar que o município de Bom Jardim foi onde foi verificado maior ocorrência de *Macropitium* (Tabela 1). Essa cidade junto com Tupanatinga e Caetés apresentam condições de climáticas como maior precipitação e temperaturas amenas, sendo fatores importantes que contribuíram para maior taxa de ocorrência e maiores taxas de sobrevivência. Além disso, foi observado que os solos dessas regiões apresentavam mais facilidades de coleta por serem menos compactados e mais úmidos.

Em relação à taxa de sobrevivência, foi observado de uma maneira geral que, os municípios do Sertão do Estado apresentaram plantas com taxas relativamente baixas de sobrevivência quando coletadas. As condições edafoclimáticas como altas temperaturas, luminosidades, características do solo, nessas regiões, podem ser fatores que em conjunto pode ter diminuído a índices de sobrevivência dessas plantas no viveiro. Além desses aspectos, outra característica importante é que essas plantas quando coletadas, tinha as raízes mais desenvolvidas dificultando a sua coleta, ocasionando danos a suas estruturas e tendo a planta maior estresses (Tabela 1).

Nas coletas observou-se maior ocorrência da espécie *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb (50%), seguida da espécie *M. martii* Benth (30%) e de outras espécies de *Macroptilium* (20%). De uma maneira geral, algumas espécies de *Macroptilium* se comportam como plantas colonizadoras ou invasoras, em hábitat abertos, são pouco exigentes em fertilidade, vegetam em locais mal drenados e com pH baixo, tendo adaptabilidade a diferentes ambientes tanto de clima como de solos (Monks et al., 2006; Queiroz, 2009).

Na Tabela 2, é apresentada a análise exploratória das características edafoclimáticas em estudo. As medidas de tendência central média e mediana foram próximas para a maioria dos atributos, porém para moda houve valores muitos divergentes. Segundo Silva Neto et al. (2010), quando a média e a mediana são próximas, os dados apresentam reduzido afastamento em relação a um valor central.

Para Little & Hills (1978), quando os valores da média e mediana são semelhantes, os dados se aproximam da distribuição normal. Em relação aos valores de desvio padrão e coeficiente de variação indicam que a maioria dos dados apresenta elevado grau de heterogeneidade. Somente as variáveis de temperatura é que apresentaram coeficiente de variação baixo. Segundo Pimentel Gomes (2002) e Ferreira Filho (2000), o CV é baixo quando é menor que 10%, médio para 11 a 20, relativamente alto quando é 20 a 30 e muito alto quando é acima desse valor. Segundo essa classificação, os CV da maioria das variáveis são considerados altos. Entretanto, dados de análises de solo comumente apresentam valores altos, em virtude de condições diferenciadas de vários tipos de solos e climas diferentes nas quais as plantas foram coletadas.

Na Tabela 3, observa-se que as correlações entre as características edafoclimáticas variaram de -0,79 a 0,96. De uma maneira geral, as correlações foram de baixa magnitude para a maioria das variáveis. No entanto, a relação ca + mg apresentou correlação positiva. Esta interação está ligada às propriedades químicas dos elementos e ao grau de valência e

mobilidade. Há uma competição pelos sítios de absorção entre magnésio e cálcio, na absorção das raízes e solo, onde a presença em excesso de um componente pode afetar o desempenho do outro (Orlando Filho et al., 1996 ). A correlação de pH e cálcio foi de 0,58. Assim, quanto maior o valor de pH maior será valor de cálcio ligado ao fostato, ficando indisponível para as plantas.

O nó-raiz (nó 0) da árvore de decisão indica que a ocorrência de *Macropitilium* spp. foi de 54,8%, enquanto a ausência foi de 45,2 % no total dos sites amostrados.

As influências das condições climáticas, como temperatura média e precipitação, revelaram grande relevância na ocorrência de *Macropitilium* spp. Assim, foram formados dois grupos em função da temperatura média: temperatura maior ou igual a 26,2 C (nó 1) e temperatura menor que esse valor (nó 2). Quando a temperatura média foi maior que 26,2°C foram encontradas plantas de *Macropitilium* spp. em 47,5% dos sites coletados. Ademais, quando a temperatura média foi menor que 26,2°C, a ocorrência de *Macropitilium* spp. foi de 61,4% dos sites coletados. Em boa parte dos municípios em que as plantas foram coletadas, os índices de temperaturas eram elevados, podendo chegar a mais 35°C de temperatura máxima.

Em geral, as espécies de *Macropitilium* têm adaptações morfológicas que contribuem para sua ocorrência como, por exemplo, larga produção de sementes duras. Este recurso inviabiliza a germinação de todas as sementes em uma única época. Outras características é que permitem o acúmulo de reservas de sementes viáveis no solo e proporciona difusão rápida e segura de dispersão de sementes em grandes áreas (Tothill & Jones, 1977).

Além disso, a alta atividade metabólica no período chuvoso, com a produção de substâncias de reservas energéticas, parece preparar as espécies para o estresse hídrico e temperaturas extremas verificados na estação seca, permitindo a sobrevivência da espécie em condições adversas (Costa et al., 2007). Cook et al. (1977) verificaram em *Macropitilium*

*atropurpureum* (Siratro cv Biloela) que altas temperaturas e baixas pluviosidades são condições em que não há limitação no crescimento e estabelecimento. Por outro lado, observa-se que em temperaturas e precipitações menores que 26,2 °C (nó 2) e 647 mm (nó 6) respectivamente, foram coletados muitos dos acessos de *Macroptilium*. Tal resultado evidencia ampla ocorrência desse gênero, tendo espécies que podem ser adaptadas a diversas condições de clima e solos.

De fato, em um trabalho de divergência genética e biogeografia de *Macroptilium* realizado por Shirley e Burghardt (2010), foi observado que o gênero tem uma ampla distribuição que vai ao longo do continente americano, em áreas que incluem norte e centro da Argentina e Sul da Bolívia, Sul dos Estados Unidos e Norte e Nordeste do Brasil. Tais locais apresentam diferenças consideráveis das condições edafoclimáticas, tendo acessos que vivem tanto em condições de clima seco como em ambiente com alta pluviosidade.

Perez et al. (1999) verificaram a distribuição geográfica de acessos de *Macroptilium* spp. em regiões distintas da Argentina e observaram que boa parte dos acessos eram provenientes de regiões úmidas com temperaturas amenas.

Vale mencionar que acessos de *Macroptilium* spp. do presente trabalho terem sido coletados na região do polígono da seca no Estado de Pernambuco, muito desses *Macroptilium* spp. foram coletados em altitudes relativamente altas (850 m). Tal fato é importante, visto que em altitudes elevadas, as condições de clima são melhores, justificando assim consequência de uma maior ocorrência de espécies de *Macroptilium* spp. nessas áreas.

Segundo Morris (2010), o gênero *Macroptilium* spp. é perene com espécies que crescem em regiões tropicais, mas também apresenta crescimento anual, dependendo das condições de meio. Assim, a época em que foram coletadas as plantas de *Macroptilium* spp., pode ter influenciado na presença de plantas coletadas.

A divisão seguinte da árvore é dada em função da variável precipitação (Figura 1 ). No “nó” 3, com precipitação superior a 647 mm, foram encontrados 65,5% dos acessos de *Macropitium* spp. No “nó” 4, não foram encontrados acessos de *Macropitium* spp. em 65,1% dos sites visitados. Em relação aos nós 5 e 6, foram encontradas plantas de *Macropitium* spp. em 50,6% dos locais visitados quando a precipitação foi superior a 647 mm, e 74,6% quando as amostras coletadas foram em precipitações menores que 647 mm.

Observa-se no “nó 4” que houve uma subdivisão em dois ramos da variável tipo de solos. O “nó” 7, os solos Cambissolos, Neossolos, Argissolo, Luvisolo, Planossolo e Vertissolo obtiveram somente 25,5% dos acessos coletados, enquanto que no “nó” 8, somente o solo Latossolo obteve 84,6% dos acessos. Dentre as espécies de *Macropitium* coletadas, aproximadamente 70% foram *M. lathyroides*, sendo esta espécie pouco exigente em fertilidade do solo, adaptada a solos com pH baixo, vegetando bem em áreas mal drenadas (Monks et al., 2006). Em função das características dos solos Latossolos, os quais são normalmente profundos, porosos, bem drenados, normalmente com média de disponibilidade de água para as plantas com textura de média a muito argilosa e com baixa fertilidade de solo (IPA, 2008). Essas leguminosas podem ter tido maior desenvolvimento radicular em virtude da característica do solo, obtendo maior percentual de plantas coletadas quando comparado aos outros solos.

Em relação aos “nós” 9 e 10, observa-se os percentuais de argila acima ou menor que 7,12%. Os valores do teor de argila são muito baixos em relação aos solos de textura argilosa. Solos argilosos são considerados com teor de 35%, no mínimo, podendo ser considerados arenosos siltosos ou basicamente arenosos. Shirley e Burghardt (2010) verificaram que a maior ocorrência de acessos de *Macropitium* coletados foi de áreas arenosas. Queiroz (2009) verificou que a maioria dos *Macropitium* é geralmente encontrada em solos arenosos. De

fato, foi observado que muito dos acessos de *Macropitium* foram coletados em solos com a referida textura, durante as realizações no presente trabalho.

### Conclusões

1. Os municípios de Sertânia e Parnamirim foram os que apresentaram maior ocorrência de plantas de *Macroptilium*.
2. Observou-se baixa taxa de sobrevivência nas plantas coletadas.
3. As espécies de maior ocorrência foram *Macroptilium lathyroides* e *Macroptilium martii*.
4. Temperatura e precipitação média são as variáveis de maior representatividade que explicam a ocorrência das leguminosas *Macroptilium* spp.
5. Os acessos coletados de *Macroptilium* spp. têm maior ocorrência em solos arenosos siltosos.

## Referências

- ARAÚJO, E. C.; SILVA, M. V.; VIERA, Q. R.; CÁSSIA, A R.; Valor nutritivo e consumo voluntário de orelha de onça (*Macroptilium martii* (Benth.) Marechal e Baudet. **Pasturas Tropicales**, v.16 n.3, 1994.
- BREIMAN, L.; FRIEDMAN, J.H.; OLSHEN, R.A.; STONE, C.J. **Classification and regression trees**. Monterey, CA: Wadsworth, p.450. 1984.
- BORAK, J. S.; STRAHLER, A. H. Feature selection and land cover classification of a MODIS-like data set for semi-arid environment. **International Journal of Remote Sensing**, v.20, p.919-938, 1999.
- CHO, J.H.; KURUP, P.U. Decision tree approach for classification and dimensionality reduction of electronic nose data. **Sensor Actuators. B: Chemical**.v.160, p.542 e 548. 2011.
- COOK, S. J.; LOWER, K. F. Establishment of Siratro Pastures. **Tropical Grasslands**, v.11, n.1, p. 41- 48, 1977.
- COSTA, J. G.; AZEVEDO, N, G.; SOARES, C.; LICHSTON, J. Vida aqui só é ruim quando não chove no chão”? *Macroptilium panduratum* e sua adaptação à estação seca: uma alternativa de baixo consumo de água para as forrações verdes urbanas. **Anais... III Congresso de Ecologia do Brasil**, 23 a 28 de Setembro de, Caxambu-MG.
- COIMBRA-FILHO, A.F; CÂMARA, I. de G. **Os limites originais do bioma Mata Atlântica na região Nordeste do Brasil**. Fundação Brasileira para Conservação da Natureza, Rio de Janeiro. 1996. Disponível em: [http://www.worldwildlife.org/wildworld/profiles/terrestrial/nt/nt\\_1304\\_full.html](http://www.worldwildlife.org/wildworld/profiles/terrestrial/nt/nt_1304_full.html). Acesso em: 15/ 12/ 2013.
- EVGENY, A.; POKRYSHEVSHAYA E. Applying CHAID for logistic regression diagnostics and classification accuracy improvement. **Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing**, v.18, p.109-117, 2010.
- FERREIRA, P. V. **Estatística Experimental Aplicada à Agronomia**. 3ª ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 419p.
- FERREIRA, O. G. L. **Efeito do corte no estágio vegetativo e de época de colheita sobre o rendimento e qualidade das sementes de *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb. Pelotas**, 56p. Dissertação (Mestrado) - UFPEL, Pelotas, 2002.
- GOMES, F. P.; GARCIA, C.;H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. V.01. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.
- GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M.; QUEIROZ, L. P.; BARBOSA, M. R. V.; NETA, A. L. B.; FIGUEIREDO, M. A. **Espécies endêmicas da caatinga**. In: SAMPAIO, E. V. S. B.; GIULIETTI, A. M.; VIRGÍNIO, J.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L. (org.) **Vegetação e flora da caatinga**. Recife: APNE/CNIP, p.103-118, 2002.

