



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA BACHARELADO

JOSSÂNIA BENILSY DOS SANTOS SILVA CASTRO

**POTENCIALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS EM SISTEMA
AGROSSILVIPASTORIL COM ADUBAÇÃO NITROGENADA**

SÃO LUÍS

2021

JOSSÂNIA BENILSY DOS SANTOS SILVA CASTRO

**POTENCIALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS EM SISTEMA
AGROSSILVIPASTORIL COM ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia Bacharelado do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Prof^ª. Dr. Valéria Xavier de Oliveira Apolinário.

SÃO LUÍS

2021

JOSSÂNIA BENILSY DOS SANTOS SILVA CASTRO

**POTENCIALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS EM SISTEMA
AGROSSILVIPASTORIL COM ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia Bacharelado do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Aprovada em: 06 / 09 / 2021

BANCA EXAMINADORA

Valéria Xavier de Oliveira Apolinário

Prof.(a). Dr.(a) Valéria Xavier de Oliveira Apolinário
Departamento de Zootecnia/CCA/UEMA

Camila Pinheiro Nobre

Prof.(a). Dr.(a) Camila Pinheiro Nobre
Curso de Tecnologia em Gestão do Agronegócio – CESITA/UEMA

Izabela Aline Gomes da Silva

Dr.(a) Izabela Aline Gomes da Silva

Castro, Jossânya Benilsy dos Santos Silva.

Potencialização dos serviços ecossistêmicos em sistema agrossilvipastoril com adubação nitrogenada / Jossânya Benilsy dos Santos Silva Castro. – São Luís, 2021.

51 f

Monografia (Graduação) – Curso de Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão, 2021.

Orientador: Profa. Dra. Valéria Xavier de Oliveira Apolinário.

1.Nitrogênio. 2.Fixação Biológica de Nitrogênio. 3.Sabiá. I.Título.

CDU: 631.84

Elaborado por Giselle Frazão Tavares - CRB 13/665

Dedico aos meus pais Quirina das Dores Silva e João da Cruz Viana Castro por sempre acreditarem nos meus sonhos e ao meu irmão Abnilton Silva (in memoriam).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, por permitir traçar meu caminho e conquistar todos os meus sonhos.

Aos meus pais Quirina das Dores Silva e João da Cruz Viana Castro por todo amor, carinho e persistência para manter o meu sonho e por torná-lo realidade diante todas as dificuldades que transcorreram nesse período. Sou imensamente grata a vocês pela dedicação em me tornar uma profissional com caráter e integridade.

Aos meus irmãos Jordean Richard, Jordiany Richerlly e Jovânia Beatriz por me apoiarem e serem as melhores companhias por alguns intervalos de tempo em todos esses anos longe de casa, também são minha inspiração. Às minhas tias Terezinha e Conceição que me auxiliaram e sempre estiveram dispostas a me ajudar durante a graduação. Por fim, aos meus sobrinhos Antony Gabriel, Vitória, Riany Gabrielly e Ashlay que são a razão da minha persistência.

Aos meus primos Railson, Ronilson, Railan e Paula Roberta por serem companheiros e me ajudarem durante esses anos.

Aos meus amigos da turma de Agronomia 2017.1 que me ajudaram nessa caminhada, obrigada por todos os momentos de conversa, brincadeira e desespero durante a graduação, que cada um possa ser feliz naquilo que almeja. Em especial a Cintya Santos, Gabriel Garcês e Gabriel Dias que foram meu braço direito nessa jornada.

Aos amigos externos que sempre me deram apoio nessa fase tão importante da minha vida, em especial as minhas melhores amigas Anna Karolyna, Sanny Hellen, Thalya Coêlho e Cintya Santos as quais tenho enorme carinho e admiração.

À minha orientadora Prof. Dr. Valéria Xavier de Oliveira Apolinário que depositou em mim a confiança de ser sua orientada, pessoa pela qual tenho enorme admiração e carinho, agradeço por todos os ensinamentos para minha vida pessoal e profissional e como sempre costuma dizer me ensinou a ser uma “forrageira persistente”. Levarei isso para a vida, a não desistir fácil.

