



**CELSO LEANDRO DA SILVA JÚNIOR**

**EFICIÊNCIA SIMBIÓTICA DE BACTÉRIAS FIXADORAS DE  
NITROGÊNIO EM AMENDOIM FORRAGEIRO (*Arachis pintoi*  
Krapov. & WC Greg.) CULTIVADO EM AMBIENTE  
PROTEGIDO**

**LAVRAS – MG  
2021**

**CELSO LEANDRO DA SILVA JÚNIOR**

**EFICIÊNCIA SIMBIÓTICA DE BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO EM  
AMENDOIM FORRAGEIRO (*Arachis pintoi* Krapov. & WC Greg.) CULTIVADO EM  
AMBIENTE PROTEGIDO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte das  
exigências do Curso de Agronomia, para a  
obtenção do Título de Bacharel.

Profa. Dra. Fátima Maria de Souza Moreira  
Orientadora

Prof. Dr. Daniel Rume Casagrande  
Coorientador

**LAVRAS – MG  
2021**

**CELSO LEANDRO DA SILVA JÚNIOR**

**EFICIÊNCIA SIMBIÓTICA DE BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO EM  
AMENDOIM FORRAGEIRO (*Arachis pintoi* Krapov. & WC Greg.) CULTIVADO EM  
AMBIENTE PROTEGIDO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte das  
exigências do Curso de Agronomia, para a  
obtenção do Título de Bacharel.

APROVADO em 8 de outubro de 2021.

Dra. Márcia Rufini

Dra. Aline Oliveira Silva

Profa. Dra. Fátima Maria de Souza Moreira  
Orientadora

Prof. Dr. Daniel Rume Casagrande  
Coorientador

**LAVRAS – MG  
2021**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao programa de assistência estudantil, que assegurou a minha permanência durante a graduação.

Às entidades de fomento à pesquisa, CNPq, FAPEMIG e CAPES, pela concessão da minha bolsa de pesquisa e dos outros envolvidos neste trabalho.

À Professora Fátima Moreira pela orientação, pelos conselhos e ensinamentos que me fizeram apaixonar pela Fixação Biológica de Nitrogênio. Também, do Departamento de Ciências do Solo da UFLA, aos colegas de pesquisa do Laboratório de Biologia, Microbiologia e Processos Microbianos do solo, que, inúmeras vezes, me auxiliaram no desenvolvimento dos meus trabalhos.

Ao professor Daniel Casagrande pela coorientação, disponibilidade e confiança.

Ao Olavo de Carvalho, pela sua excelente pesquisa que foi a base para este trabalho.

À Claudia Rezende, da CEPLAC – Itabela/BA, pelo suporte na aquisição dos materiais utilizados na pesquisa.

Às minhas “coorientadoras”, Márcia Rufini, Damiany Oliveira e Jacqueline Savana, que me instruíram durante os meus três anos de Iniciação Científica focado na Fixação Biológica de Nitrogênio.

À Tainara Louzada pelo seu profissionalismo, amizade e por ser uma fonte de inspiração.

À minha amiga de longa data, Pâmela Rafanele, pela sua sensibilidade, pelas inúmeras conversas e por não medir esforços para me ajudar sempre que eu precisei.

À Marcela de Souza pelo carinho, pelo apoio e por ter passado os melhores e os piores momentos da graduação ao meu lado. À Maria Montenegro pelo apoio no meu processo de desconstrução e por ter sido minha âncora em diversos momentos nesses últimos anos. Vocês foram os melhores presentes que a UFLA poderia me dar!

À Moradia estudantil, em especial aos apartamentos 307 e 308, pelo acolhimento, pelos momentos de confraternização e por terem sido a minha família em Lavras.

À professora Rosângela Marucci e seu orientado, Emanuel Costa, ambos do Departamento de Entomologia, pela concessão dos materiais utilizados no controle biológico empregado nesta pesquisa.

À Claudineya, que me incentivava desde o ensino médio quando foi minha professora, a buscar a evolução através da educação. Hoje posso dizer com muito orgulho, minha estimada, que a educação me libertou.

À minha mãe, Luciene, e meus irmãos, Pedro e Ana, por me lembrarem constantemente os motivos pelos quais eu iniciei meus estudos no ensino superior.

Aos meus amigos Martinho-Campenses que me apoiaram nessa jornada.

**Muito obrigado a todos!**

## RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de carne bovina do mundo, dependente das áreas de pastagem, que são a principal fonte de alimentos dos animais, mas que muitas vezes estão em processo de degradação devido à falta de reposição dos nutrientes e manejo inadequado do pasto. Estudos envolvendo o uso de leguminosas forrageiras, em cultivo solteiro ou em consorciação com gramíneas apresentaram bons resultados, aumentando a longevidade produtiva das pastagens, minimizando o uso de fertilizantes químicos e incrementando o valor nutritivo da dieta dos ruminantes. Uma das leguminosas forrageiras mais interessantes para esse fim é o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), pois possui alta capacidade de cobrir o solo, valor nutricional elevado e persiste ao pastejo, além de apresentar boa fixação de nitrogênio. Através da fixação biológica de nitrogênio (FBN), as leguminosas convertem o N<sub>2</sub> atmosférico em N assimilável pelas plantas. Atualmente, existem apenas duas estirpes aprovadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para essa espécie vegetal, SEMIA 6439 (NC230) e SEMIA 6440 (MGAP13), mas estudos recentes indicaram novas estirpes mais eficientes que essas. O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho de novas estirpes de *Bradyrhizobium sp.* inoculadas em mudas de amendoim forrageiro em dois solos com características distintas, sendo um de textura arenosa coletado em Itabela-BA e o outro de textura argilosa coletado em Lavras-MG. O experimento foi conduzido em casa de vegetação durante dois meses, com delineamento experimental em blocos casualizados com dez tratamentos e quatro repetições, em cada solo. Os tratamentos foram seis estirpes de *Bradyrhizobium sp.* a serem testadas, as duas estirpes aprovadas para uso em amendoim forrageiro pelo MAPA e dois controles sem inoculação, um sem e outro com N mineral. As mudas foram produzidas em ambiente protegido, em bandejas de polietileno de 128 células, contendo o substrato de areia e vermiculita (1:1) com irrigações realizadas pelo menos 2 vezes ao dia, em função da temperatura diária. Após a emissão das primeiras raízes, aos 15 dias, as mudas foram transplantadas para os vasos contendo os dois tipos de solo. Após 15 dias do transplatio para os vasos, as mudas foram inoculadas na proporção de 1 mL da suspensão bacteriana por muda. Ao término dos 60 dias após transplantio, foi determinado o índice SPAD e as plantas foram coletadas para determinação do número de nódulos (NN), matéria seca de nódulos (MSN), matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca da raiz (MSR). No solo de textura arenosa, a estirpe UFLA 05-112 apresentou melhor resultado dentre as estirpes testadas para todos os parâmetros, se equivalendo ou superando os controles utilizados. Já no solo argiloso, as estirpes UFLA 05-96 e UFLA 05-112, isoladas do solo de textura arenosa, se destacaram das demais. Dentre as estirpes testadas, a inoculação da estirpe UFLA 05-112 nas mudas de amendoim forrageiro apresentou bons resultados, acima de tudo, para os parâmetros MSPA e índice SPAD, demonstrando ser a mais promissora e com potencial para realizar uma simbiose mais eficaz entre a planta e a bactéria.

**Palavras-chave:** Fixação biológica de nitrogênio. Amendoim forrageiro. Pastagem.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
2.1. Importância e impactos do nitrogênio nos sistemas de produção agrícola.....	10
2.2. Fixação Biológica de Nitrogênio .....	11
2.3. Pecuária brasileira .....	13
2.4. Cenário das pastagens .....	14
2.5. Leguminosas forrageiras.....	15
2.6. <i>Arachis pintoi</i> .....	17
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
3.1. Condução do experimento.....	23
3.2. Coleta dos solos .....	23
3.3. Análise do solo e adubação.....	24
3.4. Seleção das estirpes.....	24
3.5. Produção das mudas.....	25
3.6. Variáveis avaliadas e análise estatística.....	25
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>30</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>31</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil figura entre os principais produtores e exportadores de carne bovina do mundo. A exportação de carne bovina já representa um faturamento de mais de 8 bilhões de reais, o que representa cerca de 50% do PIB das exportações de carne (MAPA, 2021). Grande parte dos rebanhos são criados extensivamente devido a praticidade e economia, sendo a pastagem a principal fonte de alimento (FERRAZ; FELÍCIO, 2010; CARVALHO et al., 2009). No entanto, a maior parte das áreas de pastagem no Brasil está em processo de degradação devido à falta de reposição dos nutrientes e manejo inadequado do pastejo.

O nutriente mais limitante nos sistemas agrícolas é o nitrogênio (N), pois, além de ser escasso na forma assimilável pelas plantas, sua ausência afeta o crescimento e desenvolvimento vegetal. (BREDEMEIER et al., 2000). O N está relacionado a diversas funções essenciais para as plantas por compor estruturas de RNA, DNA, proteínas, clorofila e inúmeras enzimas que desempenham funções vitais no metabolismo vegetal.

Por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN), as leguminosas são capazes de associarem-se com bactérias fixadoras de nitrogênio (BFN), que capturam o N atmosférico, quebram a tripla ligação e convertem em amônia, forma assimilável pelas plantas. Assim, substitui-se, parcial ou totalmente, a adução com fertilizantes nitrogenados, que apresentam em média 50% de perdas por volatilização e lixiviação, causando impactos negativos ao meio ambiente.

Nessa perspectiva, estudos com leguminosas forrageiras, em cultivos solteiros ou em consorciação com gramíneas, são cada vez mais necessários na busca por resultados que aumentem a longevidade produtiva de pastagens nas regiões tropicais, reduzindo o uso de fertilizantes químicos e incrementando o valor nutritivo da dieta dos ruminantes (SÁ, 2017). No geral, gramíneas forrageiras apresentam alta produção de matéria seca, mas com baixo teor de proteína bruta (PÁDUA et al., 2006). Para substituir o uso de suplementos proteicos, a adoção de leguminosas consorciadas às gramíneas é um dos métodos mais econômicos para melhorar a conversão alimentar e ganho de peso animal (GODOY, 2007).