HAN J.; KAMBER M. **Data mining: concepts and techniques**. San Francisco: Morgan Kaufmann/CA, 2001. 550p.

**IPA. Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco: 2 aproximação, 3 edição revisada**. Recife, Instituto agrônomo de Pernambuco-IPA, 2008. 212p.

KARIA, C. T.; ANDRADE, R. P. de; CHARCHAR, M. J. D. A.; GOMES, A. C. **Caracterização morfológica de acessos do Gênero Stylosanthes no banco ativo de germoplasma da Embrapa Cerrados - coleção 1994/1995**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 24p. (Embrapa Cerrados. Boletim de pesquisa, 72), 2002.

KHEIR, R.; MOGENS, B.; GREVE, H.; BØCHER, P. K.; GREVE, M. B. LARSEN, R.; MCCLOY, KEITH. Classification-tree based models: The case study of Denmark **Journal of Environmental Management**, v.91, p.1150–1160, 2010.

LITTLE, T.M.; HILLS, F.J. **Agricultural experimentation**. New York: John Wiley & Sons, 1978. 350 p.

MARTINS, F.T.; DUTRA, L V.; FREITAS, C.C.; FONSECA, F.R.; GUIMARAES, R.J.P. S.; MOURA, A.C.M.; SCHOLTER, R.G.C. Uso de árvore de decisão para predição da prevalência de esquistossomose no Estado de Minas Gerais, Brasil. **Anais... XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2841-2848.

MACEK, T.; MACKOVÁ, M. M.; KÁS, J. Exploitation of plants for the removal of organics in environmental remediation. **Biotechnology Advances.**, v.18, p.23-34, 2000.

MEIRA, C.A.A.; RODRIGUES, L.H.A.; MORAES, S.A. Análise da epidemia da ferrugem do cafeeiro com árvore de decisão. **Tropical Plant Pathology**, v.33, p.114-124, 2008.

MEIRA, C. A. A.; RODRIGUES, L. H.A.; MORAES, S. A. Modelos de alerta para o controle da ferrugem-do-cafeeiro em lavouras com alta carga pendente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.3, p.233-242, 2009.

MILAP PUNIA, A; JOSHI B, P.K.; PORWAL, M.C. **Decision tree classification of land use land cover for Delhi, India using IRS-P6 AWiFS data Expert Systems with Applications**, 2010.

MOLINEROS, J.; DE WOLF, E.; FRANCL, L.; MADDEN, L.; LIPPS, P. Modeling epidemics of fusarium head blight: trials and tribulations. **Phytopathology**, v.95, p.71, 2005.

MONKS, P.L.; FERRERIA, O.G.L.; POLO, E.A.; DA SILVA, J.B. Produção e qualidade de sementes de *Macroptilium lathyroides* (L.). Urb. sob diferentes espaçamentos e épocas de colheita. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36, n.2, p.107-112, 2006.

MORRIS, J.B. Morphological, phenological and reproductive trait analysis for the pasture species, siratro (*Macroptilium atropurpureum*). **Tropical Grasslands**, v.44, p.266-273, 2010.

MOREIRA, J.N.; LIRA, M. de A.; SANTOS, M.V.F.; SILVA, M.J. DE; ARAUJO, M. J. DE; MARQUES, K, A.; MELLO, A. C. L.; Caracterização da vegetação de Caatinga e da dieta de novilhos no Sertão de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.11, p.1643-1651, 2006.

ORLANDO FILHO, J. O. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.14, n.5, p.13-17, 1996.

MURTHY, S.K. Automatic construction of decision trees from data: a multidisciplinary survey. **Data mining knowledge discovery in databases**. v.2, p.345-389, 1998.

PAL, P. M.; MATHER, M. An assessment of the effectiveness of decision tree methods for land cover classification, **Remote Sensing of Environment**, v.86, p.554-565, 2003.

PEREZ, S.M.; CAMARDELLI, F.; JUAREZ, F.; BIACHINI, A. R.; NEUMANN, R.; Geographic distribution of *Macroptilium* species in Argentina. **Tropical Grasslands**, v.33, p.22-33, 1999.

PRADHAN, B. A comparative study on the predictive ability of the decision tree, support vector machine and neuro-fuzzy models in landslide susceptibility mapping. **Computers & Geosciences**. v.51, p.350 e 365, 2013.

QUEIROZ, L.P. **Leguminosas da caatinga**. Feira de Santana: UEFS, 467 p. 2009.

QUINLAN, J.R. Introduction of decision trees. **Journal of Machine Learning**, v.1, p.81-106, 1986.

SHIRLEY, M. E.; BURGHARDT, A. D. Biogeography and divergence times of genus *Macroptilium Leguminosae*. **AoB PLANTS**, V.18, P.1093, 2010.

SARO, L.; INHYE, P.. Application of decision tree model for the ground subsidence hazard mapping near abandoned underground coal mines **Journal of Environmental Management**, v.127, p.166-176, 2013.

SANTOS, M. V. F. ; LIRA, M. DE. A.; DUBEUX JUNIOR, J. C. DE; MELLO, A. C. L.; CUNHA, M.V. Potential of Caatinga forage plants in ruminant feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.204-215, 2010 (suplemento especial).

SILVA NETO, S, P, DA; SANTOS, A. C. DOS; LEITE, R.L.L.; DIM, V. P.; CRUZ, R.S. DA.; PEDRICO, A.; NETO, D.N.N. Análise espacial de parâmetros da fertilidade do solo em região de ecótono sob diferentes usos e manejos Semina: **Ciências Agrárias**, v.32, n. 2, p. 541-552, 2011.

THENAIL, C.; BAUDRY, J. **Méthodes d'étude des relations entre activités agricoles et paysages**. In: Sébillotte, M. (Ed.), **Recherches-Systèmes en Agriculture et Développement Rural**. 13 e Symposium International. CIRAD Editions, Montpellier, p.316-321, 1994.

TOTHILL, J.C.; JONES, R.M.; Stability in sown and oversown siratro Pastures. **Tropical Grasslands**, v.11, n.1, 1997.

YDOYAGA-SANTANA, D.F.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F. et al. Caracterização da caatinga e da dieta de novilhos fistulados, na época chuvosa, no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.1, 2010.

WALTER, B.M.T.; CAVALCANTI, T.B.; BIANCHETTI, L.B.; VALLS, J.F.M. Coleta de germoplasma vegetal: relevância e conceitos básicos. In: WALTER, B.M.T; CAVALCANTI, T.B. FUNDAMENTOS PARA A COLETA DE GERMOPLASMA VEGETAL. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, p.778, 2005.

WALTER, B.M.T.; CAVALCANTI, T.B.; BIANCHETTI, L.B.; VALLS, J.F.M. Coleta de germoplasma vegetal: relevância e conceitos básicos. In: WALTER, B.M.T; CAVALCANTI, T.B. FUNDAMENTOS PARA A COLETA DE GERMOPLASMA VEGETAL. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, p.778, 2005.

WITTEN, I. H.; FRANK, E. **Data mining: practical machine learning tools and techniques**. 2nd ed. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2005. 525p.

ZAPE. Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco. Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento-UEP, Recife: Governo do Estado de Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária), CD-ROM, 2001. (Embrapa Solos. **Documentos** n.25).

**Tabela 1.** Números de plantas coletadas e taxa de sobrevivência de *Macropitium*, nos municípios pesquisados.

Municípios	Plantas Coletadas	Número Sobreviventes	Taxa de sobrevivência %
Serra talhada	35,0	10,0	28,5
Floresta	41,0	3,0	7,3
Sertânia	57,0	9,0	15,7
Caetés	16,0	4,0	25,0
Tupanatinga	24,0	15,0	62,5
Petrolina	27,0	2,0	7,4
Jataúba	30,0	1,0	3,3
Bom jardim	37,0	19,0	51,4
Santa Cruz do Capibaribe	11,0	0,0	0,0
Santa Cruz	32,0	3,0	9,3
Parnamirim	45,0	3,0	13,5

**Tabela 2.** Análise descritiva das variáveis climáticas, físicas e químicas dos solos de diferentes municípios do Estado de PE.

Variáveis numéricas	Altitud (m)	pH	Ca + Mg	Ca	Al	H + Al	Na	K	P	C.O.	M.O	% ARG	% SIL	% AR	Prec (mm)	T máx (°C)	T mín (°C)	T méd (°C)
N	297	296	296	296	296	296	296	296	296	296	296	297	297	297	299	299	299	299
Média	525,9	6,4	6,0	5,0	0,0	2,9	0,2	0,3	44,6	7,7	13,3	11,1	17,2	71,4	708,3	35,1	16,7	25,8
Mediana	491,2	6,4	5,0	5,0	0,0	2,7	0,1	0,2	18,0	7,2	12,4	9,5	15,9	74,0	647,0	34,9	17,1	26,2
Moda	426,0	6,3	6,0	3,0	0,0	3,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	566	36,0	19	25
Desvio Padrão	43,2	15,6	66,6	60,0	0,1	0,6	450	0,2	97,1	4,8	8,3	7,1	8,3	11,9	239,7	1,28	2,3	1,6
CV%	8,21	243	1110	1200	0,0	20,9	22,2	66,6	32,3	66,6	62,4	63,0	48,2	16,7	234,8	3,6	13,7	6,5
Mínimo	157,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	322	32	12	22
Máximo	1815	8,6	24,0	22	1,0	7,0	15,0	2,0	1,2	23,0	40	39	79	95	111	36	19	28

Alt, Altitude, pH em H<sub>2</sub>O; P, K, Na, em mg dm<sup>-3</sup>; Ca, Mg, Al, H + Al, em cmolc dm<sup>-3</sup>; MO, matéria orgânica em dag kg<sup>-1</sup>;