À banca examinadora, Prof. Dr. Camila Pinheiro Nobre e Dr. Izabela Aline Gomes da Silva pelas contribuições para a melhoria do trabalho.

Ao grupo de pesquisa GINTEGRA que me acolheu e tenho enorme satisfação em fazer parte. Agradeço a todos os integrantes que me ajudaram nesse processo, em especial a Erika Corrêa, Gislayne Barcelos, Thais Figueiredo, Werley Soeiro, Giselle Carneiro e Maria Karoline.

À UEMA pela possibilidade de realizar o curso de Agronomia e me permitir adquirir tanto conhecimento.

Por fim, a todos que contribuíram direta e indiretamente para que até aqui eu chegasse.

Portanto, ponham em primeiro lugar na sua vida o Reino de Deus e aquilo que Deus quer, e Ele lhes dará todas essas coisas.

Mateus 6:33

RESUMO

Os sistemas agrossilvipastoris quando manejados adequadamente fornecem diversos serviços ecossistêmicos. Objetivou-se avaliar a dendrometria, biomassa, composição química de diferentes frações e estimar a fixação biológica de nitrogênio (FBN) da sabiá, sob diferentes níveis de adubação nitrogenada em sistema agrossilvipastoril. O experimento foi conduzido na Unidade de Referência Tecnológica -URT de ILPF da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), unidade Cocais, localizada no município de Pindaré-Mirim/MA. Foi utilizado o delineamento casualizado em blocos com quatro tratamentos e três repetições. Cada bloco possuía 1 ha e foi dividido em 12 parcelas de 0,25 ha. Os tratamentos foram: sem adubação nitrogenada (0 N); aplicação de 100 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ (100N); aplicação de 200 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹(200 N); aplicação de 400 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹(400 N). Foram utilizados dois animais testadores por piquete, enquanto que os animais de ajustes foram utilizados com base na oferta de forragem de MS por kg de peso vivo animal. Para avaliação de sabiá foi realizada duas coletas com o intervalo de oito meses e foram selecionadas 72 árvores por coleta para determinação do stand de plantas por parcela, comprimento do fuste (CF), densidade, volume, altura de Lorey (hL), diâmetro na altura do peito (DAP), diâmetro na base (DB) e biomassa aérea total (folhas e ramos). Para a composição química da biomassa total (folhas e ramos), foram determinados os teores de proteína bruta (PB), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), carbono (C) e relação C:N, além da FBN (folhas). As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa ProcMixed do SAS University. As médias de cada tratamento foram comparadas por meio do teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. O estande inicial de plantas foi 180 árvores em 2020; DB (7,58 para 9,52 cm); DAP (6,04 para 7,16 cm); CF (aumento de 15,6%); hL (4,83 para 6,54 cm); volume da árvore (0,45 para 0,89 m³); biomassa na fração folhas (23,2 para 206,3 kg.ha⁻¹); biomassa na fração galhos com circunferência <4,9 cm (675 para 995,8 kg.ha⁻¹); biomassa dos ramos intermediários com circunferência 5-10cm (696 para 1.163,9 kg) e a biomassa dos galhos com circunferência >10cm (aumento de 45%), respectivamente. Na composição química das folhas, as concentrações de MM, N e PB foram maiores no segundo ciclo de avaliação com 10,69 g kg⁻¹, 2,64 g kg⁻¹ e 16,48 g kg⁻¹ MS, respectivamente. Na fração galho < 4,9 cm, os teores de MS, MM, MO, N, C:N e PB diferiram entre os ciclos de avaliação. Na fração galho >10, houve diferença significativa para variáveis MM, MO, N e C. No sistema agrossilvipastoril as diferentes doses de adubação nitrogenada não influenciaram na densidade, na biomassa e composição química de sabiá. A FBN de sabiá no sistema agrossilvipastoril não sofreu influência até a dosagem de 200 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹.

Palavras chaves: Dendrometria. Fixação Biológica de Nitrogênio. Sabiá.