Dentre as leguminosas forrageiras, o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) se destaca pela boa cobertura do solo, alto valor nutritivo e persistência ao pastejo (DOS SANTOS, 2012). Além da alimentação animal, também é utilizado como planta ornamental, adubo verde, na recuperação e conservação do solo (SIMPSON; VALLS, 1994).



Atualmente, a FBN no amendoim forrageiro ocorre somente, de forma eficiente, com algumas BFN pertencentes ao gênero *Bradyrhizobium*. Devido a essa especificidade da espécie e poucos estudos na área, existem apenas duas estirpes aprovadas como inoculante pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA): SEMIA 6439 e SEMIA 6440 (PURCINO et al.,2000). Resultados de pesquisas recentes com a inoculação no *Arachis pintoi*, indicaram que há estirpes promissoras e com potencial para realizar um processo de simbiose tão eficiente ou mais quanto ao das estirpes aprovadas (SÁ et. al., 2019).

A busca por elevados índices produtivos na cadeia agropecuária, atrelado a escassez de N nos solos tropicais, tornam a adubação nitrogenada uma das principais variáveis que oneram a implantação e a manutenção das pastagens (CARVALHO, 2018). Investir na potencialidade da FBN é uma via para o manejo sustentável e econômico das pastagens, adotando a prática da inoculação com BFN eficientes em forrageiras leguminosas em detrimento do nitrogênio mineral.

Por expressar eminente capacidade de fixar nitrogênio biológico, o amendoim forrageiro se posiciona como uma das leguminosas de maior relevância no complexo animal-planta-solo, sendo verdadeiras biofábricas consumidoras de energia limpa e renovável (BARCELLOS et al.,2008; MIRANDA,2008). Portanto, a pesquisa se faz necessária visando a seleção de estirpes eficientes para explorar o máximo do potencial dessa planta em fornecer nitrogênio ao sistema, seja substituindo parcialmente ou totalmente o uso de adubações nitrogenadas em pastagens, seja para a recuperação de pastagens degradadas.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência de seis estirpes de *Bradyrhizobium* inoculadas em mudas de *Arachis pintoi* cv. Belmonte isoladas por Sá (2019) a partir de nódulos de amendoim forrageiro coletados nos mesmos locais onde foram coletados os dois diferentes solos utilizados nesse experimento, um com textura arenosa e outro com textura argilosa, sob condições controladas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Importância e impactos do nitrogênio nos sistemas de produção agrícola

O nitrogênio (N) é um elemento essencial para as plantas por compor estruturas de RNA, DNA, proteínas, clorofila e inúmeras enzimas que desempenham funções vitais no metabolismo vegetal. Em boa parte dos sistemas de produção agrícola, a disponibilidade de N é um fator limitante, afetando o crescimento e desenvolvimento da planta mais do que qualquer outro nutriente (BREDEMEIER et al., 2000).

Diante da importância do N para a agricultura e, conseqüentemente, para garantir a segurança alimentar à população crescente que deve atingir dez bilhões de pessoas nas próximas décadas (FAO, 2020), esse nutriente tem sido estudado em diversos âmbitos vislumbrando alternativas de suprimento do mesmo de forma sustentável e econômica como no caso da fixação biológica de N (FBN) que provê 65% do N aos ecossistemas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Referindo-se ao N mineral - que corresponde a 25% da entrada deste elemento nos ecossistemas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006) - por possuir uma dinâmica complexa, variável e dependente de fatores edafoclimáticos e bióticos, estudos também são realizados visando reduzir as perdas do N no solo e para a atmosfera, assim como melhorar a sua absorção e metabolização no interior da planta (BREDEMEIER et al., 2000).

As formas habituais nas quais os fertilizantes nitrogenados são comercializados [amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e ureia ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ )], são facilmente solubilizadas em água e isto aumenta sua dispersão no ambiente. Aplicados ao solo, estes compostos estão sujeitos a inúmeros processos de perdas como lixiviação do nitrato por chuvas e irrigação, volatilização da amônia, emissão de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e outros óxidos de N que geram impactos negativos ao meio ambiente (GARCIA et al., 2013). Em geral, os fertilizantes nitrogenados apresentam apenas 50% de aproveitamento pelas plantas em relação ao aplicado inicialmente no solo (TEIXEIRA et al., 2010) e ainda possuem baixos teores de N em sua composição, sendo a ureia a fonte com maiores teores (cerca de 45% de N). Logo, para se fornecer a quantidade de N demandada pelas culturas deve-se considerar a fonte e as perdas durante o processo de desenvolvimento das lavouras (ANGHINONI, 1986; LEIGH, 2004).

Diante do exposto, alternativas que possam reduzir ou até mesmo substituir a utilização do N mineral na agricultura suprimindo a demanda das espécies vegetais, alcançando altos patamares de produtividade e gerando incrementos de forma socioeconomicamente e ambientalmente sustentáveis, têm sido estimuladas sugerindo biotecnologias como a FBN –

forma mais eficiente de nutrição nitrogenada, em especial para as leguminosas - deva ser cada vez mais explorada em benefício do planeta (NEWTON, 2000; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

## 2.2. Fixação Biológica de Nitrogênio

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) - segundo processo biológico mais importante do planeta, ficando atrás somente da fotossíntese - é fundamental para manutenção da vida, sendo caracterizada pela conversão do  $N_2$  em formas passíveis de serem utilizadas no metabolismo vegetal. Tal processo é realizado por bactérias fixadoras de nitrogênio (BFN), ditas diazotróficas, que apresentam a enzima nitrogenase (VARGAS et al., 1997).

As BFN podem ser de vida livre no solo, viverem associadas aos tecidos vegetais e fixarem  $N_2$  sem a formação de uma estrutura específica para tal, ou no caso das bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas (BFNNL), estabelecerem simbiose com espécies de plantas da família *Fabaceae* ocorrendo a formação de estruturas hipertróficas radiculares, chamadas de nódulos (DÖBEREINER, 1966; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A seleção de BFNNL é uma importante fase que antecede a recomendação de estirpes como inoculante para determinada espécie vegetal para aprovação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). O uso de inoculantes inespecíficos e com microrganismos de baixo desempenho no processo de FBN resultam em queda do rendimento das culturas (FERNANDES JR et al., 2009). Portanto, pesquisas relacionadas ao tema são de grande importância.

De forma sucinta, o processo de seleção das BFN é caracterizado pelo isolamento das estirpes (advindas de solo ou de nódulos), caracterização fenotípica e genotípica e avaliação da capacidade de estabelecer a simbiose efetiva com a planta de interesse (hospedeira) em condições ideais e de campo. O produto utilizado como veículo das BFN é denominado inoculante, que pode ser do tipo líquido ou turfoso, devendo apresentar as características necessárias para viabilizar a sobrevivência das bactérias até a sua utilização (BASHAN et al., 2014; ROZO, 2017).

No Brasil, os métodos para avaliar o desenvolvimento e a qualidade dos inoculantes consideram os critérios estabelecidos nas Instruções Normativas número 30 de 12 de novembro de 2010 e número 13 de 24 de março de 2011 do MAPA. Os principais critérios estão ligados ao material usado como veículo do produto biológico, que deve ser desinfestado, sem contaminantes a partir da diluição  $10^{-5}$ , além da necessidade de apresentar número mínimo de  $10^9$  células de BFNNL por grama ou mililitro de produto.

A eficiência do processo de FBN depende de diversas variáveis bióticas e abióticas. Os fatores determinantes para que haja uma simbiose adequada estão relacionados à especificidade planta-simbionte, características edafoclimáticas e características/espécie da bactéria (FERREIRA et al., 2016). Outro fator importante é o teor de N pré-existente no solo: quanto mais pobre for o solo em N, maior será a proporção do N derivado da FBN para nutrição vegetal. Em condições em que o suprimento de N já é adequado, a planta não desprende energia para o estabelecimento da simbiose, que é comandada por ela através de sinais quimiotáticos. Em suma, o sucesso do processo depende de um ambiente que seja favorável para o desenvolvimento das estirpes e plantas.

Para ambientes como o cerrado e a região semi-árida, que apresentam características como acidez do solo e períodos maiores de estiagem, a combinação de leguminosas adaptadas e inoculantes com BFN selecionadas por se desenvolverem bem nessas condições são um caminho para aumento de produções de forma sustentável. Os critérios de seleção devem levar em conta, além da eficiência agrônômica das estirpes, a tolerância aos estresses ambientais, como o excesso de  $Al^{3+}$ , secas e elevadas temperaturas.

A capacidade de competir com as estirpes nativas do solo, que é um dos fatores mais limitantes e que contribuem para o insucesso da prática em campo, é outro critério a ser considerado no processo de seleção (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). A competição entre as estirpes de rizóbios nativas do solo e advindas dos inoculantes para ocupação dos sítios de infecção nas raízes é real, sendo as nativas geralmente mais adaptadas às condições edáficas, logo, mais competitivas e aptas a ocuparem os mesmos. Na mesma proporção que apresentam alta competitividade, as estirpes nativas também demonstram baixa eficiência simbiótica (FERNANDES JR et al., 2008). Por isso, para que a FBN ocorra entre a planta hospedeira e a bactéria de interesse visando garantir o sucesso do processo, a quantidade de células bacterianas inseridas no sistema via inoculante apresenta uma alta concentração pré-determinada pelo MAPA.

A prosmicuidade vegetal, capacidade de nodular com ampla diversidade de espécies de BFN, é outro fator que interfere na seleção de estirpes eficientes. Plantas que possuem esta característica não apresentam especificidade para determinado gênero ou espécie de BFN, sendo capazes, portanto, de estabelecer facilmente simbiose com rizóbios nativos do solo (PERRET et al., 2000).

Anualmente, o processo de FBN contribui para inserção de 70 milhões de toneladas de N na agricultura, que são majoritariamente utilizados na substituição de fertilizantes nitrogenados em sistemas agrícolas. Com o uso de inoculantes, estima-se uma economia de 10

bilhões de dólares a nível global nos sistemas produtivos (HOWIESON et al., 2008). Em relação ao meio ambiente, a inoculação também proporciona resultados significativos: para cada 1 kg de N aplicado na lavoura emite-se 4,2 kg de gases do efeito estufa, enquanto as emissões pelo uso do inoculante são insignificantes (DE CARVALHO BUENO et al., 2015; WERNER et al., 2005), além dos benefícios gerados como aumento da biodiversidade no solo e consequente resiliência do sistema.