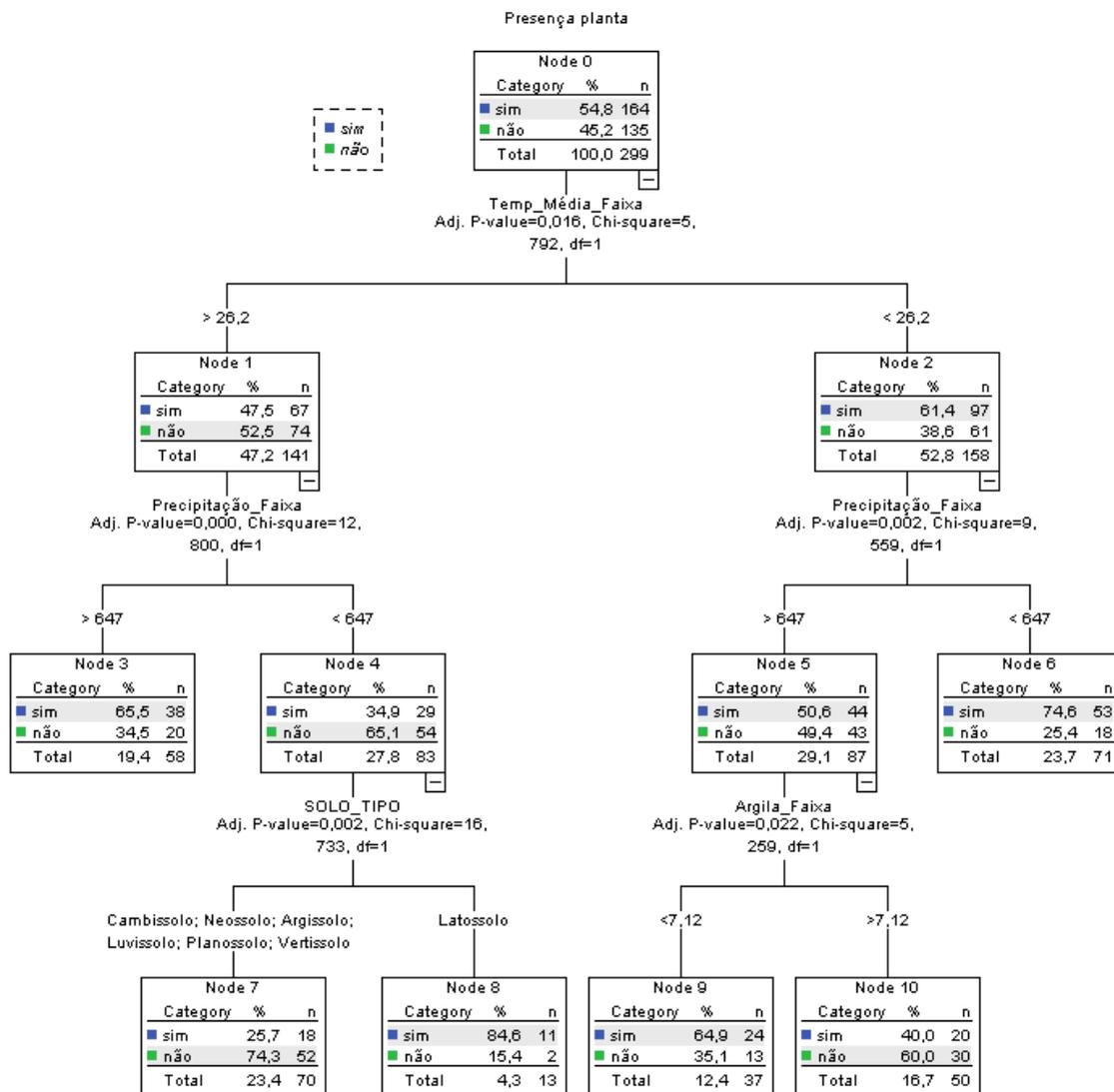
C.O, Carbono orgânico g.kg<sup>-1</sup>, Argila, Silte, Areia % Prec, Precipitação, T. max. (temperatura máxima), T. mín. (temperatura mínima), T. méd. (temperatura média).

**Tabela 3.** Correlação entre variáveis para o desenvolvimento da árvore de decisão.

	Alt	pH	Ca + Mg	Ca	Al	H + Al	Na	K	P	C.O.	M.O.	% ARG	% SIL.	% ARE	Precipitação	T máx	T mín	T medi
Altitude		-0,12	-0,24	-0,10	0,16	0,05	0,06	-0,01	-0,03	-0,02	-0,02	-0,07	-0,05	0,08	0,26	-0,02	-0,24	-0,17
pH			0,42	0,58	-0,50	-0,60	-0,09	0,32	0,21	0,12	0,12	0,04	0,18	-0,15	-0,10	0,19	0,22	0,22
Ca + Mg				0,78	-0,29	-0,24	0,05	0,27	0,32	0,33	0,33	0,28	0,38	-0,44	-0,06	-0,02	0,03	0,01
Ca					-0,34	-0,34	0,07	0,40	0,29	0,39	0,39	0,23	0,32	-0,36	-0,19	0,18	0,18	0,20
Al						0,55	-0,07	-0,21	-0,11	-0,02	-0,02	-0,04	-0,16	0,14	0,20	-0,29	-0,28	-0,30
H + Al							-0,10	-0,19	-0,15	0,15	0,15	0,18	-0,05	-0,07	0,07	-0,02	-0,05	-0,04
Na								0,06	0,02	0,01	0,01	0,00	0,02	-0,01	-0,04	0,05	0,03	0,04
K									0,36	0,24	0,24	0,12	0,22	-0,22	-0,07	0,30	0,14	0,21
P										0,25	0,25	-0,02	0,26	-0,17	0,16	0,05	-0,18	-0,10
C.O.											1,00	0,12	0,15	-0,19	-0,02	-0,02	-0,03	-0,02
M.O.												0,12	0,15	-0,19	-0,02	-0,02	-0,03	-0,02
% ARGILA													0,20	-0,73	-0,23	0,16	0,25	0,23
% SILTE														-0,80	-0,01	0,14	-0,01	0,04
% AREIA															0,15	-0,19	-0,14	-0,17
Precipitação																-0,58	-0,79	-0,76
T Max																	0,73	0,88
T mín																		0,96

Alt. (altitude), pH em H<sub>2</sub>O; P, K, Na em mg dm<sup>-3</sup>; Ca, Mg, Al, H + Al em cmolc dm<sup>-3</sup>; MO, matéria orgânica em dag kg<sup>-1</sup>;

C.O, Carbono orgânico g.kg<sup>-1</sup>, Argila, Silte, Areia % Prec, (precipitação), T. máx. (temperatura máxima), T. mín. (temperatura mínima), T. méd. (temperatura média).



**Figura 1.** Árvore de decisão gerada para verificação da presença de acessos *Macrotipilium* spp. em função dos atributos químicos e físicos do solo.

### **CAPÍTULO III**

#### **DIVERSIDADE RIZOBIANA PARA *MACROPTILIUM LATHYROIDES* (L. URB) EM NEOSSOLOS LITÓLICOS DO AGRESTE E SERTÃO DE PERNAMBUCO**

**Diversidade Rizobiana para *Macropitilium lathyroides* (L. Urb) em Neossolos Litólicos do Agreste e Sertão de Pernambuco**

**Resumo**

A Caatinga apresenta alta diversidade vegetal, incluindo leguminosas que formam nódulos em simbiose com uma ampla faixa de rizóbios. Este trabalho visou estudar a diversidade rizobiana em sete solos Neossolos Litólicos, de Santa Cruz do Capibaribe, Tupanatinga, Jataúba, Caetés, Santa Cruz, Petrolina e Floresta, municípios do Agreste e Sertão do Estado de PE. Amostras de solo foram utilizadas para inoculação de vasos Leonard, utilizando-se *Macropitilium lathyroides* como planta-isca. A coleta se deu aos 60 dias de cultivo e os nódulos foram usados para isolamento e caracterização morfológica dos isolados rizobianos. Foram determinados matéria seca da parte aérea (MSPPA), raiz (MSR), acúmulo de nitrogênio, eficiência relativa, peso e número de nódulos. A análise de agrupamento dos isolados foi baseada nas características morfológicas. Foi observado que os solos dos municípios de Santa Cruz Capibaribe, Tupanatinga e Jataúba isolados bacteriano com maior peso do nódulo, número de nódulos e eficiência relativa sendo que a maioria dos isolados bacterianos foram de crescimento rápido.

Termos para indexação: isolados, semiárido, solo

### Abstract

The Caatinga vegetation has high diversity, including legumes that form nodules in symbiosis with a wide range of rhizobia. This paper evaluates the rizobiana diversity in seven of lithic Neossolos: Santa Cruz do Capibaribe, Tupanatinga, Jataúba, Caetés, Santa Cruz, Petrolina and Floresta, municipalities of Agreste and Sertão, of the State of Pernambuco. Soil samples were used for inoculation of potted Leonard *Macrottilium* using lathiroides plant-like bait. Data collection occurred at 60 days of cultivation and the nodules were used for isolation and morphological characterization of isolates rizobianos. Were determined dry matter (MSPPA), root (MSR), nitrogen accumulation relative efficiency, weight and number of nodules. The cluster analysis of the isolates was based on morphological characteristics. Jataúba were the most efficient for most variables. It was observed that the soils of the city of Santa Cruz Capibaribe, Tupanatinga, Jataúba and bacterial isolates were highest weight of the nodule, number of nodules and relative efficiency with the majority of the isolates were fast growing. It was observed that the soils of the city of Santa Cruz Capibaribe, Tupanatinga, Jataúba and bacterial isolates were highest weight of the nodule, number of nodules and relative efficiency with the majority of the isolates were fast growing.

Index terms: isolate, semiarido, soil.

## Introdução

A Caatinga é um bioma do semiárido exclusivo do Brasil, que cobre aproximadamente 10% do território nacional. Apresenta grande variedade de paisagens, com elevada diversidade em sua flora e fauna, boa parte da qual é endêmica. Neste bioma, as leguminosas têm função importante na composição botânica da Caatinga (Casteletti et al., 2003; Queiroz, 2009).

Na região semiárida, há classes de solos profundos e rasos, tais como luvisolos, e solos mais profundos como os Argissolos e latossolos e cada um destes possuem propriedades físicas e químicas distintas (Embrapa, 2007).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é uma das funções de maior importância que envolve microrganismos, representa aproximadamente 63% da entrada anual de N nos ecossistemas terrestres, sendo o restante proveniente da produção industrial de fertilizantes nitrogenados e da fixação não biológica (descargas elétricas), compreendendo 30% e 7% da entrada anual de N nos ecossistemas terrestres, respectivamente (Taiz e Zaig al., 2011).

As leguminosas tropicais, normalmente são capazes de nodular com uma grande diversidade de rizóbios, tendo uma contribuição significativa na quantidade de nitrogênio disponível para o sistema de pastagem. (Santos et al., 2003, Lima et al., 2009).

Uma forma de se obter maior diversidade de isolados rizobianos e aumentar as chances de obtenção de isolados mais eficientes é através de coletas de solo, em diferentes regiões, sob diferentes sistemas de cultivo ou coberturas vegetais, porque a população bacteriana pode variar em tamanho e diversidade de indivíduos de acordo com o solo, o tipo de cobertura vegetal e, principalmente, o ambiente (Chagas Junior et al., 2010).

Devido essa grande variação da diversidade de rizóbios que pode ser encontrada na região semiárida, os estudos visam encontrar isolados bacterianos eficientes na fixação

biológica de nitrogênio, com a utilização de leguminosas adaptadas às condições climáticas da região.

Assim, objetivou-se avaliar diversidade rizobiana de leguminosas *Macroptilium lathyroides*, em solos Neossolos Litólicos de municípios do Agreste e Sertão do Estado Pernambuco.

### **Material e Métodos**

As coletas de solo foram realizadas no Agreste e Sertão de Pernambuco, em Neossolos Litólicos dos municípios de Santa Cruz do Capibaribe, Tupanatinga, Jataúba, Caetés, Santa Cruz, Petrolina e Floresta, durante o período de fevereiro a agosto de 2010.

As amostras foram coletadas em três a cinco locais fisicamente distintos, dependendo da mancha de solo em cada município, quando também foram coletadas leguminosas *Macroptilium spp.*

Foram selecionadas quatro amostras do horizonte superficial de cada combinação município x solo, totalizando 16 amostras para cada município.

Foram realizadas análises granulométricas, de acordo com a metodologia da Embrapa (1997), e análise de fertilidade do solo, conforme metodologia da Embrapa (1979). As demais amostras de solo foram mantidas com a umidade do momento da coleta e, posteriormente, colocadas sob refrigeração ( $\pm 4^{\circ}\text{C}$ ), no Laboratório de Microbiologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), para posterior isolamento das estirpes rizobianas.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da UFRPE, em vasos Leonard, em delineamento em blocos, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em sete solos NEOSSOLOS LITÓLICOS, mais dois tratamentos adicionais, testemunhas com e sem nitrogênio, sendo um total de nove tratamentos.