ABSTRACT

The agrosilvopastoral systems, when properly managed, provide several ecosystem services. The objective was to evaluate the dendrometry, biomass, chemical composition of different fractions and estimate the biological nitrogen fixation (BNF) of sabiá, under different levels of nitrogen fertilization in an agrosilvopastoral system. The experiment was conducted at the ICLF Technological Reference Unit -URT of the Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa), Cocais unit, located in the municipality of Pindaré-Mirim/MA. A randomized block design with four treatments and three replications was used. Each block had 1 ha and was divided into 12 plots of 0.25 ha. The treatments were: no nitrogen fertilization (0 N); application of 100 kg of N ha⁻¹ year⁻¹ (100N); application of 200 kg of N ha⁻¹ year⁻¹ (200 N); application of 400 kg of N ha⁻¹ year⁻¹ (400 N). Two test animals were used per paddock, while the adjustment animals were used based on the DM forage offer per kg of animal live weight. For sabiá evaluation, two collects were carried out with an interval of eight months and 72 trees were selected per collect to determine the plant stand per plot, stem length (SL), density, volume, height of Lorey (hL), diameter in the breast height (DBH), base diameter (BD) and total aerial biomass (leaves and branches). For the chemical composition of total biomass (leaves and branches), crude protein (CP), dry matter (DM), mineral matter (MM), organic matter (OM), nitrogen (N), carbon (C) and C:N ratio, in addition to BNF (leaves) were determined. Statistical analyzes were performed using the ProcMixed program from SAS University. The means of each treatment were compared using the Tukey test, at the 5% probability level. The initial plant stand was 180 trees in 2020; BD (7.58 to 9.52 cm); DBH (6.04 to 7.16 cm); SL (15.6% increase); hL (4.83 to 6.54 cm); tree volume (0.45 to 0.89 m³); biomass in the leaves fraction (23.2 to 206.3 kg ha⁻¹); biomass in the branch fraction with circumference <4.9 cm (675 to 995.8 kg ha⁻¹); biomass of intermediate branches with circumference 5-10cm (696 to 1,163.9 kg) and biomass of branches with circumference >10cm (increase of 45%), respectively. In the chemical composition of the leaves, the concentrations of MM, N and CP were higher in the second evaluation cycle with 10.69 g kg⁻¹, 2.64 g kg⁻¹ and 16.48 g kg⁻¹, respectively. In the branch fraction < 4.9 cm, the contents of DM, MM, OM, N, C:N and CP differed between the evaluation cycles. In the branch fraction >10, there was a significant difference for variables MM, OM, N and C. In the agrosilvopastoral system, the different doses of nitrogen fertilization did not influence the density, biomass and chemical composition of Sabiá. The BNF of sabiá in the agrosilvopastoral system was not influenced until the dosage of 200 kg of N ha⁻¹ year⁻¹.

Keywords: Dendrometry. Biological Nitrogen Fixation. Sabiá.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Precipitação pluvial e temperatura média mensal nos anos de 2020 e 2021 da região de Pindaré-Mirim - MA.....	26
Figura 2	Distribuição da leguminosa arbórea no sistema agrossilvipastoril, em Pindaré-Mirim – MA.....	28
Figura 3	Croqui da área experimental, da URT de ILPF em Pindaré-Mirim – MA...	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Atributos químicos do solo na profundidade de 0-10, 10-20, 20-30 cm, em novembro de 2019.....	27
Tabela 2	Dendrometria, biomassa e densidade da sabiá (<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth.) em sistema agrossilvipastoril no município de Pindaré Mirim – MA.....	32
Tabela 3	Composição química da sabiá (<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth.) em sistema agrossilvipastoril no município de Pindaré Mirim – MA.....	36
Tabela 4	Isótopos de N e C da sabiá (<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth.) em sistema agrossilvipastoril no município de Pindaré Mirim – MA.....	39