Em sistemas de produção que envolvam leguminosas, a utilização da FBN através da inoculação com bactérias específicas é uma das principais possibilidades para redução dos custos de produção com sustentabilidade, o que é muito visado e valorizado atualmente. A produção de soja no Brasil é o exemplo de maior sucesso do uso dessa biotecnologia sendo a inoculação das sementes com BFN do gênero *Bradyrhizobium* suficiente para suprir toda a demanda da cultura em N, o que permite total substituição da adubação nitrogenada, proporcionando uma economia para o país de três bilhões de dólares por safra.

Outro ponto positivo que a simbiose entre leguminosas e rizóbios selecionados proporciona é o elevado aproveitamento do N fixado, pois nesse caso, o processo da FBN ocorre em estruturas especializadas para tal (nódulos) onde todo o N convertido em formas assimiláveis aos vegetais é absorvido, o que comparado a eficiência de fertilizantes minerais é muito vantajoso, visto que eles apresentam perdas médias de 50% em relação ao aplicado (TEIXEIRA et al., 2010). Além de ser um processo ecologicamente sustentável e rentável, a FBN permite a inserção de N não só em sistemas exclusivamente agrícolas, mas agrega ainda N no sistema solo-planta-animal, de forma benéfica a todo o sistema agropecuário.

### **2.3. Pecuária brasileira**

O Brasil figura entre os principais produtores e exportadores de carne bovina do mundo. Esse resultado advém do processo de desenvolvimento agropecuário que elevou a produtividade e a qualidade do produto brasileiro, possibilitando competitividade e abrangência de mercado. A exportação de carne bovina já corresponde a três por cento das exportações brasileiras e um faturamento de seis bilhões de reais por ano, o que representa cerca de 30% da participação do agronegócio no PIB do país (GOMES et al., 2017).

De modo geral, a pecuária desenvolvida a pasto é a atividade pioneira para ocupação de terras inóspitas e marginais, destinando-se aquelas com solos mais férteis para o cultivo agrícola. Por ser a forma mais benéfica para ocupar e assegurar a posse de grandes extensões territoriais, a pecuária, em particular a criação de bovinos de corte a pasto, tem sido a atividade tradicionalmente empregada na ocupação de fronteira agrícola no Brasil (DIAS-FILHO, 2011).

Historicamente, a expansão da pecuária está relacionada com esgotamento da fertilidade dos solos, ao passo que as terras se tornavam improdutivas para o cultivo de espécies vegetais de valor econômico agregado, com solos pobres em fertilidade e com problemas nos seus atributos físicos, destinavam-se ao cultivo de pastagens, devido à baixa exigência nutricional das forrageiras. Também houve estímulo pelo aumento no valor comercial da carne e do couro, que corroboravam ainda mais a transformação dessas terras em propriedades pecuaristas (ARAÚJO et al., 2009).

Atualmente, grande parte dos rebanhos são criados extensivamente, sendo a pastagem a principal fonte de alimento (FERRAZ; FELÍCIO, 2010). A utilização desse sistema de criação de gado possibilita praticidade e economia na forma de oferecer alimentos aos animais (CARVALHO et al., 2009). Como sistemas de criação de gado, também vale ressaltar as tecnologias de terminação intensiva, que englobam o semi-confinamento e confinamento com suplementação (mineral e proteica), decisivas para diminuição na idade de abate sem perda na qualidade do produto final (LEMOS, 2013).

Os avanços relacionados às pastagens – fator fundamental para manter a pecuária do Brasil e do mundo - visando aumentar a eficiência da alimentação em termos de ganho de peso e qualidade nutricional dos animais se deram em função do melhoramento das espécies forrageiras, desenvolvendo plantas mais produtivas e adaptadas às condições edafoclimáticas específicas de determinada região, e nas técnicas de manejo, como uso de irrigação, adubações e inserção de biotecnologias, como inoculação de forrageiras leguminosas com rizóbios.

Nas últimas quatro décadas o tamanho do rebanho brasileiro mais que dobrou e em contraponto a isso, houve pouca expansão na área de pastagens. Portanto, os ganhos expressivos em produtividade de carne no Brasil pouco estão interligados a abertura de áreas destinadas a pastagens, e sim relacionados ao aumento do ganho de peso dos animais via pastos mais nutritivos e/ou suplementação, a diminuição na mortalidade, o aumento nas taxas de natalidade e diminuição na idade de abate. Deve-se ressaltar que esses ganhos foram possíveis graças ao crescente volume de pesquisas científicas, que desenvolveram tecnologias principalmente nos setores de alimentação, genética, manejo e saúde animal (LEMOS, 2013).

#### **2.4. Cenário das pastagens**

Devido às características apresentadas da destinação das terras para pastagens – solos exauridos - ainda se perpetua a tradição de baixos investimentos em insumos para formação e manutenção das pastagens brasileiras. O extrativismo caracteriza a criação animal a pasto, onde a disponibilidade de capital para implementação de tecnologias restringe-se a uma minoria de

pecuaristas. Tal conduta, resulta em danos ambientais, como a degradação do solo e todo seu potencial produtivo em termos químicos, físicos e biológicos, os quais refletem na perda da capacidade produtiva das pastagens e no comprometimento da sustentabilidade da atividade (PARIS et al.,2009).

Pastagens com criação de gado constante, que não utilizem de técnicas de manejo necessárias, certamente serão degradadas e sua recuperação pode ter custos mais altos do que haveria para mantê-las em condições adequadas, por isso, muitas vezes, a mudança do rebanho para outra área acaba sendo a alternativa mais usual entre os pecuaristas para não perderem sua produtividade. Nos últimos anos, umas das medidas para se ampliar a produtividade sem abertura de novas áreas foi aumentar a taxa de lotação. A intensidade de pastejo, somada a ausência de fertilização do solo estão entre as principais causas de degradação das pastagens no Brasil (DIAS-FILHO, 2011).

A falta de diversificação de espécies forrageiras é outro fator que contribui para que o índice de degradação das pastagens permaneça alto. Em seu estudo, Valentim et al. (2000) constatou que 550.000 ha das pastagens existentes no estado do Acre apresentam médio a alto risco de degradação, justamente por serem formadas apenas por uma espécie vegetal, a *Brachiaria brizantha*, que não é adaptada a solos de baixa permeabilidade. Logo, se há a incidência de uma nova praga/doença ou períodos chuvosos prolongados, eleva-se os riscos de perda de pastagens em monocultivo.

Visando atenuar a degradação das pastagens, do solo e redução da produtividade de carne, estratégias de manejo de fácil acesso vêm sendo desenvolvidas para que os pecuaristas possam explorar melhor a atividade agropecuária de maneira sustentável tanto ambientalmente quanto economicamente. Entre elas podemos citar o lançamento de cultivares de gramíneas e leguminosas forrageiras mais adaptadas às condições edafoclimáticas de diversas regiões e com resistência ao pastejo (FERREIRA,2014) e inserção de biotecnologias como inoculantes que estão sendo estudados/desenvolvidos para uso em leguminosas forrageiras (SÁ,2017; SÁ et al.,2019; CARVALHO,2018).

## **2.5. Leguminosas forrageiras**

Estudos com leguminosas forrageiras estão cada vez mais difundidos visando incrementar o valor nutritivo da dieta dos ruminantes. No geral, gramíneas apresentam alta produção de matéria seca, mas com baixo teor de proteína bruta (PÁDUA et al., 2006). Para substituir o uso de suplementos proteicos, a adoção de leguminosas consorciadas às gramíneas

é um dos métodos mais econômicos para melhorar a conversão alimentar e ganho de peso (GODOY, 2007).

Desse modo, a singularidade das leguminosas proporcionada pela fixação biológica de nitrogênio (FBN) é essencial para desonerar os custos de produção na atividade agropecuária. Em muitas pastagens consorciadas, a manutenção da produtividade da gramínea se dá em função do nitrogênio (N) fixado biologicamente pela leguminosa (BARCELLOS et al., 2008). Para alguns autores, como VALENTIM (1987), em sistemas menos intensivos, as leguminosas são capazes de assegurar a viabilidade das pastagens e das demandas da produção animal.

Introduzir leguminosas em pastagens possibilita aumentar o valor nutritivo através do incremento de N ao sistema, substituindo assim a adubação nitrogenada parcial ou total. Muito embora seja uma alternativa mais ecológica essa técnica ainda não é muito disseminada nas áreas de pastejo no território nacional, devido aos problemas de manejo que levam a supressão da leguminosa pela gramínea (CRESTANI, 2011). Normalmente, leguminosas perenes, como as forrageiras, possuem taxas de crescimento inicialmente lentas quando comparadas com leguminosas anuais, necessitando de manejo apropriado para o estabelecimento (PERIN, 2001).

Em condições de consorciação, as leguminosas são demasiadamente dependentes do N proveniente da simbiose com bactérias fixadoras de N (BFN). Aliado a isso, a leguminosa ainda precisa competir por água, luz e nutrientes com a gramínea, que possui maiores taxas de crescimentos e eficiência na absorção de alguns nutrientes (metabolismo C4). O uso de espécies forrageiras incompatíveis (efeitos alelopáticos), solos inférteis e ausência de estirpes de bactérias eficientes na fixação de N são alguns dos vários fatores que podem levar a consorciação ao fracasso (BURLE et al., 2003; PRADO, 2009).

Apesar disso, as leguminosas forrageiras, representam uma grande alternativa de mitigação dos problemas de manejo e ambientais acerca da atividade agropecuária. Os benefícios da consorciação envolvem a redução de incidência de pragas e patógenos; incorporação de N advindo da FBN; aumento da capacidade de cobertura e reciclagem de nutrientes no solo, assim como melhorias em suas características biológicas, físicas e químicas; eleva o valor nutritivo da pastagem quando comparada àquelas apenas com gramínea e amplia a capacidade da pastagem de resistir à seca (BARCELLOS et al., 2000; VALENTIM et al., 2001), e além disso uma maior diversidade de espécies vegetais estimula uma maior diversidade microbiana no solo, suportando a redundância funcional, bem como a resiliência do sistema (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Não obstante a importância da inserção de leguminosas forrageiras em consórcio com gramíneas, essa prática tem sido limitada. Entre as principais causas desta limitação está a



dificuldade de estabelecimento, baixa aceitabilidade pelo animal devido a formação de compostos secundários como taninos, baixa persistência e tolerância ao pastejo, desacreditando, por parte dos pecuaristas, a adoção das mesmas no sistema de produção de forragem para alimento dos bovinos (FERREIRA, 2014).