Os vasos de Leonard foram montados com garrafas tipo Pet, conforme a metodologia de Santos et al. (2009). Para cada garrafa, foram utilizados 1 kg de areia lavada e vermiculita,

na proporção de 1:1 (v:v), e autoclavada a 120 °C, por uma hora. Na parte superior da garrafa foi colocada a mistura areia e vermiculita, enquanto na parte inferior ficou a solução nutritiva com e sem nitrogênio (Hoagland & Arnon, 1950). Posteriormente, foram colocadas duas plântulas de *Macropitium lathyroides*, por vaso, diretamente na parte superior dos vasos de Leonard.

Em seguida, as plântulas foram inoculadas com 2g de solo das amostras por vaso, conduzido separadamente para cada combinação solo x município. Para a formação das plântulas, foram utilizadas sementes escarificadas de *M. lathyroides*, através do uso do ácido sulfúrico concentrado por 10 minutos, seguindo de uma lavagem com água potável até a eliminação do ácido e, posteriormente, submetendo as sementes à germinação, utilizando-se o substrato via papel germitest. Posteriormente, as plântulas, com 10 dias, foram implantadas nos vasos Leonardo.

As plantas foram colhidas aos 60 dias, após a inoculação com as duas gramas de solos, separadas em raízes e parte aérea, sendo separada em sacos de papel. Os nódulos foram separados para determinação do número de nódulos (NN) e acondicionados em tubos com sílica-gel para secagem e estabilização da umidade, para determinação da massa seca de nódulos (MSN).

A parte aérea e a raiz foram secas em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C, até atingirem massa constante. A seguir, foram obtidas as massas secas da parte aérea (MSPPA) e da raiz (MSR) de cada planta-isca. Foram amostrados aleatoriamente quatro a cinco nódulos por vaso, seguindo o procedimento padrão, como sintetizado em Hungria (1994). Os nódulos amostrados de cada tubo foram reidratados e, em seguida, imersos em álcool 95%, por 30 segundos, para quebra da tensão capilar superficial, seguido por esterilização por imersão em hipoclorito de sódio a 5%, por cinco minutos, e lavados em água destilada esterilizada. O

isolamento foi conduzido em placas de Petri com meio YMA, com azul de bromotimol (Vincent, 1970).

A caracterização morfológica foi baseada em: velocidade de aparecimento de colônias isoladas (< 3 dias; > 3 dias); diâmetro (< 2 mm e > 2 mm); cor (incolor, branca, creme, amarela, rosa, verde, lilás e vermelha); superfície (rugosa, lisa e papilosa); forma (circular, irregular e puntiforme); elevação (plana, lente, convexa, drop-like, umbilicada e umbanada); borda (inteira, ondulada, filamentosa, lobada, denteada e nenhuma); consistência do muco (seca, aquosa, gomosa, viscosa e butírica); elasticidade do muco (sem e com); produção de muco (escasso, pouco, moderado e abundante), e modificação do pH do meio de cultura (ácido, neutro, alcalino) (Vincent, 1974; Silva et al., 2007).

Após a caracterização, os isolados bacterianos foram cultivados em meio YM e posteriormente armazenados em tubos de eppendorf, sob refrigeração.

O agrupamento dos isolados encontrados foi realizado com base no índice de Jaccard, pelo método UPGMA (UnweightedPairGroupAnalysis), utilizando-se o Past 2.09 (Hammer et al., 2001).

O acúmulo de N na parte aérea foi calculado a partir do teor de N total, analisado por meio do método Kjeldahl, de acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002), multiplicado pela massa de matéria seca da parte aérea.

Artigo elaborado conforme as normas da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

A eficiência relativa (ER) foi calculada com base no acúmulo de N da MSPPA conforme a equação  $ER = \left( \frac{\text{Acúmulo de N da MSPA de cada tratamento}}{\text{Acúmulo de N MSPA da Testemunha nitrogenad}} \right) \times 100$

Os dados de matéria seca da parte aérea (MSPPA), raiz (MSR), acúmulo, eficiência, relativa, além do peso e número de nódulos foram submetidos à análise de variância com o teste F. Para os dados de matéria seca da parte aérea e raiz, acúmulo, eficiência e relativa, os

dados foram transformados em raiz quadrada. Para número de nódulo e peso de nódulo foi utilizado  $\log_{10}(n+1)$ . Quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas, utilizando-se GLM do SAS (SAS Inst. Inc., 1999).

### **Resultados e Discussão**

Houve maior nodulação nas plantas dos solos dos municípios de Jataúba, Santa Cruz do Capibaribe e Tupanatinga (Tabela 1), todas do Agreste. Para os solos do sertão, o número e a diversidade de nódulos não foram altos quando comparados aos isolados dos solos do agreste. Leguminosas do gênero *Macroptilium* são capazes de nodular livremente em qualquer tipo de solo e em diferentes continentes, devido à diferença de estirpes compatíveis (Bala et al., 2003). A capacidade de uma leguminosa formar nódulos é, em grande parte, em função da magnitude, distribuição e diversidade de rizóbios em um dado solo. As leguminosas podem exibir melhor habilidade de nodulação nos centros de origem, uma vez que já está habituada às condições do meio (Bala et al., 2002). Provavelmente, os maiores valores de temperatura no Sertão possam ter sido um fator importante que diminua a eficiência de nitrogênio dos isolados (Hungria & Vargas, 2000).

Em relação à massa de nódulos, foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ), conforme Tabela 1, com os maiores resultados para Jataúba, Santa Cruz do Capibaribe, Tupanatinga e Floresta, ao passo que os menores foram de Caetés e Petrolina. De forma geral, observou-se nos tratamentos que os nódulos apresentaram peso baixo. Em um experimento de fixação biológica de nitrogênio, realizado por Freitas et al., (2011), com e sem adição de esterco em jureminha (*Desmanthus pernambucanus*), orelha-de-onça, (*Macroptilium martii*) e feijão-de-rolinha (*Macroptilium lathyroides*), cultivados em solos do semiárido da Paraíba, com utilização de solos Neossolo Flúvico Neossolo Regolítico, os

autores observaram que, em alguns casos, foram encontradas plantas com poucos nódulos e biomassa total bastante alta, ou seja, com nódulos bastante grandes em *Desmanthus pernambucanus* cultivada no Neossolo Flúvico sem esterco. Os autores justificaram que o número de nódulos pode ser uma variável que explica pouco a eficiência da simbiose. Para Atkins (1984), os nódulos não funcionais e pequenos representam somente um dreno de fotoassimilados.

Em relação à matéria seca da parte aérea e matéria seca de raiz também houve diferenças significativas entre os tratamentos. Entretanto, todos os tratamentos foram inferiores ao tratamento controle nitrogenado. As plantas que foram inoculadas pelos solos dos municípios de Santa Cruz do Capibaribe e Jataúba apresentaram maiores MSPPA. Em relação à matéria seca da raiz (MSR), as plantas dos solos dos municípios de Caetés e Tupanatinga, foram inferiores estatisticamente em relação aos demais municípios.

Apesar de haver uma separação entre as variáveis MSPPA com MSR, ambas são variáveis dependentes, pois, para que se tenha um incremento na MSPPA, é preciso que haja contribuição do sistema radicular para a absorção de água e nutrientes, bem como da nodulação para a FBN. A variável MSPPA é um item que mais indica crescimento adequado à cultura MSPPA, pois representa um bom indicador do estado nutricional das plantas, sendo importante para proporcionar à cultura grande potencial de produção (Antunes et al., 2011).

Em relação ao acúmulo de matéria seca foi encontrada diferença entre os solos dos municípios. Os solos de Santa Cruz Capibaribe e Tupanatinga apresentaram plantas com maior acúmulo de matéria seca sem diferir do controle nitrogenado. Acúmulo de matéria seca é uma confiável para selecionar estirpes com maior potencial simbiótico (Pimratch et al., 2004). Considerando que os solos das plantas dos municípios Tupanatinga e Santa Cruz Capibaribe apresentaram maior acúmulo de matéria seca, pode-se inferir que esses solos possam ter estirpes eficientes na fixação biológica de nitrogênio.

Para eficiência relativa (Tabela 1), também houve diferença estatística entre os tratamentos. O solo de Santa Cruz Capibaribe apresentou-se superior aos demais tratamentos, não diferindo estatisticamente do tratamento controle com nitrogênio. Os solos de Petrolina, Floresta e Santa Cruz são solos que podem ser pouco eficientes na fixação simbiótica de nitrogênio das plantas, por não fornecerem nitrogênio para a planta em quantidade satisfatória.

Em relação à fase de caracterização morfofisiológica, foram obtidos 22 isolados bacterianos a partir dos nódulos radiculares de *M. lathyroides* agrupados em 15 grupos, a uma similaridade de 70%, de acordo com características morfofisiológicas (Figura 1), com destaque para os isolados obtidos de Tupanatinga com seis acessos.

Em relação às porcentagens de crescimentos de isolados (Figura 2), observou-se maior crescimento dos isolados em meio de cultura YMA, na forma de crescimento rápida com 90% dos isolados bacterianos, seguido na forma de crescimento intermediária com 10%. Para a forma de crescimento lenta não foi observado isolado.

Os rizóbios de crescimento rápido são mais comuns em regiões áridas. Esta característica constitui uma estratégia de sobrevivência das bactérias. No presente trabalho, a maioria dos isolados bacterianos não acidificou.

Em relação à quantidade de muco produzido pelo rizóbios bacterianos, foram observadas porcentagens semelhantes a 48% para bactérias que produziram muco moderado, com 44% para produção pouca de muco e menos de 9% para baixa produção de muco (Figura 3). Em altas temperaturas, há uma maior produção de mucos por parte dos isolados bacterianos, pois abundância de muco representa adaptação e sobrevivência dos rizóbios a fatores bióticos (Coutinho et al.,1999). Considerando que as cidades de Petrolina e Floresta têm índices de temperatura elevadas, os isolados desses municípios precisam ter mecanismo de adaptação ao ambiente, e, neste aspecto, uma maior produção de muco aliado ao

crescimento rápido dos isolados bacterianos proporcionará maior sobrevivência dos isolados (Santos et al., 2007).

Os isolados bacterianos apresentaram comportamentos diferentes em relação à mudança de reação do pH em meio de cultura (Figura 4). A tendência de acidificar o meio abrangeu aproximadamente 20% dos isolados, 63% dos isolados de hábitat de pH neutro e 17% de rizóbios adaptados a solos alcalinos (Figura 4). O pH correto é essencial para a sobrevivência dos rizóbios (Brockwell et al., 1995). Existe uma forte relação entre rizóbios crescimento rápido e pH. Em geral, quanto maior o crescimento maior será a tendência de acidificar o pH do meio (Santos et al., 2007, Chagas Junior et al., 2009).

Os rizóbios de crescimento rápido são mais comuns em regiões áridas, esta característica constitui uma estratégia de sobrevivência das bactérias. No presente trabalho, a maioria dos isolados bacterianos não acidificou. Segundo Martins (1996), de maneira geral, rizóbios isolados do Sertão apresentaram uma maior ocorrência de reação de pH em meio de cultura, de neutra a alcalina.

A maioria dos isolados na região semiárida apresentou crescimento rápido. Tal fato pode ser devido essas bactérias terem que aproveitar o curto período chuvoso para obter maior crescimento na época propícia, já que, quando chega o período seco, há mudanças drásticas das condições edafoclimáticas, prejudicando o seu desenvolvimento (Medeiros et al., 2009).

### **Conclusões**

1. Existe variação na população bacteriana dos solos dos municípios de Santa Cruz Capibaribe, Tupanatinga e Jataúba, notadamente para as características referentes ao peso do nódulo, número de nódulos e eficiência relativa.
2. A maioria dos isolados bacterianos é de crescimento rápido.

## Referências

- ANTUNES, J. E. L.; GOMES, R. L. F.; LOPES, Â. C.; ARAÚJO, A. S. F.; LYRA, M. C. C.; FIGUEIREDO, M. V. B. Eficiência Simbiótica de Isolados de Rizóbio Nodulares de Feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v.35, p.751-757, 2011.
- ARAÚJO, F.F.; CARMONA, F.G.; TIRITAN, C.S.; CRESTE, J.E. Fixação biológica de N<sub>2</sub> no feijoeiro submetido a dosagens de inoculantes e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Science Agronomica**, v.29, p.535-540, 2007.
- ATKINS, C.A. Efficiencies and inefficiencies in the legume/ *Rhizobium* symbiosis - a review. **Plant and Soil**, v.82, p.273-284, 1984.
- BALA, A.; MURPHY, P.J.; GILLER, K.E. Occurrence and genetic diversity of rhizobia nodulating *Sesbania sesban* in African soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.34, p.1759-1768, 2002.
- BALA, A.; MURPHY, P.J.; OSUNDE, A.O.; GILLER, K. E. Nodulation of tree legumes and the ecology of their native rhizobial populations in tropical soils. **Applied Soil Ecology**, v.2, p.211-223, 2003.
- BROCKWELL, J.; BOTTOMLEY, P. J.; THIES, J. E. Manipulation of rhizobia microflora for improving legume productivity and soil fertility: a critical assessment. **Plant and Soil**, v.174, p.143-180, 1995.
- CASTELETTI, C. H M.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M. CALDAS, R. T.. **Quanto Ainda Resta da Caatinga?** Uma estimativa preliminar. In: SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. (Orgs.) Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Ministério do Meio Ambiente/Universidade Federal de Pernambuco, Brasília, 2003.
- CHAGAS JUNIOR, A. F.; OLIVEIRA, L. A.; OLIVEIRA, A. N. Caracterização fenotípica de rizóbio nativos isolados de solos da Amazônia e eficiência simbiótica em feijão caupi. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.32, p.161-169, 2010.
- CHAGAS JUNIOR, A. F.; RAHMEIER, W.; FIDELIS, R. R.; SANTOS, G. R.; CHAGAS, L. F. B. Eficiência agronômica de estirpes de rizóbio inoculadas em feijão-caupi no Cerrado, **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, p.709-714, 2010b.
- CHEN, Q.; ZHANG, X.; TEREFEWOR, Z.; KAIJALAINEN, S.; LI, D.; LINDSTRÖM, K. Diversity and compatibility of peanut (*Arachis hypogaea* L.) bradyrhizobia and their host plants. **Plant and Soil**, v.255, p.605-617, 2003.
- COUTINHO, H.L.C., OLIVEIRA, V.M., MANFIO, G.P.; ROSADO, A.S. Evaluating the microbial diversity of soil samples: methodological innovations. **Anais... Academia Brasileira de Ciências**, v.71, p.491-503, 1999.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, Embrapa Solos/Embrapa Informática Agropecuária/Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999.

FARIA, S.M.; FRANCO, A.A. **Identificação de bactérias eficientes na fixação biológica de nitrogênio para espécies leguminosas arbóreas**. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 2002. 16 p. (Documentos, 158).

FERREIRA, M.C.; HUNGRIA, M. Recovery of soybean inoculant strains from uncropped soils in Brazil. **Fields Crops Research**, v.79, n.2/3, p.139-152, 2002.

FREITAS, A. D. S.; SILVA, T. O.; MENEZES, S. C.; SAMPAIO, E. V. S.; FRAGA, V.S. Nodulação e fixação de nitrogênio por forrageiras da caatinga cultivadas em solos do semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.9, p.1856-1861, 2011.

HAMMER , HARPER D. A. T.; RYAN P. D. (2001). PAST: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. **Palaent Electron**, v.4, 9p.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. Berkeley: Califórnia, **Agricultural Experiment Station**, 1950.

HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. **Coleta de nódulos e isolamento de rizóbios: Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: EMBRAPA, p.45-62, 1994.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T. Environmental factors affecting N<sub>2</sub> fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, v.65, p.151-164, 2000.

LIMA, A.S.; NÓBREGA, R.S.A.; BARBERI, A.; SILVA, K.; FERREIRA, D.F.; MOREIRA, F. M. D. S. Nitrogen-fixing bacteria communities occurring in soils under different uses in the Western Amazon Region as indicated by nodulation of siratro (*Macroptilium atropurpureum*). **Plant and Soil**, v.319, p.127-145, 2009.

MACEDO, M.O.; RESENDE, A.S.; GARCIA, P.C.; BODDEY, R.M.; JANTALIA, C.P.; URQUIAGA, S.; CAMPELLO, E.F.C.; FRANCO, A.A. Changes in soil C and N stocks and nutrient dynamics 13 years after recovery of degraded land using leguminous nitrogen-fixing trees. **Forest Ecology and Management**, v.255, p.1516-1524, 2008.

MARTINS, L.M.V. **Características ecológicas e fisiológicas de rizóbio de caupi (*Vigna unguiculata*(L) Walp) isolados a partir de solos da região nordeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 213p., 1996.

MARTINS, L.M.V. NEVES, M.C.P., RUMJANEK, N.G. Growth characteristics and symbiotic efficiency of rizobia isolated from cowpea nodules of thenortheast of Brazil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, n.5-6; p.1005-1010, 1997.

MEDEIROS, E. V.; MARTINS, C. M.; LIMA, J. A. M.; FERNANDES, Y. T. D.; OLIVEIRA, V. R.; BORGES, W. L. Diversidade morfológica de rizóbios isolados de caupi

cultivado em solos do Estado do Rio Grande do Norte. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, n.3, p.529-535, 2009.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras, UFLA, 2006, 729 p.

NASCIMENTO, L. R.S.; SOUSA, C.A.; SANTOS, C.E.S.; FREITAS, A.D.S.; VIEIRA, I. M.M.; SAMPAIO, E.V.S.B. Eficiência de isolados de rizóbios nativos do agreste paraibano em caupi. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.36-42, 2010.

PELCZAR, JR.; CHAN, E.C.S.; KRIEG, N.R. **Microbiologia do Solo e do Ar**. In: Aplicações. V.II, Makron Books do Brasil Editora Ltda, p.306-336. 1997.

PIMRATCH, S.; JOGLOY, L.; VORASOOT, N.; TOOMSAN, B.; PATANOTHA, A.; HOLBROOK; C. C. . Evolution of seven peanut genotypes for nitrogen fixation and agronomic traits. **Journal Science Technology**, v.26, n.03, p.295-304, 2004.

QUEIROZ, L.P. **Leguminosas da caatinga**. Feira de Santana: UEFS, 2009. 467p.

SANTOS, C.E.R.S.; STAMFORD, N.P.; FREITAS, A.D.S.; NEVES, C.P.; RUNJANEK, K.G. SOUTO, M.E Efetividade de rizóbios dos solos da região nordeste Brasil, Fixação do N<sub>2</sub> em amendoin (*Arachishypogaea*). **Acta Scientiarum**, v.27, p. 305-312, 2003.

SANTOS, C.E.R.S.; STAMFORD, N.P.; NEVES, M.C.P.; RUNJANEK, N.G.; BORGES, W.L.; BEZERRA, R.V.; FREITAS, A.D.S. Diversidade de rizóbios capazes de nodular leguminosas tropicais. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, p. 249-256, 2007.

SANTOS, C.E.R.S.; BEZERRA, R.V.; FREITAS, A.D.S.; SEIDO, S.L.; MARTINS, L.M.V.; RUMJANEK, N.G.; XAVIER, G.R. **Modificação de vasos de Leonard com garrafas descartáveis tipo Pet**. Comunicado técnico, Seropédica: Embrapa, p.4, 2009.

SAS INSTITUTE INC. **The SAS System for Windows**. Cary: SAS InstituteInc, 1999.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. 2006. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. UFV. Viçosa. 235 p.

SOUZA, R.A.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; MACIEL, C.D.; CAMPO, R.J.; ZAIA, D.A.M. Conjunto mínimo de parâmetros para avaliação da microbiota do solo e da fixação biológica do nitrogênio pela soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.83-91, 2008.

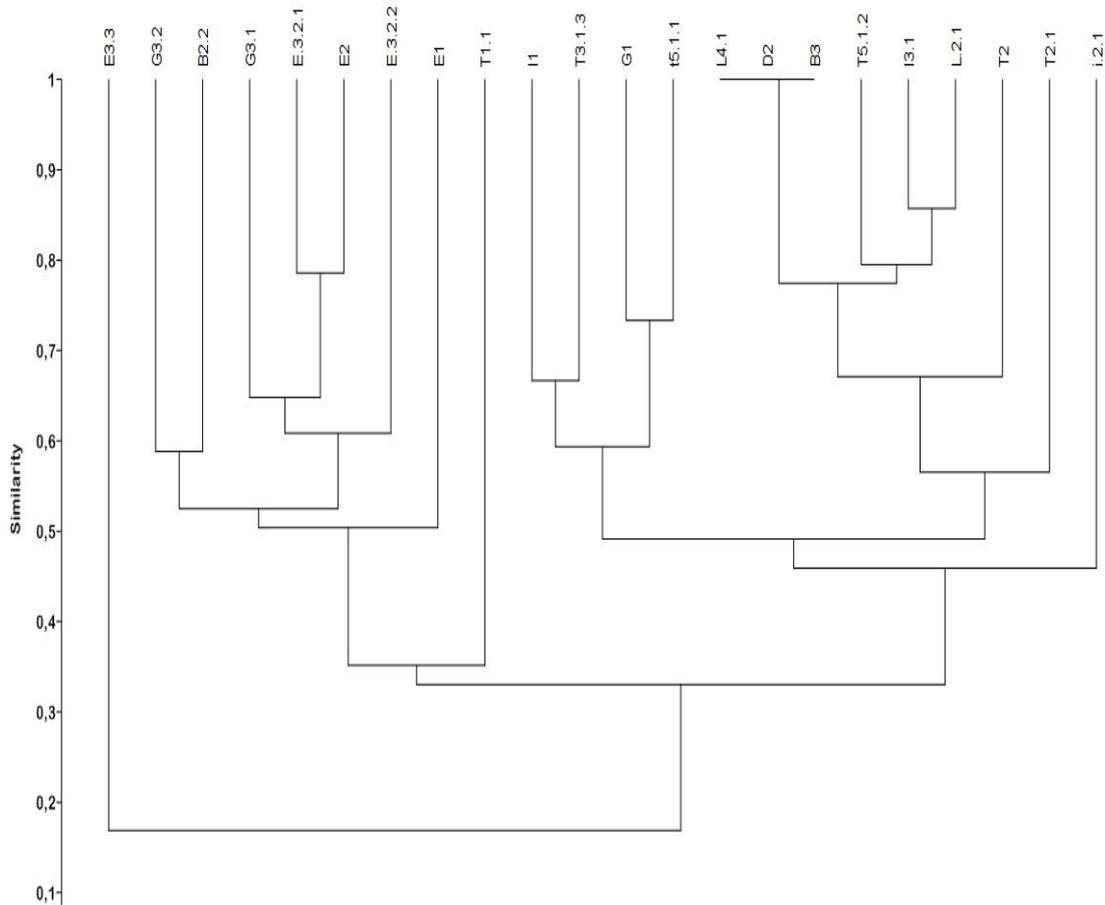
VINCENT, J.M. **Manual for the practical study of root nodule bacteria**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, (International Biological Programme Handbook, 15), 1970, 164p.

ZILLI, J.É.; VALICHESKI, R.R.; RUMJANEK, N.G.; SIMÕES ARAÚJO, J.L.; FREIRE FILHO, F.R.; NEVES, M.C.P. Eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* isoladas de solo do Cerrado em Caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.811-818, 2006.