A predileção por determinada leguminosa na formação da pastagem, em consórcio ou monocultivo, é orientada pela escolha do cultivar mais adequado às condições ambientais, à natureza da exploração, à capacidade de intervenção e à disponibilidade de recursos. Mesmo que a tomada de decisão seja similar à adotada na seleção de uma gramínea forrageira, existe uma resistência maior à leguminosa por parte de técnicos e produtores, graças aos riscos de insucesso e dos investimentos envolvidos. Parte dessa preconcepção deve-se ao maior conhecimento e informações disponibilizadas das gramíneas forrageiras e de uma comercialização agressiva de suas sementes, impossibilitando que as leguminosas forrageiras adquiriram maiores espaços no mercado (BARCELLOS et al., 2008).

Tal realidade enfatiza a importância de pesquisas acerca de leguminosas forrageiras, que estimulem o aumento dessas nos sistemas de produção de rebanhos bovinos. Uma das formas de acentuar sua produtividade e manutenção da qualidade é através do estudo de microrganismos que associados ao seu cultivo permita maior desenvolvimento, estabilidade, ganhos econômicos, ambientais, entre outros, como é o caso da FBN em mais de 100 espécies de plantas que apresentam inoculantes desenvolvidos e recomendados.

## **2.6. *Arachis pinto***

O *Arachis pinto* (amendoim forrageiro) é uma das leguminosas forrageiras mais interessantes para a consorciação com gramíneas para formação de pastos, já que se destaca pela boa cobertura do solo, alto valor nutritivo e persistência ao pastejo (DOS SANTOS, 2012). Além da alimentação animal, também é utilizado como planta ornamental, adubo verde, na recuperação e conservação do solo (SIMPSON; VALLS, 1994).

Morfologicamente, as plantas da espécie são perenes, com crescimento estolonífero prostrado, de baixo porte atingindo entre 20 à 60 cm após seu estabelecimento e que emanam em todas as direções grandes quantidades de estolões, que ficam protegidos do pastejo (DE LIMA et. al, 2003), o que garante sua persistência. O florescimento é indeterminado e sem resposta ao fotoperíodo, o que garante plantas florescendo repetidas vezes ao longo do ano. A primeira florada acontece entre 14 à 55 dias após plantio. Em períodos chuvosos e após cortes, há floração intensa (ARGEL et al., 1998; SIMPSON et al., 1994).

Os de acessos do *Arachis pintoi* raramente produzem sementes, sendo a propagação vegetativa a principal alternativa para a formação de pastagens. Outro fato pertinente é que as espécies do gênero *Arachis* produzem seus frutos abaixo da superfície do solo, ou seja, é necessário revolver o solo para capturar as vagens com as sementes, um processo que onera a colheita e, conseqüentemente, onera o preço das sementes comercializadas (MIRANDA, 2008), dificultando a produção em maior escala.

Muitos consórcios nos quais se utilizam estolões resultam em supressão da leguminosa, pois, apesar de ser a opção mais econômica, estão sujeitos à adequação dos fatores climáticos e condições fisiológicas das plantas doadoras para a obtenção de bons resultados (ANDRADE et al., 2006; MIRANDA et al., 2016). Nesse sentido, a produção de mudas micorrizadas em viveiros foi uma das medidas adotadas para aumentar a sobrevivência. No estudo de Pereira et al. (2011), 100% das mudas enraizadas de estolões em bandejas de isopor resistiram ao transplantio para vasos. A adoção de mudas também é uma possibilidade frente à lentidão no estabelecimento, já que o bom desenvolvimento do sistema radicular e aéreo asseguram maior sobrevivência no campo e, por conseguinte, asseguram a viabilidade econômica do processo (SHUSTER et al., 2011).

Uma das características já relatada que difere o *Arachis pintoi* de outras leguminosas forrageiras, é sua resiliência ao pastejo, por apresentar os pontos de crescimento protegidos do alcance do animal. Outra vantagem conferida está relacionada com a baixa produção de compostos secundários, sem nenhum registro de intoxicação, mesmo em áreas de pastejo exclusivo. Compostos como os taninos, quando consumidos em excesso pelos animais, provocam perdas na produtividade, retardam o crescimento e nas ocorrências mais graves podem levar a morte (FRIA, 2015). Em seus estudos, Paulino et al. (2010) avaliaram a produção de taninos no amendoim forrageiro em função da idade e de cortes e concluiu que não houve influência, apresentando forragem com valores aceitáveis desses compostos para uso na alimentação animal.

As plantas do gênero *Arachis* também são tolerantes a alta saturação de alumínio e acidez do solo, assim como aos solos mal drenados e de textura argilosa, fatores que dificultam o desenvolvimento do sistema radicular (PEREZ, 2004). A região dos Cerrados, a maior produtora de bovinos no país, apresenta milhões de hectares com inundação durante o período chuvoso, limitando a produtividade de forragem. Dessa forma, pesquisas envolvendo plantas como o amendoim forrageiro, podem contribuir positivamente para a cadeia produtiva na região (ANUALPEC, 2002; FERNANDES et al., 1992; MIRANDA et al., 2003). Há exemplos de sucesso, como ocorrido na região do Acre, com clima equatorial úmido e com longa estação

chuvosa, onde cerca de 105.000 ha de *Arachis pintoi* cv. Belmonte estão plantados em estandes puros ou em pastagens consorciadas, em áreas de pequenos, médios e grandes produtores (EMBRAPA, 2008).

Por pertencer à família *Fabaceae*, o amendoim forrageiro possui a capacidade de associar-se com bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas (BFNNL), e se beneficiar do processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN). No amendoim forrageiro a FBN é relatada atualmente como sendo eficiente somente quando a simbiose se dá entre a leguminosa e algumas bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Devido a essa especificidade da espécie e poucos estudos na área, existem apenas duas estirpes aprovadas pelo MAPA: SEMIA 6439 e SEMIA 6440 (PURCINO et al., 2000).

A respeito dos parâmetros para avaliação da FBN, Oliveira et al. (1998) concluíram que a quantidade de nódulos teve pouca importância na estimativa de nitrogênio total nas plantas. Em seu experimento, após 60 dias de plantio do amendoim forrageiro avaliou-se o número e peso de nódulos secos, peso das folhas, hastes e raízes secas, e percentagem de nitrogênio (N) total da parte aérea e das raízes. Testou 17 estirpes e uma das que mais se destacaram apresentou menor número de nódulos, porém teve média, estatisticamente, semelhante as demais estirpes em relação ao parâmetro de N total das plantas. Nesse estudo, também deve-se destacar que, em todos os parâmetros, as estirpes tinham médias estatisticamente iguais à testemunha nitrogenada, o que significa que os isolados tiveram a capacidade de fornecer N de forma eficiente para as plantas se desenvolverem, já que a testemunha nitrogenada recebeu a dose considerada ideal para o melhor desenvolvimento das plantas.

A intensidade de pastejo influi sob o processo de interação da leguminosa forrageira com o rizóbio. Com o intuito de avaliar o efeito do pastejo sobre a massa de raízes, nodulação e a FBN em *Arachis pintoi* cv. Belmonte, Carvalho (2018) utilizou dois protocolos experimentais baseados nos métodos de pastejo de lotação contínua e rotativa. Os tratamentos da lotação contínua corresponderam a quatro alturas de manejo: 5,10,15, e 20 cm. Já aqueles referentes à lotação rotativa corresponderam a combinação entre duas condições pré-pastejo (95% e máxima interceptação de luz durante a rebrota) e duas condições pós-pastejo (alturas correspondentes a 40 e 60% da altura de pré-pastejo). A FBN foi determinada pela biomassa da parte aérea e em ambos os métodos de pastejo as amplitudes das metas de manejo adotadas não ocasionaram impactos negativos sobre o sistema radicular e o processo de nodulação. Deste trabalho o autor concluiu de modo geral, que maior porcentagem de N derivado da FBN é obtida quando se adotam pastejos de intensidade moderada (15 e 20 cm) sob lotação contínua e maiores alturas pós-pastejo sob pastejo rotativo.

Buscando avaliar as necessidades para o desenvolvimento de inoculantes para *A.pintoi* em solos do Cerrado, Sá et al. (2001) analisaram em seu estudo a influência da estação e do tipo de solo. Para observar o comportamento da inoculação dos rizóbios na forrageira, implantou-se experimentos em três locais: 1) solo virgem típico do Cerrado; 2) solo cultivado durante quinze anos com diferentes leguminosas forrageiras e 3) solo com cultivo do amendoim forrageiro nos últimos anos. Os maiores valores, próximos a  $1 \times 10^3$  células de rizóbios por grama de solo foram observados durante os meses chuvosos do verão (outubro-janeiro) no local 3. O local 1 apresentou os valores mais baixos e, dependendo da estação, nenhum rizóbio foi detectado. Os dados observados confirmaram a peculiaridade do amendoim forrageiro, indicando que a variação sazonal e o histórico de cultivo na área foram os fatores mais importantes relacionados ao número de populações das BFN associadas ao *A.pintoi* em solos do Cerrado.

Por expressar eminente capacidade formar simbiose com BFNNL, o amendoim forrageiro se posiciona como uma das leguminosas de maior relevância no complexo animal-planta-solo, sendo verdadeiras biofábricas consumidoras de energia limpa e renovável (BARCELLOS et al., 2008; MIRANDA, 2008). Experimentalmente, quantificou-se o N fixado através da abundância natural de  $^{15}\text{N}$  e concluiu-se que os acessos da espécie foram capazes de fixar em taxas que variaram de 36 a 90% do N presente em sua estrutura (MIRANDA et al., 2003). Já na pesquisa realizada pelo Perin et al. (2003), o aporte de N advindos da FBN variou entre 350 a 520  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  ao longo de 2 anos.