**Tabela 1.** Números de nódulos (NN), massa de nódulos (PN), matéria seca da parte aérea (MSPPA), matéria seca da raiz (MSR), acúmulo de nitrogênio na parte aérea e eficiência relativa de plantas de *Macroptilium lathyroides*, em função de solos Neossolo Litólico de sete municípios do Estado de PE.

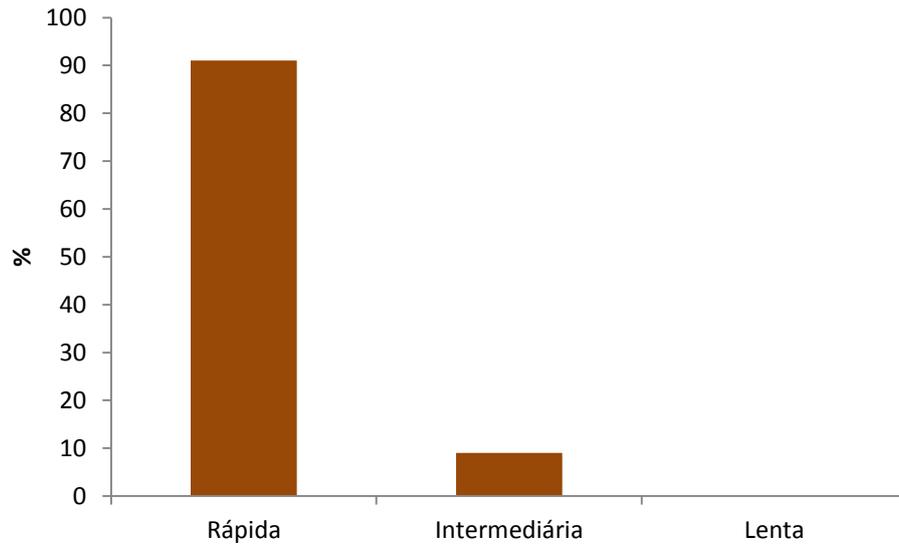
Solo/município	NN	PN	MSPPA	MSR	Acúmulo de N	Eficiência Relativa (%)
	g/planta					
Caetés	13,8AB	0,1AB	0,9 BC	0,1 B	1,6 ABC	35,5 ABC
Floresta	4,8 AB	0,4 A	0,5 BC	1,9 AB	1,5 ABC	32,2ABC
Jataúba	16,3 A	0,5 A	0,8 BC	2,1 AB	2,9 ABC	62,1 AB
Petrolina	6,6 AB	0,1 AB	0,5 BC	1,1 AB	0,9 C	20,2 C
Santa Cruz	2,2 B	0,3 AB	0,5 BC	0,5 B	1,7 ABC	36,3 ABC
St. Capibaribe	18,1 A	0,6 A	1,4 AB	3,1 AB	4,8 A	103,0 A
Tupanatinga	15,2 A	0,5 A	1,2 AB	2,7 AB	3,3 A	70,9 AB
Sem nitrogênio	0,0 B	0,0 B	0,4 C	0,2 B	0,2 C	6,1 C
Com nitrogênio	0,0 B	0,0 B	3,1 A	5,3 A	5,0 A	107,9 A
CV (%)	55,8	46,7	33,2	37,5	37,2	33,2

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. St- Santa. CV- Coeficiente de variação.

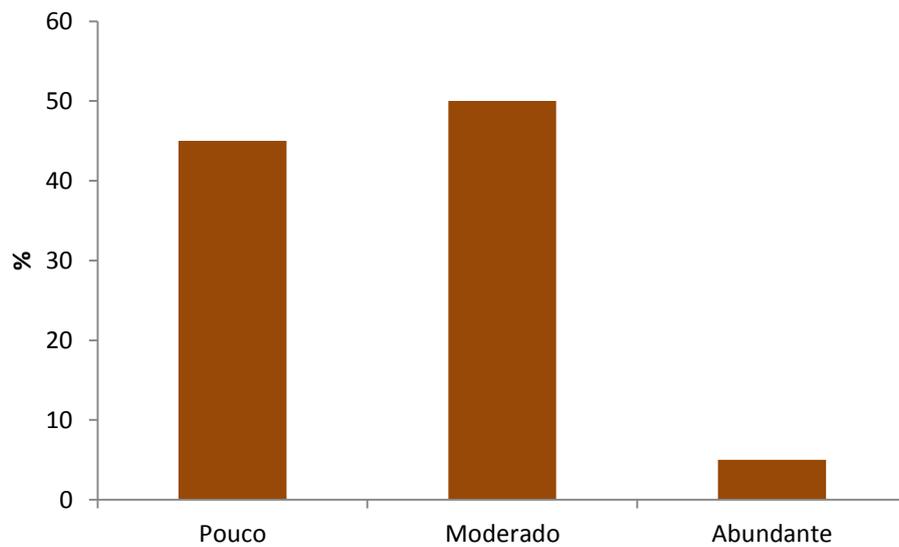


**Figura 1.** Dendrograma das características morfológicas dos isolados de rizóbio de solos NEOSSOLOS LITÓLICOS de sete diferentes municípios do Estado de PE, pelo método UPGA (unweightedpairgroupaverage), usando o índice Jaccard de 70%.

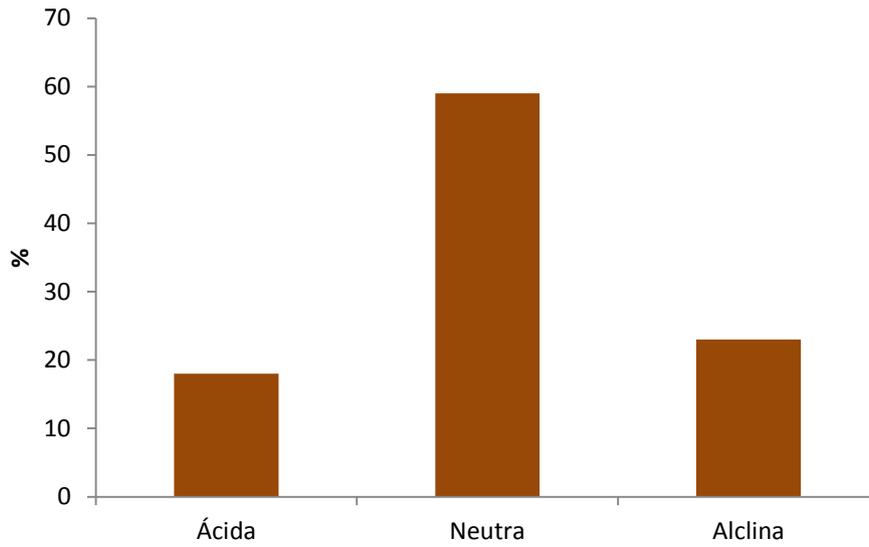
**Legendas.** D-Município de Caetés; B-Floresta; I-Santa Cruz; L-Jataúba,, G-Santa Cruz Capibaribe; T-Bom Jardim, E-Tupanatinga.



**Figura 2.** Porcentagens de crescimento dos isolados em rápida, intermediária e lenta, após repicagem nas placas Petri.



**Figura 3.** Quantidade de muco produzido em meio YMA por bactérias isoladas de nódulos de *Macroptilium lathyroides* cultivado em NEOSSOLOS LITÓLICOS de sete municípios do Estado de Pernambuco.



**Figura 4.** Diversidade dos isolados quanto ao pH do meio em ácido, neutro e alcalino.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ocorrência de *Macroptilium* SP é varível conforme o município. Os municípios de Sertânia e Parnamirim foram os que apresentaram maior ocorrência de plantas de *Macroptilium*. Observou-se baixa taxa de sobrevivência nas plantas coletadas. A ocorrência do gênero *Macroptilium* na região semiárida e Agreste foi influenciada pelo ambiente e os tipos de solos. A temperatura e a precipitação foram as variáveis de maior representatividade para a distribuição de *Macroptilium* spp. Durante a expedição de coletas de *Macroptilium* spp foi observado maior ocorrência em solos arenosos siltosos.

No experimento de rizóbios, houve variação na população bacteriana nos solos dos municípios de Santa Cruz Capibaribe, Tupanatinga e Jataúba, especificamente para as características de peso do nódulo, número de nódulos e eficiência relativa.

## ANEXOS

## Dados do experimentos de Avaliação rizobiana

TRATAMENTOS	BLOCO	PESO NÓDULO	NÚMERO NÓDULO	MSPA	MSRAIZ	TEOR	ACÚMULO	EFICIÊNCIA
Caetés	1	0,0	0,0	0,2	0,3	1,5	0,3	6,2
Caetés	2	0,0	0,0	0,1	0,1	1,2	0,1	2,6
Caetés	3	0,007	4,0	0,5	2,1	1,1	0,6	12,1
Caetés	4	0,007	1,0	0,2	0,3	1,2	0,2	5,0
Caetés	5	0,01	8,0	2,1	1,8	2,9	6,0	127,4
Caetés	6	0,06	38,0	2,5	1,8	2,5	6,1	129,0
Caetés	7	0,03	18,0	2,0	1,8	2,1	4,0	85,5
Tupanatinga	1	0,029	8,0	1,7	36,5	3,0	5,2	111,0
Tupanatinga	2	0,027	14,0	1,1	23,7	2,8	3,1	65,7
Tupanatinga	3	0,022	25,0	1,3	26,7	3,6	4,5	96,7
Tupanatinga	5	0,10	25,0	1,2	1,8	3,2	3,7	78,5
Tupanatinga	5	0,02	4,0	0,9	1,7	1,1	1,1	22,8
Jataúba	1	0,017	14,0	0,4	27,6	3,3	1,3	27,6
Jataúba	2	0,040	23,0	0,6	33,4	2,5	1,6	33,4
Jataúba	3	0,015	15,0	0,4	14,8	3,3	1,3	28,0
Jataúba	4	0,05	22,0	1,6	1,7	3,6	5,7	121,0
Jataúba	5	0,07	15,0,	1,6	2,1	3,4	5,3	112,1
Jataúba	6	0,04	9,0	1,0	1,7	4,1	4,2	88,8
Floresta	1	0,02	8,0	1,0	1,7	2,6	2,6	56,3
Floresta	2	0,03	2,0	1,0	1,6	3,5	3,5	75,3
Floresta	3	0,02	8,0	0,3	23,4	3,6	1,1	23,4
Floresta	4	0,04	3,0	0,2	8,2	2,3	0,4	8,2
Floresta	5	0,03	3,0	0,4	20,5	2,6	1,0	20,5
St. Cruz	1	0,02	1,0	1,1	1,7	3,7	3,9	82,2

SANTOS, R.J.C dos. Ocorrência de *Macropitium* e diversidade rizobiana em NEOSSOLOS...

St. Cruz	2	0,03	6,0	1,0	1,7	3,4	3,3	71,2
St. Cruz	3	0,02	1,0	0,9	1,6	2,2	2,0	42,5
St. Cruz	4	0,0	0,0	0,1	1,3	2,7	0,2	3,4
St. Cruz	5	0,01	1,0	0,3	6,9	2,6	0,9	18,3
St. Cruz Capibaribe	1	0,03	16,0	1,2	1,8	3,4	4,0	84,6
St. Cruz Capibaribe	2	0,12	3,0	1,1	1,6	3,1	3,3	69,7
St. Cruz Capibaribe	3	0,036	35,0	1,9	40,2	3,2	6,0	128,7
St. Cruz Capibaribe	4	0,035	16,0	2,0	42,5	3,5	7,0	149,2
St. Cruz Capibaribe	5	0,024	23,0	1,3	28,3	3,3	4,4	93,0
Petrolina	1	0,06	24,0	1,1	1,8	1,5	1,6	34,3
Petrolina	2	0,02	3,0	1,0	1,7	1,3	1,2	26,3
Petrolina	3	0,008	6,0	0,1	11,1	3,7	0,5	11,1
Petrolina	4	0,0	0,0	0,3	17,3	3,1	0,8	17,3
Petrolina	5	0,0	0,0	0,5	0,8	1,6	0,8	16,4
Sem nitrogênio	1	0,0	0,0	0,5	0,9	1,1	0,5	10,3
Sem nitrogênio	2	0,0	0,0	0,1	2,4	1,1	0,1	2,6
Sem nitrogênio	3	0,0	0,0	0,4	0,6	1,4	0,6	11,9
Sem nitrogênio	4	0,0	0,0	0,1	2,8	1,3	0,1	2,8
Com N	1	0,0	0,0	2,4	2,2	3,0	7,0	149,0
Com N	2	0,0	0,0	1,9	2,5	3,6	6,7	143,2
Com N	3	0,0	0,0	0,9	3,1	4,0	3,6	76,0
Com N	4	0,0	0,0	5,5	117,2	2,2	5,5	117,2
Com N	5	0,0	0,0	2,6	56,1	1,5	2,6	56,1
Com N	6	0,0	0,0	4,0	84,2	2,9	4,0	84,2
Com N	7	0,0	0,0	7,2	152,8	3,7	7,2	152,8

## Dados do Experimento de Ocorrência de plantas

Presença planta	Município	Longitude	Latitude	Altitude	Solo	Dados de fertilidade								Dados de física do solo			
						pH	Ca + Mg	Ca	Al	H <sup>+</sup> Al	Na	K	C.O.	M.O.	% ARGILA	% SILTE	% AREIA
sim	Serra Talhada	38.2	7.9	535.1	Cambissolo	6,8	7,6	4,3	0,0	2,7	0,0	0,3	9,8	16,9	1,8	23,0	75,1
não	Serra Talhada	38.2	7.9	497.8	Cambissolo	5,4	7,1	3,6	0,0	4,1	00,0	1,3	8,9	15,3	8,4	28,7	62,8
sim	Serra Talhada	38.2	7.9	440.6	Neossolo litólico	6,7	8,7	6,4	0,0	2,7	0,00	0,9	8,0	13,9	11,6	22,2	66,1
não	Serra Talhada	38.2	7.9	491.2	Neossolo litólico	7,6	18,1	12,5	0,0	2,5	0,1	1,5	19,9	34,3	5,51	28,2	66,2
sim	Serra Talhada	38.3	7.9	465.5	Argissolo vermelho amarelo	6,4	4,2	3,5	0,0	2,5	00,0	0,1	3,8	6,6	5,5	15,1	79,3
sim	Serra Talhada	38.3	7.9	404	Argissolo vermelho amarelo	6,6	3	2,6	0,0	3,5	00,0	0,0	4,1	7,0	7,3	16,6	75,9
sim	Serra Talhada	38.4	7.9	405.9	Luvissolo	7,3	5,6	8,9	0,0	2,4	0,5	0,8	12,9	22,3			
sim	Serra Talhada	38.4	7.9	416.3	Luvissolo	6,4	4,8	8,1	0,0	3,1	0,6	0,5	7,1	12,2	12,8	4,2	82,9
sim	Serra Talhada	38.4	7.9	444.4	Luvissolo	7,0	9,4	13,2	0,0	3,1	0,3	0,9	11,8	20,4	20,2	78,5	1,2
sim	Serra Talhada	38.2	7.4	1793	Argissolo vermelho escuro	5,8	2,8	4,3	0,0	4,4	0,5	0,3	11,1	19,2	9,9	13,6	76,3
não	Serra Talhada	38.2	7.4	1815	Argissolo vermelho escuro	7,0	2,3	4,5	0,0	2,4	0,4	0,0	3,3	5,7	9,09	15,6	75,2
sim	Serra Talhada	38.1	8.0	1461	Planossolo	7,6	2,4	5,6	0,0	2,5	0,7	0,0	2,7	4,82	7,0	16,1	76,8
sim	Serra Talhada	38.0	8.0	493	Neossolo quartzarênico	7,8	6,9	9,4	0,0	2,2	0,4	0,8	12,5	21,5	12,8	24,8	62,3
sim	Serra Talhada	38.0	8.0	502	Neossolo quartzarênico	6,8	4,0	5,4	0,0	2,7	0,3	0,1	9,4	16,3	6,5	24,2	69,1
não	Serra Talhada	38.2	7.5	501	Neossolo regolítico	6,6	0,8	2,0	0,0	2,4	0,4	0,2	3,5	6,1	2,4	10,7	87,0
sim	Floresta	37.3	8.2	528	Argissolo amarelo	6,5	7,6	5,3	0,0	3,1	0	0,1	16,3	28,1	8,3	16,1	75,4
não	Floresta	38.0	8.3	413	Luvissolo										20,7	17,3	61,9
não	Floresta	38.3	8.3	340	Luvissolo	6,5	10	5,5	0,0	1,6	0,0	0,4	2,8	4,9	5,7	17,1	77,0
não	Floresta	38.2	8.4	346	Planossolo	8,6	18,7	11	0,0	2,1	2,0	0,2	7,0	12,0	5,9	25,5	68,4

SANTOS, R.J.C dos. Ocorrência de *Macropitium* e diversidade rizobiana em NEOSSOLOS...

sim	Floresta	37.4	8.3	487	Latossolo amarela	6,9	3,3	5,4	0,0	3,1	0,4	0,4	11,7	20,2	9,1	14,4	76,4
não	Floresta	38.0	8.3	426	Planossolo	7,1	5,4	8,1	0,0	2,7	0,5	0,5	4,8	8,3	3,3	2,0	94,6
não	Floresta	37.5	8.35	583	Neossolo litólico	7,2	4,0	6,0	0,0	2,2	0,4	1,2	9,3	16,0	24,2	23,6	52,0
não	Floresta	37.5	8.35	597	Neossolo litólico	8,0	6,7	9,55	0,0	2,1	0,4	0,5	6,5	11,2	16,8	13,0	70,1
não	Floresta	37.5	8.3	535	Argissolo vermelho amarelo	7,6	6,8	12,9	0,0	2,5	0,4	0,1	7,9	13,6	6,5	7,7	85,7
não	Floresta	38.1	8.3	374	Luvissolo	7,1	5,3	11,4	0,0	2,9	0,4	0,1	5,4	9,4	9,2	8,3	82,4
não	Floresta	38.2	8.2	386	Neossolo regolítico	5,7	0,4	0,8	0,0	2,2	0,4	0,2	2,3	3,9	3,0	20,4	76,4
sim	Floresta	38.2	8.2	392	Neossolo regolítico	7,2	7,6	9,8	0,0	2,2	0,4	0,5	11,2	19,3	2,4	10,2	87,3
sim	Floresta	38.2	8.2	397	Neossolo regolítico	6,6	2,8	4,7	0,0	2,5	0,4	0,2	9,4	16,3	2,6	15,13	82,2
sim	Sertânia	37.0	8.2	677	Neossolo litólico	6,3	3,1	7,0	0,0	2,5	0	0,14	2,2	3,8	5,05	13,5	81,3
não	Sertânia	37.1	8.0	601	Argissolo vermelho amarelo	6,4	2,6	4,4	0,0	2,7	0,4	0,4	7,9	13,6	11,5	21,2	67,2
sim	Sertânia	37.1	8.0	572	Argissolo vermelho amarelo	6,9	7,0	9,1	0,0	2,5	0,5	0,8	13,4	23,2	9,8	14,7	75,3
sim	Sertânia	37.1	8.1	574	Planossolo	6,2	6,4	4,7	0,0	2,9	0,0	0,1	10,3	17,8	7,0	15,7	77,2
sim	Sertânia	37.1	8.1	574	Planossolo	6,1	6	4,2	0,0	3,1	0,0	0,1	10,6	18,3	6,3	17,6	75,9
não	Sertânia	37.2	8.0	575	Luvissolo	5,9	5,1	3,4	0,0	2,7	0,0	0,1	7,0	12,2	4,5	15,6	79,7
sim	Sertânia	37.1	8.1	579	Planossolo	6,3	9,4	7,2	0,0	2,9	0,14	0,5	12,8	22,0	11,1	8,2	80,6
não	Sertânia	37.1	8.1		Neossolo regolítico	6,2	4,35	7,9	0,0	2,9	0,4	0,2	9,5	16,4	12,8	9,2	77,9
sim	Sertânia	37.1	8.1	593	Neossolo regolítico	6,1	1,7	4,2	0,0	2,5	0,5	0,1	3,2	5,5	13,8	14,6	71,4
sim	Sertânia	37.1	8.1	618	Neossolo regolítico	6,5	2,5	5,0	0,0	2,7	0,3	0,2	3,0	5,2	7,6	28,3	63,9
sim	Sertânia	37.1	8.1	552	Planossolo	7,6	4,1	5,5	0,0	2,2	0,5	0,5	9,2	15,9	8,1	16,6	75,1
sim	Sertânia	37.1	8.1	568	Planossolo	7,1	5,6	9,0	0,0	2,4	0,5	0,5	7,4	12,7	9,7	12,7	77,5
não	Sertânia	37.2	8.0	577	Luvissolo	6,2	5,8	3,7	0,0	2,7	0,1	0,2	8,9	15,3	8,9	21,8	69,1
não	Sertânia	37.1	8.0	584	Luvissolo	7,2	5,5	3,3	0,0	2,4	0,2	0,2	8,2	14,2	14,7	41,8	43,1
não	Sertânia	37.1	8.0	581	Argissolo vermelh	7,0	4,9	3,5	0,0	2,2	0,1	0,3	7,0	12,1	15,2	15,4	69,3
sim	Sertânia	37.0	8.1	641	Neossolo Litólico	1,0	6,5	4,2	0,0	2,4	0,1	0,1	5,7	9,8	13,8	9,2	76,8

SANTOS, R.J.C dos. Ocorrência de *Macroptilium* e diversidade rizobiana em NEOSSOLOS...