Visando a recomendação de estirpes que se associassem ao *Arachis pintoi* e que tolerassem as condições do Cerrado, Oliveira et al. (1996) realizaram experimentos conduzidos em casa de vegetação para avaliar o potencial da FBN. Os resultados obtidos através da avaliação da nodulação, produção de massa seca e teor de N após 60 dias de desenvolvimento das plantas, indicaram que a maioria das estirpes testadas apresentaram baixa capacidade de fixação de  $\text{N}_2$ . Todavia, 3 estirpes, MGAC 02, MGAC 03 e MGAP 13 (que mais tarde se tornou uma das estirpes recomendadas com o registro SEMIA 6440), mostraram elevada capacidade de fixação de  $\text{N}_2$ , superando inclusive o tratamento controle com N mineral, sob condições monoaxênicas ou sob solo de Cerrado, indicando a potencialidade dessas estirpes nativas para inoculação e aumento da produtividade de *Arachis pintoi* nos em solos desse bioma.

Em outro estudo com dois Latossolos com texturas diferentes, mediu-se, ao longo de um período de 3 anos, a proporção de N derivado da FBN por diluição do isótopo  $^{15}\text{N}$  em três pastagens de gramíneas tropicais consorciadas com o *Arachis pintoi*, *Stylosanthes capitata* e *Centrosema acutifolium*. O teor N derivado da FBN foi geralmente superior a 80% em todas as

leguminosas em ambos os tipos de solo. Complementar a isso, os resultados também indicaram que em pastagens tropicais semeadas em solos ácidos de baixa fertilidade, as quantidades de N fixadas pelas leguminosas forrageiras dependem do crescimento e persistência das leguminosas (THOMAS et al., 1997).

Crestani (2011) observou o efeito da introdução do *Arachis pintoi* em pastos de capim elefante anão (*Pennisetum purpureum Schum*) sobre a produtividade primária de forragem e o desempenho animal. Os tratamentos experimentais foram capim elefante anão adubado com 200 kg de N/ha e uma pastagem consorciada de capim elefante anão e amendoim forrageiro sem o uso de adubos industriais. A proporção de N obtida na massa seca do amendoim forrageiro, originado da FBN foi de 75,15% do total, o que correspondeu a um acréscimo de 46,5 kg N/ha ao sistema. Concluiu-se que a presença do amendoim forrageiro em pastos de pastos de capim elefante anão, na proporção de 9,2% da massa seca total, foi suficiente para manter a produtividade primária, mas não possibilitou incrementos no consumo de forragem e no desempenho animal.

A espécie também demonstrou excelentes resultados quando empregada para cobertura e recuperação de solos degradados. Perin (2003) averiguou que em 224 dias após plantio o amendoim forrageiro foi capaz de cobrir completamente o solo, independente das densidades testadas. Neste mesmo estudo, o pesquisador constatou os seguintes dados após dois anos de experimento: acúmulo de 20 t.ha<sup>-1</sup> de matéria seca, composta por 572 kg.ha<sup>-1</sup> de N, 37 kg.ha<sup>-1</sup> de P e 247 kg.ha<sup>-1</sup> de K. Já Valentim et al. (2003) obteve cobertura total do solo entre 70 a 120 dias após plantio, em condições ambientais do Acre, com sete acessos e duas cultivares.

O amendoim forrageiro tem se estabelecido em pastagens de *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha*, *Cynodon nlemfuensis* e *Megathyrsus maximus*. Com sucessos relatados em vários estados brasileiros como Rio Grande do Sul, Acre e Bahia, a introdução de novas cultivares com produção de sementes, fortalecerá ainda mais o seu uso em outras regiões do Brasil e das Américas (PAULINO et al.,2006).

Sá et. al (2019) avaliaram a diversidade fenotípica e genética, e a eficiência de estirpes de bactérias isoladas de nódulos de *Arachis pintoi* estabelecidos em áreas de pastagens consorciadas com gramíneas em duas regiões distintas: Lavras-MG e Itabela-BA. Apesar de ter identificado diversos gêneros de bactérias nos nódulos coletados para isolamento das estirpes, notou-se que a planta foi capaz de nodular somente em simbiose com algumas estirpes do gênero *Bradyrhizobium*. Além disso, algumas estirpes nativas isoladas foram mais eficientes em nodular o amendoim forrageiro que as estirpes atualmente aprovadas como inoculantes,

SEMIA 6439 e SEMIA 6440, o que sugere e reforça a necessidade de novos estudos que possam identificar esses organismos que venham a contribuir ainda mais para a FBN na cultura.

Os programas de melhoramento genético de forrageiras tropicais são cruciais para a popularização das leguminosas em pastagens, já que são direcionados à obtenção de materiais que aumentem a qualidade e a quantidade de forragem produzida. Para isso, prioriza-se características como a produção de sementes; resistência à pragas e doenças; persistência ao pastejo; fixação de nitrogênio; resistência a seca e frio; tolerância à salinidade e ao alumínio do solo (ARAÚJO et al., 2008; DOS SANTOS, 2012).

A busca por elevados índices produtivos na cadeia agropecuária, atrelado a escassez de N nos solos tropicais, torna a adubação nitrogenada uma das principais variáveis que oneram a implantação e a manutenção das pastagens (CARVALHO, 2018). Somando-se a isto, os danos ambientais associados a esse tipo de adubação, como lixiviação de N e emissões de amônia e óxido nitroso, corroboram ainda mais para investir na potencialidade da FBN como fonte alternativa para produções de pastagens sustentáveis, como no consórcio de gramíneas com forrageiras leguminosas atreladas a inoculação de microrganismos que auxiliem na formação do pasto.

A substituição da adubação nitrogenada pela inoculação com rizóbios na cultura da soja é fruto de um processo contínuo de seleção de estirpes e cultivares com boa capacidade simbiótica. Para que isso se expanda para demais espécies de interesse no agronegócio, como é o caso do *Arachis pintoi*, o investimento e desenvolvimento em pesquisas se faz crucial. Se tratando de leguminosas forrageiras o trabalho é ainda mais árduo, pois é necessário desmitificar a estigmatização associada a elas.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Condução do experimento**

Para averiguar a eficiência das estirpes em condições diferentes e não axênicas com o amendoim forrageiro, um experimento foi conduzido em vasos plásticos com capacidade para 1,5 kg de solo, no período de setembro a novembro/2019, em casa de vegetação sob responsabilidade do Departamento de Ciências do Solo (DCS) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições, sendo dois tipos de solos com dez tratamentos cada: seis estirpes a serem testadas, UFLA 05-150,05-153,05-163,05-96,05-98 e 05-112; dois controles positivos com as estirpes aprovadas pelo MAPA como inoculante para o amendoim forrageiro, SEMIA 6439 (NC230) e SEMIA 6440 (MGAP13) (PURCINO et al.,2000); e dois controles não inoculados, um sem e outro com aplicação de N mineral ( $300 \text{ mg. dm}^{-3} \text{ NH}_4\text{NO}_3$ ).

Em cada vaso foram transplantadas pelo menos três mudas. Após 15 dias do transplântio para os vasos, foi feito o desbaste, deixando duas plantas que apresentaram o melhor desenvolvimento, e a inoculação na proporção de 1 mL da suspensão bacteriana por muda.

#### **3.2. Coleta dos solos**

As coletas dos solos utilizados ocorreram nos municípios de Itabela-BA e Lavras-MG. Em Itabela, a coleta foi realizada na Estação de Zootecnia do Extremo Sul (ESSUL), da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) ( $16^\circ 48' \text{ S}$  e  $39^\circ 30' \text{ O}$ ), a 150 metros de altitude. A área está sob o domínio do ecossistema de Mata Atlântica e o clima local é uma transição entre os tipos Af e Am (sistema Köppen), com precipitação anual de 1311 mm e temperatura média de  $25^\circ \text{ C}$ , sem estação seca definida. O solo foi classificado como Argissolo vermelho amarelo, ácido e textura arenosa nos 20 cm superficiais. Em Lavras-MG, a coleta foi realizada em área pertencente ao Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras ( $21^\circ 14' \text{ S}$  e  $44^\circ 58' \text{ O}$ ), a 918 metros de altitude. O clima da região é classificado como Cwa (sistema Köppen), temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso (SÁ JUNIOR et al., 2012), com precipitação anual de 1530 mm e temperatura média de  $19^\circ \text{ C}$ . O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico de textura muito argilosa.

### 3.3. Análise do solo e adubação

Antes do plantio, foi feita a análise de solo (Tabela 1) e adubação seguindo as recomendações de Malavolta et al. (1989) para ambos os solos. Para cada parcela, aplicou-se 300 mg.dm<sup>-3</sup> de fósforo (P), 300 mg.dm<sup>-3</sup> de potássio (K), 200 mg.dm<sup>-3</sup> de cálcio (Ca), 50 mg.dm<sup>-3</sup> de magnésio (Mg), 50 mg.dm<sup>-3</sup> de enxofre (S), 0,8 mg.dm<sup>-3</sup> de boro (B), 1,5 mg.dm<sup>-3</sup> de cobre (Cu), 3,0 mg.dm<sup>-3</sup> de ferro (Fe), 3,0 mg.dm<sup>-3</sup> de manganês (Mn), 0,15 mg.dm<sup>-3</sup> de molibdênio (Mo) e 5 mg.dm<sup>-3</sup> de zinco (Zn); o controle com N mineral recebeu 300 mg.dm<sup>-3</sup> no total, com NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> como fonte, dividido em três aplicações.

Tabela 1. Características físicas e químicas das amostras de solos coletadas em Itabela-BA e Lavras-MG.

Local	dag.kg <sup>-1</sup>											
	M.O.	Argila			Silte			Areia				
Itabela-BA	2,5	20			2			78				
Lavras-MG	5,1	55			13			32				

  

Local	pH	mg dm <sup>-3</sup>		cmolc.dm <sup>-3</sup>							%	
		K	P	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	M
Itabela-BA	5,7	70,0	2,0	1,9	0,5	0,2	2,9	2,6	2,8	5,5	47,1	7,2
Lavras-MG	5,8	120,0	2,6	2,7	1,1	0,1	3,2	4,1	4,2	7,4	55,9	2,4

pH em água, KCl e Ca Cl<sub>2</sub> – Relação 1:2,5; K-P = Extrator Mehlich 1; Ca-Mg-Al = Extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; H+Al = Extrator SMP; SB = Soma de bases trocáveis; CTC (t) = Capacidade de troca catiônica efetiva; CTC (T) = Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V = Índice de saturação de bases; m = índice de saturação de alumínio; Mat. Org. (M.O.) = Oxidação Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 4N+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10N.