não	Caetés	36.3	8.5	803	Neossolo quartzarênico	4,3	2,0	0,8	0,7	4,1	0,0	0,0	6,3	10,8	10,6	2,0	87,3
sim	Caetés	36.3	8.5	753	Neossolo quartzarênico	4,3	2,3	0,7	0,5	3,7	0,0	0,1	5,2	9,0	10,5	10,3	79,1
sim	Caetés	36.3	8.4	786	Neossolo regolítico	5,4	3,7	1,9	0,0	2,9	0,0	0,0	8,7	15,0	7,25	12,1	80,6
não	Caetés	36.3	8.4	778	Neossolo regolítico	5,1	2,8	1,5	0,2	3,5	0,0	0,01	10,0	17,4	1,52	11,13	87,3
não	Caetés	36.5	8.47	492	Neossolo litólico	6,9	10,7	5,8	0,0	2,2	0,0	0,1	7,0	12,0	6,9	24,5	68,5
não	Caetés	36.5	8.4	495	Neossolo litólico	6,5	5,5	3,5	0,0	2,2	0,0	0,2	4,0	6,9	3,3	14,5	82,0
sim	Caetés	36.5	8.4	506	Planossolo	6,3	3,1	2,1	0,0	3,5	0,0	0,2	5,8	10,0	7,8	11,1	81,0
sim	Caetés	36.5	8.4	501	Planossolo	8	15,6	10,8	0,0	2,9	0,0	0,6	16,2	28,0	8,3	14,5	77,0
sim	Tupanatinga	37.8	8.5	465	Planossolo	5,3	5,4	3,1	0,0	2,5	0,0	0,3	5,1	8,9	3,6	16,4	79,9
sim	Tupanatinga	37.1	8.4	687	Neossolo litólico	5,43	6,3	3,3	0,2	2,5	0,0	0,0	3,9	6,7	3,2	18,9	77,8
não	Tupanatinga	37.1	8.4	755	Neossolo quartzarênico	4,3	0,9	0,8	1,0	4,1	0,0	0,0	6,7	11,6	5,6	11,5	82,7
não	Tupanatinga	37.2	8.4	899	Neossolo quartzarênico	4,0	0,5	0,3	1,3	3,5	0,0	0,0	11,6	20,1	8,2	8,4	83,3
sim	Bom Jardim	35.3	7.4	297	Luvissolo	6,7	8,5	5,2	0,0	2,7	0,0	0,0	8,6	14,8	9,2	23,8	66,8
não	Bom Jardim	35.3	7.4	300	Luvissolo	7,6	9,5	5,7	0,0	2,4	0,8	0,1	6,2	10,8	9,7	24,4	65,7
sim	Bom Jardim	35.3	7.4	297	Argissolo vermelho escuro	5,9	5,3	3,9	0,0	3,7	0,0	0,0	7,0	12,0	12,7	11,8	75,3
não	Bom Jardim	35.3	7.4	327	Argissolo vermelho escuro	4,8	2,7	1,5	0,5	6,1	0,0	0,0	9,3	16,1	21,6	15,4	62,8
sim	Bom Jardim	35.3	7.4	225	Neossolo litólico	7,3	8,9	5,3	0,0	2,5	0,01	0,1	12,4	21,3	3,5	22,3	74,1
sim	Bom Jardim	35.3	7.4	177	Neossolo litólico	8,4	8,8	7,7	0,0	2,1	0,0	0,2	14,8	25,6	6,2	18,4	75,2
não	Bom Jardim	35.3	7.4	231	Argissolo vermelho amarelo	6,8	8,2	4,5	0,0	3,1	1,1	-0,0	2,8	4,8	7,1	18,8	74,0
não	Bom Jardim	35.2	7.4	160	Gleissolo	6,0	6,8	3,7	0,0	3,3	0,0	0,1	5,9	10,2	8,7	11,4	79,8
não	Bom Jardim	35.4	7.5	339	Vertissolo	6,3	7,4	3,9	0,0	3,5	0,1	0,3	8,9	15,3	9,9	22,9	67,0
não	Bom Jardim	35.4	7.4	344	Vertissolo	5,3	4,4	2,6	0,0	4,4	0,2	0,1	9,4	16,2	6,9	27,6	65,3
não	Bom Jardim	35.3	7.4	368	Planossolo	5,9	9,1	3,5	0,0	3,3	0,6	0,1	10	17,2	8,6	24,1	67,2
não	Bom Jardim	35.3	7.4	413	Planossolo	6,1	8,4	4	0,0	2,9	0,1	0,0	4,8	8,3	9,4	24,3	66,2
sim	Santa Cruz do Capibaribe	36.2	7.5	535	Luvissolo	7,5	4,8	3,6	0,0	2,1	0,1	0,1	5,0	8,7	13,2	15,1	71,6

SANTOS, R.J.C dos. Ocorrência de *Macroptilium* e diversidade rizobiana em NEOSSOLOS...

não	Santa Cruz do Capibaribe	36.2	7.5	537	Luvissolo	6,7	4,9	3,2	0,0	2,7	0,2	0,2	6,3	10,9	1,3	12,2	86,3
sim	Santa Cruz do Capibaribe	36.1	7.5	510	Planossolo	7,1	13,9	9	0,0	2,4	0,2	0,1	7,3	12,5	16,4	21,2	62,4
não	Santa Cruz do Capibaribe	36.1	7.5	517	Planossolo	7,1	6	4,9	0,0	2,1	0,1	0,5	5,5	9,5	6,5	18,5	74,8
não	Santa Cruz do Capibaribe	36.1	7.5	509	Neossolo litólico	8,1	5,3	4,9	0,0	1,9	0,1	0,2	1,7	3	4,8	8,69	86,5
sim	Parnamirim	39.4	7.5	452	Neossolo litólico	8,4	12,1	11,1	0,0	1,9	0,1	0,3	11,1	19,1	10,6	19,21	70,1
sim	Parnamirim	39.3	8.0	430	Planossolo	6,9	8,4	7,5	0,0	2,5	0,1	0,2	13,1	22,6	12,2	2,70	62,0
sim	Parnamirim	39.3	8.0	432	Planossolo	6,4	8,0	6,0	0,0	2,9	0,1	0,3	12,2	21,1	12,4	11,2	76,3
sim	Parnamirim	39.3	8.0	395	Luvissolo	7,1	11,8	7,3	0,0	2,4	0,2	0,3	8,2	14,2	7,8	22,3	69,8
sim	Parnamirim	39.3	8.0	387	Luvissolo	7,8	24	22,5	0,0	1,7	0,2	0,2	10,3	17,6	0,9	21,2	77,7
sim	Parnamirim	40.0	8.1	422	Latossolo	6,0	4,1	3,6	0,0	3,3	0,0	0,1	9,1	15,8	16,6	16,7	66,6
não	Parnamirim	40.0	8.1	430	Latossolo	6,3	2,7	1,9	0,0	2,7	0,0	0,1	7,0	12,1	17,6	4,05	78,2
não	Parnamirim	39.3	8.1	426	Neossolo regolítico	---	---	---	---	---	---	---	---	---	10,0	10,1	79,7
não	Parnamirim	39.3	8.1	422	Neossolo regolítico	5,2	2,8	2,7	0,3	3,1	0,0	0,1	5,0	8,7	7,2	22,6	70,1
sim	Parnamirim	39.2	8.0	405	Argissolo vermelho amarelo	7,6	7,0	6,8	0,0	2,1	0,1	0,3	14,8	25,6	8,8	16,3	74,7
sim	Santa Cruz	40.2	8.1	540	Argissolo vermelho	7,1	12,2	7,4	0,0	2,93	0,1	0,3	5,4	9,3	38,7	11,1	50,1
não	Santa Cruz	40.2	8.1	521	Argissolo vermelho	7,1	9,0	5,6	0,0	2,5	0,1	0,1	3,5	6,1	32,0		55,6
sim	Santa Cruz	40.2	8.2	490	Latossolo amarelo	5,9	4,8	3,8	0,0	3,3	0,1	0,3	12,0	20,7	15,3	8,6	76,0
não	Santa Cruz	40.2	8.2	488	Latossolo amarelo	5,9	3,8	2,6	0,0	2,7	0,0	0,4	2,0	3,6	16,5	10,7	72,6
não	Santa Cruz	40.1	8.1	488	Neossolo litólico	6,8	2,9	2,9	0,0	2,4	0,1	0,2	0,8	1,4	8,5	24,9	66,4
sim	Santa Cruz	40.1	8.2	446	Neossolo regolítico	5,7	5,9	4,2	0,0	3,3	0,0	0,2	6,1	10,5	21,9	0,5	77,5
não	Santa Cruz	40.2	8.0	485	Luvissolo	5,9	10,4	6,8	0,0	3,7	0,1	0,3	6,6	11,5	23,8	22,4	53,7
sim	Santa Cruz	40.2	8.0	594	Neossolo litólico	5,3	4,9	3,1	0,0	3,7	0,0	0,2	4,8	8,2	2,1	13,6	84,1
não	Petrolina	40.4	9.0	444	Cambissolo	6,7	10,9	8,8	0,0	2,9	0,0	0,4	5,3	9,2	28,1	20,5	51,2
não	Petrolina	40.4	9.0	441	Cambissolo	7,3	20,8	19,1	0,0	2,1	0,4	0,1	12,1	21,2	25,2	26,3	48,3
não	Petrolina	40.4	9.0	443	Vertissolo	6,9	9,8	8,25	0,0	3,3	0,0	0,6	8,2	14,2	23,1	30,3	46,5
não	Petrolina	40.4	9.0	451	Vertissolo	6,7	21,9	15,5	0,0	3,3	0,0	0,4	7,4	12,8	31,4	33,5	35,0

SANTOS, R.J.C dos. Ocorrência de *Macroptilium* e diversidade rizobiana em NEOSSOLOS...

não	Petrolina	40.4	9.1	455	Argissolo vermelho escuro	4,5	4,1	3,3	0,4	4,9	0,1	0,2	8	13,7	8,4	22,3	69,1
não	Petrolina	40.4	9.1	464	Argissolo vermelho escuro	7,5	3,5	2,4	0	1,9	0,0	0,2	0,0	0,0	15,3	33,2	51,3
sim	Petrolina	40.2	8.5	380	Planossolo	4,8	2,3	1,4	0,3	3,5	0,0	0,1	3,1	5,4	4,8	17,7	77,4
sim	Petrolina	40.2	8.5	391	Planossolo	5,7	1,9	1,2	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,31	9,2	89,4
não	Petrolina	40.1	9.0	381	Argissolo amarela	5,4	4,0	3,7	0,2	3,9	0,0	0,2	9,6	16,5	17,2	18,2	64,5
não	Petrolina	40.1	9.0	382	Argissolo amarela	5,2	4,8	3,6	0,2	5,2	0,0	0,2	20,1	34,7	14,5	19,8	65,6
sim	Petrolina	40.1	9.0	388	Argissolo amarela	6	6,4	5,7	0,0	3,3	0,0	0,4	12,4	21,7	6,6	22,1	71,2
sim	Petrolina	40.2	9.1	389	Latossolo amarelo	6,6	5,2	3,9	0,0	2,7	0,1	0,5	7,8	13,5	14,9	10,6	74,3
sim	Petrolina	40.3	9.1	406	Neossolo quartzarênico	6,3	5,7	4,9	0,0	3,1	0,0	0,3	7,3	12,5	3,9	11,1	84,8
sim	Petrolina	40.2	9.2	383	Neossolo quartzarênico	7,8	2,9	2,9	0,0	2,0	0,0	0,1	0,0	0,0	4,1	2,8	93,0
não	Petrolina	40.2	9.1	423	Neossolo litólico	6,1	1,7	0,9	0,0	2,4	0,0	0,1	0,0	0,0	2,8	4,9	92,2
não	Petrolina	40.2	9.1	426	Neossolo litólico	5,2	0,6	0,5	0,0	3,3	0,0	0,1	0,0	0,0	4,1	9,6	86,1
não	Jataúba	36.2	7.5	533	Planossolo	6,7	8,4	6,2	0,0	2,7	0,1	0,3	7,0	12,1	10,3	16,9	72,7
sim	Jataúba	36.2	7.5	523	Planossolo	6,5	9,4	6,9	0,0	3,1	0,2	0,3	8,4	14,5	14,7	26,1	59,2
sim	Jataúba	36.2	7.5	514	Luvissolo	7,6	6,2	4,4	0,0	2,2	0,9	0,0	0,0	0	5,1	13,0	81,7
sim	Jataúba	36.2	7.5	494	Luvissolo	6,3	5,3	4,3	0,0	2,7	0,1	0,2	1,8	3,2	5,9	14,5	79,5
sim	Jataúba	36.2	8.0	543	Neossolo regolítico	5,7	9,0	6,6	0,0	3,3	0,1	0,1	4,3	7,4	9,8	43,1	47,0
não	Jataúba	36.2	8.0	512	Neossolo regolítico	6,8	14	7,4	0,0	2,7	0,1	0,2	11,9	20,6	9,5	30,5	59,9
não	Jataúba	36.2	8.0	547	Neossolo litólico	7,6	13,3	9,3	0,0	2,2	0,3	2,1	9,4	16,3	23,8	29,4	46,6
sim	Jataúba	36.3	8.0	560	Neossolo litólico	6,3	8,3	6,1	0,0	3,3	0,0,	0,3	7,3	12,5	9,8	18,5	71,6
não	Jataúba	36.3	8.0	1002	Argissolo amarelo	5,6	3,9	3,1	0,0	3,5	0,0	0,3	9,6	16,5	15,5	17,5	66,9
não	Jataúba	36.3	8.0	1056	Argissolo amarelo	5,5	5,1	2,7	0,3	3,7	0,0	0,4	8,5	14,7	13,4	20,9	65,5