### 3.4. Seleção das estirpes

As estirpes avaliadas pertencentes ao gênero *Bradyrhizobium* foram isoladas e identificadas por Sá (2019) a partir de nódulos de amendoim forrageiro coletados nos mesmos locais onde foram coletados os solos para esse experimento. Das 76 estirpes bacterianas obtidas, foram selecionadas as três oriundas de cada área que apresentaram o melhor resultado de eficiência em condições axênicas, sendo a UFLA 05-96, UFLA 05-98 e UFLA 05-112 de origem do solo de Itabela-BA e UFLA 05-150, UFLA 05-153 e UFLA 05-163 de origem do solo de Lavras-MG. Para o preparo dos inoculantes, as estirpes foram cultivadas em meio de cultura 79 líquido (FRED; WAKSMAN, 1928), sob agitação de 110 rpm, a 28 °C, por um período de 4-5 dias, de acordo com o crescimento de cada estirpe.



### **3.5. Produção das mudas**

Os estolões do *Arachis pintoi* cv. Belmonte utilizados para a produção das mudas foram retirados da área experimental do Departamento de Zootecnia da UFLA, Setor de Forragicultura. Os estolões foram retirados das partes mais jovens das plantas, com tamanho aproximado de 5 cm. As mudas foram produzidas em ambiente protegido, em bandejas de polietileno de 128 células, contendo o substrato de areia e vermiculita (1:1) com irrigações realizadas pelo menos 2 vezes ao dia, em função da temperatura diária. Após a emissão das primeiras raízes, aos 15 dias, as mudas foram transplantadas para os vasos contendo os dois tipos de solo.

### **3.6. Variáveis avaliadas e análise estatística**

Ao término dos 60 dias após transplântio, foi determinado o índice SPAD e as plantas foram coletadas para determinação do número de nódulos (NN), matéria seca de nódulos (MSN), matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca da raiz (MSR). Os dados foram submetidos à análise de variância com o emprego do software Sisvar versão 4.0 (FERREIRA, 2011). As médias dos tratamentos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora o experimento tenha sido conduzido em ambiente protegido, houve o ataque de três pragas, ácaro rajado (*Tetranychus urticae*), tripes-do-prateamento (*Enneothrips flavens*) e pulgão-verde (*Aphis gossypii*), que causaram danos nas plantas do amendoim forrageiro.

O ácaro rajado é um tetraniquídeo disseminado pelo contato entre plantas, pelo trânsito de pessoas e objetos e pelo vento. Ele raspa a folha na face inferior causando o rompimento das células epiteliais e destruição da clorofila (SUEKANE et.al 2012). Na face superior das folhas atacadas apareceram manchas avermelhadas, correspondentes em forma e local às lesões ocasionadas na face inferior. Para controlá-lo, fez-se o uso de inseticida a base de abamectina na dose recomendada para a cultura.

Os danos causados pelo tripes-do-prateamento iniciam na raspagem dos folíolos, que posteriormente resultam em estrias, deformações e o aparecimento de manchas prateadas nas folhas. Esta injúria causa redução na área fotossinteticamente ativa da planta, compromete o desenvolvimento da cultura e aumenta a susceptibilidade às doenças foliares (GABRIEL et al., 1998). Por sua vez, o pulgão-verde é um inseto sugador de elevada capacidade reprodutiva que, além de ser vetor de inúmeras viroses, causa encarquilhamento das folhas e deformação dos brotos, comprometendo o desenvolvimento da planta (GABRIEL, 2016). O controle biológico com uso de larvas de crisopídeos foi aplicado para ambas as pragas, *E.flavens* e *A. gossypii*, que tiveram suas populações eliminadas em 8 dias.

As plantas referentes aos tratamentos do solo arenoso de Itabela – BA, foram mais afetadas pelos ataques, culminando na perda de três repetições do tratamento 2 (estirpe UFLA 05-153). Por opção, foi feita a retirada das análises do seu equivalente no solo argiloso, o tratamento 12.

As estirpes inoculadas no solo arenoso Itabela – BA (Tabela 2), não se diferiram estatisticamente ( $P < 0,05$ ) dos tratamentos controle SEMIA 6439, SEMIA 6440, S/N e C/N para a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca do nódulo (MSN) e número de nódulos (NN). Já em relação ao índice SPAD, a estirpe 05-112, o controle com a estirpe aprovada SEMIA 6439 e o controle sem N mineral foram superiores aos demais ( $P < 0,05$ ).

Tabela 2. Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA), Matéria Seca de Raiz (MSR), Matéria Seca de Nódulo (MSN), Número de Nódulos (NN) e Índice SPAD das plantas de amendoim forrageiro cultivadas em solo arenoso coletado em Itabela - BA.

Código	Tratamento	MSPA (g planta <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	MSR (g planta <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	MSN (g/planta) <sup>1</sup>	NN (planta) <sup>1</sup>	SPAD
UFLA 05-150	1	1,7859 a	1,2069 a	1,0238 a	11,2671 a	25,6500 b
UFLA 05-163	3	1,8960 a	1,2138 a	1,0132 a	10,4759 a	27,2000 b
UFLA 05-96	4	1,7734 a	1,1945 a	1,0182 a	8,7542 a	26,9675 b
UFLA 05-98	5	1,6946 a	1,1728 a	1,0276 a	10,4538 a	26,1000 b
UFLA 05-112	6	1,7975 a	1,1880 a	1,0361 a	13,3970 a	29,5675 a
SEMIA 6439	7	1,9236 a	1,1863 a	1,0201 a	8,4821 a	32,2000 a
SEMIA 6440	8	1,7550 a	1,2364 a	1,0116 a	6,1700 a	26,6750 b
S/N <sup>2</sup>	9	2,0020 a	1,2613 a	1,0318 a	12,4207 a	31,5500 a
C/N <sup>3</sup>	10	1,8717 a	1,2012 a	1,0143 a	9,8366 a	27,1000 b

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott à 5% de probabilidade. <sup>1</sup> Dados transformados para raiz quadrada de X+1. <sup>2</sup> Controle sem inoculação e sem N mineral. <sup>3</sup> Controle sem inoculação e com N mineral.

Os resultados obtidos no solo arenoso para o tratamento sem inoculação e sem aplicação de N mineral (S/N), controle utilizado para averiguar a capacidade competitiva dos rizóbios nativos, sugerem que as estirpes presentes no solo arenoso são eficazes na fixação. Os resultados de MSPA e MSR foram equivalentes estatisticamente aos do tratamento com alta dose de N (C/N); já o índice SPAD do tratamento S/N foi superior (P<0,05) ao do tratamento C/N. Vale destacar que o índice SPAD afere o teor de clorofila no tecido foliar e que se relaciona diretamente com os teores de N na planta. Portanto, sem realizar inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas (BFNNL) e sem aplicar nitrogênio, as plantas de amendoim forrageiro referente ao tratamento S/N apresentaram desempenho similares ou superiores as plantas que receberam adubação nitrogenada.

Sá et al. (2019) concluíram no seu experimento que somente algumas estirpes do gênero *Bradyrhizobium* foram capazes de nodular em simbiose com o amendoim forrageiro. Das 30 estirpes autenticadas, 23 foram testadas em tubos de polietilenos preenchidos com uma mistura de areia e vermiculita quanto à sua eficiência. Destas, 11 apresentaram alta eficiência para os parâmetros MSPA e índice SPAD, se equivalendo ao controle com alta dose de N e superando as estirpes já aprovadas como inoculante. Analisando a origem das estirpes com os melhores desempenhos para tais parâmetros, 8 das 11 (72,7%) foram isoladas de nódulos coletados do solo de textura arenosa oriundo de Itabela-BA e três (27,3%) foram estirpes isoladas de nódulos coletados do solo de textura argilosa oriundo de Lavras-MG. Isso indica que as estirpes nativas do solo arenoso são mais eficazes para estabelecer a simbiose com a espécie forrageira.

Os resultados no solo argiloso (Tabela 3) demonstraram que para a variável MSPA as estirpes UFLA 05-96 e UFLA 05-112 se equivaleram ( $P < 0,05$ ) aos tratamentos com alta concentração de N (C/N) e a estirpe aprovada SEMIA 6439, além de serem superiores aos demais tratamentos, o que inclui a estirpe aprovada SEMIA 6440 e o controle sem nitrogênio (S/N). Para a variável NN, os controles S/N e C/N apresentaram resultados inferiores aos demais tratamentos. Não houve diferença estatística para as variáveis MSR, MSN e SPAD entre os tratamentos.

Tabela 3. Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA), Matéria Seca de Raiz (MSR), Matéria Seca de Nódulo (MSN), Número de Nódulos (NN) e Índice SPAD das plantas de amendoim forrageiro cultivadas em solo argiloso coletado em Lavras – MG.

Código	Tratamento	MSPA (g/planta) <sup>1</sup>	MSR (g/planta) <sup>1</sup>	MSN (g/planta) <sup>1</sup>	NN (planta) <sup>1</sup>	SPAD
UFLA 05-150	11	1,5329 b	1,2021 a	1,0353 a	11,4189 a	30,2500 a
UFLA 05-163	13	1,6760 b	1,1799 a	1,0226 a	9,0784 a	27,5250 a
UFLA 05-96	14	1,7860 a	1,1858 a	1,0228 a	10,1391 a	25,0750 a
UFLA 05-98	15	1,5218 b	1,1407 a	1,0195 a	9,3638 a	28,6500 a
UFLA 05-112	16	1,7651 a	1,2274 a	1,0332 a	11,6465 a	27,2750 a
SEMIA 6439	17	1,8553 a	1,2185 a	1,0343 a	13,4572 a	25,9500 a
SEMIA 6440	18	1,5136 b	1,1635 a	1,0123 a	8,8315 a	26,2500 a
S/N <sup>2</sup>	19	1,4443 b	1,1079 a	1,0124 a	5,0804 b	28,2750 a
C/N <sup>3</sup>	20	2,0488 a	1,3246 a	1,0014 a	4,4673 b	28,9250 a

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott à 5% de probabilidade. <sup>1</sup>Dados transformados para raiz quadrada de X+1. <sup>2</sup>Controle sem inoculação e sem N mineral. <sup>3</sup> Controle sem inoculação e com N mineral.

Diferentemente do resultado apresentado no solo arenoso, para MSPA, parâmetro representativo acerca do estado nutricional das plantas, os valores médios para os tratamentos referentes as estirpes testadas que foram isoladas do solo argiloso de Lavras-MG, UFLA 05-150 e UFLA 05-163, e tratamento S/N, demonstraram resultados inferiores quando comparados aos resultados do tratamento C/N. Por outro lado, as estirpes isoladas do solo arenoso Itabela – BA, UFLA 05-96 e UFLA 05-112, foram estatisticamente equivalentes ao tratamento C/N e a estirpe recomendada SEMIA 6439.

Para uma espécie forrageira leguminosa como o *A.pintoi*, boa cobertura vegetal e elevado teor de N são características desejáveis, especialmente pensando em substituir adubação nitrogenada numa pastagem (DOS SANTOS, 2012). A inoculação da estirpe UFLA 05-112 nas plantas de amendoim forrageiro apresentou bons resultados, acima de tudo, para os parâmetros MSPA e índice SPAD, que se relacionam diretamente com tais características. Além

disso, os resultados indicam que a estirpe possui boa adaptabilidade em condições edáficas diferentes, boa nodulação e capacidade competitiva com os rizóbios nativos do solo.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir desses resultados, averiguou-se que as estirpes presentes no solo de textura arenosa coletado em Itabela-BA são eficazes na FBN com *A.pintoi*, tanto pelos valores obtidos no tratamento S/N quanto pelos valores obtidos pelas estirpes isoladas deste solo, com destaque para a UFLA 05-112.

No solo de textura argilosa coletado em Lavras-MG, destaca-se os resultados das estirpes UFLA 05-96 e UFLA 05-112, que foram eficazes na simbiose mesmo em condições edáficas distintas das quais foram isoladas.

Dentre as estirpes testadas, a UFLA 05-112 é a que possui maior potencial para ser aprovada como inoculante para amendoim forrageiro, devido a sua capacidade competitiva e auxílio no incremento de N e de massa vegetal nas plantas de *A. pintoi* em solos com diferentes características. Testes em condições de campo devem ser realizados.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C. M. S. D., GARCIA, R., VALENTIM, J. F., & PEREIRA, O. G. (2006). Grazing management strategies for massaigrass-forage peanut pastures: 1. Dynamics of sward condition and botanical composition. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(2), 334-342. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/YzCRsbrGvK8CRbgvOrWjmRg/?lang=en&format=pdf>>. Acesso em 24 jul.2020.
- ANGHINONI, I. (1986). Adubação nitrogenada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. SANTANA, MBM *Adubação nitrogenada no Brasil. Ilhéus: CEPLAC/SBCS*, 1-18.
- ANUALPEC 2002. Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio/Argos, 2002. 400p
- ARAÚJO, S. A. C., DEMINICIS, B. B., & CAMPOS, P. R. S. S. (2008). Melhoramento genético de plantas forrageiras tropicais no Brasil. *Arquivos de zootecnia*, 57(2), 61-76.
- ARAÚJO, T.P; VIANNA, S.T.W & MACAMBIRA, J. (2009). Cinquenta anos de formação econômica do Brasil: ensaios sobre a obra de Celso Furtado. Rio de Janeiro: IPEA,288p. Disponível em: <[https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/Livro50AnosdeFormacao\\_Salvador\\_WEB.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/Livro50AnosdeFormacao_Salvador_WEB.pdf)>. Acesso em: 24 jul.2020.
- ARGEL, M., & VILLARREAL, C. *Nuevo maní forrajero perenne (Arachis pintoi Krapovickas y Gregory). Cultivar Porvenir (CIAT 18744) leguminosa herbácea para alimentación animal, el mejoramiento y conservación del suelo y el embellecimiento del paisaje*, p. 10-14,1998. IICA, San José (Costa Rica) CIAT, Cali (Colombia) Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José (Costa Rica). Disponível em: <[http://ciat-library.cgiar.org/forrajes\\_tropicales/pdf/Leaflets/arachis\\_costa\\_rica.pdf](http://ciat-library.cgiar.org/forrajes_tropicales/pdf/Leaflets/arachis_costa_rica.pdf)>. Acesso em: 25 jul.2020.
- BARCELLOS, A. de O.; ANDRADE, R.P. de.; KARIA, C.T. Potencial e uso de leguminosas forrageiras dos gêneros *Stylosanthes*, *Arachis pintoi* e *Leucaena*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 17., 2000, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2000, P.297-358.
- BARCELLOS, A. D. O., RAMOS, A. K. B., VILELA, L., JUNIOR, M., & BUENO, G. (2008). Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(SPE), 51-67. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/KwNbj7GpY83JLJFfxWRGNxr/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 20 jul.2020.
- BASHAN, Y., DE-BASHAN, L. E., PRABHU, S. R., & HERNANDEZ, J. P. (2014). Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013). *Plant and soil*, 378(1-2), 1-33.
- BREDEMEIER, C., & MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, n.2, 365-372, 2000. Disponível em:

< <https://www.scielo.br/j/cr/a/fgh7ZhdCGrrHMSF6XZsS8ZK/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2020.

BURLE, S. T. M., SHELTON, H. M., & DALZELL, S. A. (2003). Nitrogen cycling in degraded *Leucaena leucocephala*-*Brachiaria decumbens* pastures on an acid infertile soil in south-east Queensland, Australia. *Tropical Grasslands*, 37(2), 119-128. Disponível em: < [https://www.researchgate.net/publication/43444722\\_Nitrogen\\_cycling\\_in\\_degraded\\_Leucaena\\_a\\_leucocephala-Brachiaria\\_decumbens\\_pastures\\_on\\_an\\_acid\\_infertile\\_soil\\_in\\_south-east\\_Queensland\\_Australia](https://www.researchgate.net/publication/43444722_Nitrogen_cycling_in_degraded_Leucaena_a_leucocephala-Brachiaria_decumbens_pastures_on_an_acid_infertile_soil_in_south-east_Queensland_Australia)>. Acesso em: 18 jul.2020.

CARVALHO, T. B., ZEN, S., & TAVARES, É.C.N. (2009). Comparação de custo de produção na atividade de pecuária de engorda nos principais países produtores de carne bovina. *Reunião da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*, 47.

CARVALHO, L. D. R. (2018). *Respostas agrônômicas, reservas orgânicas e fixação biológica de N em amendoim forrageiro (Arachis pintoi Krapovickas & Gregory cv. Belmonte) sob pastejo* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo). Disponível em:< [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-22062018-182451/publico/Lucas\\_da\\_Rocha\\_Carvalho\\_versao\\_revisada.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-22062018-182451/publico/Lucas_da_Rocha_Carvalho_versao_revisada.pdf)>. Acesso em: 05 set.2020.

CRESTANI, S. Introdução do Amendoim Forrageiro em pastos de Capim Elefante Anão: consumo de forragem, desempenho animal e fixação biológica de nitrogênio. 2011. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal – Área: Produção Animal) – Universidade Estadual de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Ciência Animal, Lages, 2011. Disponível em:<[https://www.udesc.br/arquivos/cav/id\\_cpmenu/1282/steben\\_crestani\\_15670879827319\\_1282.pdf](https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1282/steben_crestani_15670879827319_1282.pdf)>. Acesso em: 17 de jul. 2020.

DIAS-FILHO, M. B. (2012). Desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. *Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)*. Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/925646/1/Doc382.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

DÖBEREINER, J. Evaluation of nitrogen fixation in legumes by the regression of total plant nitrogen with nodule weight. *Nature*, v.210, p.850-852, 1966. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/210850a0>>. Acesso em: 10 ago. 2021

DOS SANTOS, E. C. (2012). Características agrônômicas e bromatológicas de amendoim forrageiro em diferentes intervalos de corte. *Embrapa Acre-Tese/dissertação (ALICE)*. Disponível em: < <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1093357>>. Acesso em: 24 jan. 2021.

EMBRAPA (2008). Balanço social: pesquisa agropecuária. Brasília, DF, 19 p.

FERNANDES, A. T. F., FERNANDES, C. D., EUCLIDES, V. P. B., & GROF, B. (1992). Avaliação de acessos de *Paspalum spp.* em consorciação com *Arachis pintoi* em áreas úmidas de baixa fertilidade. I *RED INTERNACIONAL DE EVALUACION DE PASTOS TROPICALES*, 117.

FERNANDES JR, P. I., & REIS, V. (2008). Algumas limitações à fixação biológica de nitrogênio em leguminosas. *Embrapa Agrobiologia*, p.10-14,2008 (Documentos/Embrapa Agrobiologia, ISSN 1517-8498; 252).



FERNANDES JR, P. I.; ROHR, T. G.; OLIVERA, P. J.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G. Polymers as carriers for rhizobial inoculant formulations. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, p.1184-1190, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000900017>>. Acesso em: 10 ago. 2021.

FERRAZ, J. B. S., & DE FELÍCIO, P. E. (2010). Production systems—An example from Brazil. *Meat science*, 84(2), 238-243. Disponível em: <<http://www.usp.br/gmab/publica/msjbsf2010.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2020.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e agrotecnologia*, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, A. S. (2014). Desempenho agrônômico, características morfofisiológicas e valor nutritivo da forragem de quatro genótipos de amendoim forrageiro sob corte. (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo). Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-04122014-140011/pt-br.php>>. Acesso em: 05 de jun. 2020.

FERREIRA, T. C., AGUILAR, J. V., SOUZA, L. A., JUSTINO, G. C., AGUIAR, L. F., & CAMARGOS, L. S. (2016). pH effects on nodulation and biological nitrogen fixation in *Calopogonium mucunoides*. *Brazilian Journal of Botany*, 39(4), 1015-1020. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40415-016-0300-0>>. Acesso em: 12 jun. 2020.

FRIAS, C. D. S. S. T. (2015). *Intoxicação por taninos em bovinos de carne: estudo de caso* (Doctoral dissertation, Universidade de Lisboa. Faculdade de Medicina Veterinária).

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Rome, 2020. Science and innovation for health, climate and sustainable food systems. Disponível em: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca6767en/>. Acesso em: 01 out.2021.

GABRIEL, D.; NOVO, J.P.S.; GODOY, I.J. de. Efeito do controle químico na população de *Enneothrips flavens* Moul. e na produtividade de cultivares de amendoim *Arachis hipógea* L. *Arquivos do Instituto Biológico*, São Paulo, v.65, n.2, p.51-56,1998.

GABRIEL, D. (2016). Pragas do Amendoim. Governo do Estado de São Paulo - Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios. Documento técnico, 25 p. Disponível em: <[http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/dt/pragas\\_amendoim.pdf](http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/dt/pragas_amendoim.pdf)>. Acesso em: 17 de jul. 2020.

GARCIA, G., CARDOSO, A. A., & SANTOS, O. A. M. D. (2013). Da escassez ao estresse do planeta: um século de mudanças no ciclo do nitrogênio. *Química Nova*, 36(9), 1468-1476. Disponível em: <[http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=5675](http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=5675)>. Acesso em 17 de set. 2021.

GODOY, P. B. D. (2007). Aspectos nutricionais de compostos fenólicos em ovinos alimentados com leguminosas forrageiras (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

HARTWIG, U. A. (1998). The regulation of symbiotic N<sub>2</sub> fixation: a conceptual model of N feedback from the ecosystem to the gene expression level. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 1(1), 92-120.

HOWIESON, J.G., YATES, R.J., FOSTER, K.J.; REAL, D.; BESIER, R.B. (2008). Prospects for the futures use of legumes. In: DILWORTH, M.J.; JAMES, E.K.; SPRENT, J.I.; NEWTON, W.E. (eds). Nitrogen-fixing leguminous symbioses. Dordrecht: Springer, chap.12, p.363-394.

JUNIOR, A. A. M., & DE CARVALHO BUENO, O. (2015). Participação da energia fóssil na produção dos fertilizantes industriais nitrogenados com ênfase na ureia. *Energia na Agricultura*, 30(4), 442-447.

LEIGH, G. J. (2004). *The world's greatest fix: a history of nitrogen and agriculture*. Oxford University Press.

LEMOES, F. K. (2013). A evolução da bovinocultura de corte brasileira: elementos para a caracterização do papel da ciência e da tecnologia na sua trajetória de desenvolvimento (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

MALAVOLTA, E. Elementos de Nutrição Mineral de Plantas. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro. Disponível em:<<https://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>>. Acesso em: 01 out. 2021.

MIRANDA, C. H. B., VIEIRA, A., & CADISCH, G. (2003). Determinação da fixação biológica de nitrogênio no amendoim forrageiro (*Arachis spp.*) por intermédio da abundância natural de 15N. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(6), 1859-1865.

MIRANDA, E. M. de; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. da (2008). Amendoim forrageiro: importância, usos e manejo. Embrapa Agrobiologia, 92 p. (Documentos, 259).

MIRANDA, E. M. de; SILVA, E. M. R. da, & JÚNIOR, O. J. S. (2016). Inoculação micorrízica e adubação fosfatada na produção de mudas de Amendoim Forrageiro. *Revista Ciência Agronômica*, 47(2), 240-246. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/rca/a/SRbZnhLQrnjnz6qSMskPKLH/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2020.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. 2 ed. Lavras: UFLA, p.729, 2006. ISBN: 85-87692-33-X.

NEWTON, W. E. Nitrogen fixation in perspective. In: PEDROSA, F. O.; HUNGRIA, M.; YATES, M. G.; NEWTON, W. E. (Ed.) Nitrogen fixation: from molecules to crop productivity. Dordrecht: Kluwer, p. 3-8, 2000.

OLIVEIRA JUNIOR, C. S., SA, N., PURCINO, H., VASCONCELLOS, C., VIANNA, M., & VARGAS, M. (1996). Efetividade de fixação de nitrogênio de estirpes nativas de rizóbio associadas a *Arachis pintoi* isoladas de solos de cerrado. In *Embrapa Milho e Sorgo-Resumo em anais de congresso (ALICE)*. In: SEMANA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 5., 2009, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: UFMG, 1996. p. 54.

- OLIVEIRA, F. L., PITARD, R., & SOUTO, S. (1998). Seleção de estirpes de rizóbios para as leguminosas *Arachis pintoi* e *Cratylia argentea*. Seropédica: *Embrapa Agrobiologia*, nov. 1998. 19p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 53).
- PADUA, F. T. D., ALMEIDA, J. C. D. C., SILVA, T. O. D., ROCHA, N. S., & NEPOMUCENO, D. D. D. (2006). Produção de matéria seca e composição químico-bromatológica do feno de três leguminosas forrageiras tropicais em dois sistemas de cultivo. *Ciência Rural*, 36(4), 1253-1257.
- PAULINO, V.T., GERDES, L., VALARINI, M.J. e FERRARI JUNIOR, E., 2006. Retrospectiva do uso de leguminosas forrageiras. *Uso de leguminosas forrageiras*, 1, pp.1-47.
- PAULINO, V. T.; BUENO, M. S.; WATANABE, M. H. T.; ABDALLA, A, L. (2010). Composição química e compostos fenólicos em amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) em função da idade da planta. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., 2010, Salvador. Anais... Salvador, 2010.
- PARIS, W., CECATO, U., BRANCO, AF, BARBERO, LM, & GALBEIRO, S. (2009). Produção de novilhas de corte em pastagem de Coastcross-1 consorciada com *Arachis pintoi* com e sem adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Zootecnia* , 38 (1), 122-129.
- PEREIRA, M. W. M., CARVALHO, K. D., & PINTO, L. V. A. (2011). Avaliação da produtividade e adaptabilidade de acessos de amendoim forrageiro para potencial formação/consorciação de pastagens no Sul de Minas Gerais. *Revista Agroambiental*, 3(2), 37-45.
- PERIN, A. (2001). Desempenho de leguminosas herbáceas perenes com potencial de utilização para cobertura viva e seus efeitos sobre alguns atributos físicos do solo. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 144 p.
- PERIN, A., GUERRA, J. G. M., & TEIXEIRA, M. G. (2003). Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(7), 791-796.
- PERRET, X., STAEHELIN, C., & BROUGHTON, W. J. (2000). Molecular basis of symbiotic promiscuity. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 64(1), 180-201.
- PRADO, R. D. M. (2008). Manual de nutrição de plantas forrageiras. *Jaboticabal: Funep*, 1, 261-280.
- PURCINO, H.M.A., CARNEIRO, N.D.S., VARGAS, M. AND MENDES, I.D.C. (2000). Novas estirpes de rizobio para a inoculacao do amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*). *Embrapa Cerrados-Recomendação Técnica (INFOTECA-E)*.
- ROZO, F. A. M. (2017). *Isolamento, caracterização e seleção de bactérias diazotróficas em tomateiro* (Doctoral dissertation, Universidade Federal de Viçosa).
- SÁ, N. D., PINTO, P. P., PASSOS, R. V. M., CARVALHO, J. G., VARGAS, M. A. T., & PURCINO, H. (2001). Seasonal dynamic of native rhizobial populations associated with *Arachis pintoi* in Cerrado soils. *Pasturas Tropicales*, 23(1), 29-31.

SÁ, O. A. A. L. de (2017). Leguminosas forrageiras em pastos consorciados: Métodos para mensurar a composição botânica da dieta e diversidade e eficiência de bactérias fixadoras de nitrogênio em amendoim forrageiro. (Doctoral dissertation, Universidade Federal de Lavras).

SÁ, O. A. A. L., RIBEIRO, P. R. A., RUFINI, M., CRUVINEL, A. F., CASAGRANDE, D. R., & MOREIRA, F. M. S. (2019). Microsymbiont of forage peanut under different soil and climate conditions belong to a specific group of Bradyrhizobium strains. *Applied Soil Ecology*, 143, 201-212.

SHUSTER, M. Z et al. (2011) Enraizamento de estacas de amendoim forrageiro tratadas com AIB. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia* v. 4, n. 2, p. 122-129.

SIMPSON, C. E., VALLS, J. F. M., & MILES, J. W. (1994). Reproductive biology and potential for genetic recombination in *Arachis*. *Biology and agronomy of forage Arachis*, 240. SUEKANE, Renato et al. Damage level of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in soybeans. *Revista Ceres*, v. 59, n. 1, p. 77-81, 2012.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; SILVA, C. A.; ANDRADE, M. J. B.; PEREIRA, J. M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milheto, solteiro e consorciado com feijão-deporco sob cultivo de feijão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.34, p.497- 505, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000200023>.

THOMAS, R. J., ASAKAWA, N. M., RONDON, M. A., & ALARCON, H. F. (1997). Nitrogen fixation by three tropical forage legumes in an acid-soil savanna of Colombia. *Soil Biology and Biochemistry*, 29(5-6), 801-808.

VALENTIM, J. F. (1987). Effect of environmental factors and management practices on nitrogen fixation of rhizoma peanut and transfer of nitrogen from the legume to an associated grass. *Embrapa Acre-Tese* (Doctoral dissertation, University of Florida). Disponível em: <<https://ufdc.ufl.edu/AA00047073/00001/3x>>. Acesso em: 10 fev.2021.

VALENTIM, J.F., CARNEIRO, J.D.C. AND SALES, M.F.L., 2001. Amendoim forrageiro cv. Belmonte: leguminosa para a diversificação das pastagens e conservação do solo no Acre. *Embrapa Acre-Circular Técnica (INFOTECA-E)*.

VALENTIM, J.F. AND MOREIRA, P., 2001. Produtividade de forragem de gramíneas e leguminosas em pastagens puras e consorciadas no Acre. *Embrapa Acre-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)*.

VALENTIM, J. F., ANDRADE, C. M. S. D., MENDONÇA, H. A. D., & SALES, M. F. L. (2003). Velocidade de estabelecimento de acessos de amendoim forrageiro na Amazônia Ocidental. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(6), 1569-1577.

VARGAS, M.A. and HUNGRIA, M., 1997. *Biologia dos solos dos cerrados*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC.

USDA – United States Department of Agriculture. Fertilizer use and price. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/data/fertilizeruse/>>. Acesso em: 27 mar. 2020.

WERNER, D., & NEWTON, W. E. (EDS.). (2005). *Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology, and the environment* (Vol. 4). Springer Science & Business Media.