LISTA DE SIGLAS

C	Carbono
CF	Comprimento do fuste
DAP	Diâmetro a altura do peito
DB	Diâmetro da base
FBN	Fixação Biológica de Nitrogênio
hL	Altura de Lorey
ILPF	Integração Lavoura-Pecuária-Floresta
MM	Matéria Mineral
MO	Matéria Orgânica
MS	Matéria Seca
N	Nitrogênio
PB	Proteína Bruta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Sistema Agrossilvipastoril.....	16
2.2 Recuperação de área degradada com sistema agrossilvipastoril.....	16
2.3 Adubação nitrogenada	17
2.4 <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> Benth	19
2.5 Serviços ecossistêmicos prestados por leguminosas arbóreas	21
2.5.1 Suporte.....	21
2.5.2 Regulação	22
2.5.3 Provisão	23
2.5.4 Cultural.....	24
2.6 Importância do babaçu em sistema agrossilvipastoril	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 Histórico da área	27
3.2 Delineamento experimental.....	27
3.3 Avaliação da biomassa e composição química da sabiá.....	29
3.4 Análises estatísticas	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 Dendrometria, biomassa e densidade.....	32
4.2 Composição química da sabiá.....	35
4.3 Fixação biológica de nitrogênio.....	38
5 CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado o maior produtor comercial de bovinos do mundo, em 2020 exportou 2.012.972 toneladas de carne bovina (ABIEC, 2021). Na zona tropical, em que o Brasil está localizado, essa produção é baseada principalmente, em pastagens e monocultura de gramíneas C4 (GOMES DA SILVA et al., 2021). De modo geral, as pastagens são a principal fonte de alimento para os rebanhos bovinos brasileiros, por ser uma prática menos onerosa e mais eficiente para assegurar a posse de grandes extensões de terra (BUSTAMANTE et. al., 2012).

Contudo, 80% das pastagens cultivadas no país apresentam características que as classificam como degradadas, com produtividade incompatível com a condição ideal (COSTA et al., 2013). Essa degradação resulta na estigmatização da pecuária improdutivo e maléfica ao meio ambiente (DIAS-FILHO, 2014). Dessa forma, os sistemas integrados de produção agropecuária que apresentam vários arranjos ou classificações, dentre eles os sistemas agrossilvipastoris, caracterizados pela combinação simultânea ou intercalada de cultivos agrícolas, florestais e criações de animais surgem como alternativa viável para a recuperação de áreas degradadas (PARRON et al., 2019).

Dessa forma, tem sido crescente o reconhecimento de que a produção bovina em pastos consorciados (leguminosas + gramíneas) é mais sustentável em sistema agrossilvipastoril. E a introdução da leguminosa possibilita solucionar problemas como a baixa disponibilidade de nitrogênio nos solos tropicais sob gramíneas e os baixos teores de proteínas na dieta dos animais (TERRA; FLORENTINO, 2019). Nesse contexto, o uso da leguminosa sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.), mostra-se como uma opção em sistema agrossilvipastoril, principalmente devido a sua alta adaptação na região nordeste por prestar inúmeros serviços ecossistêmicos na pastagem.

Entre os serviços prestados desempenha papel importante na composição de paisagens arbóreas, no enriquecimento de capoeiras, na recuperação de áreas degradadas (MAGALHÃES; MARTINS; MEDEIROS, 2019) na forragicultura, possui potencial apícola, realiza fixação biológica de nitrogênio (FBN), sequestro de carbono, cerca viva em diversas regiões do país e sua madeira é utilizada para produção de estacas, mourões e carvão (SOUSA, 2017). Com isso, mostra-se uma alternativa a ser utilizada no sistema de produção que visa aumentar a qualidade nutricional do pasto e dieta dos animais, e possivelmente, reduzir os

custos de fertilização com nitrogênio por meio da a FBN em sistemas integrados (APOLINÁRIO et al., 2016).

Além disso, a presença de babaçu (*Attalea speciosa* Mart.) na microrregião de Pindaré Mirim ressalta a possibilidade de sua utilização na implantação de sistemas agrossilvipastoris, que associado ao extrativismo visa aumentar a produção do produtor quando faz essa atividade e/ou para a melhoria da renda das famílias beneficiadas na região. Esse sistema representa uma forma de uso da terra onde às atividades silviculturais e pecuárias são combinadas para gerar produção de forma complementar pela interação dos seus componentes (PETRI et al., 2014).

As combinações de gramíneas naturais ou cultivadas com o babaçu pode ser uma estratégia econômica e ambientalmente viável para sistemas de produção de bovinos, pois trata-se de uma espécie nativa da região Norte e das áreas de Cerrado com ocorrência concentrada nos estados do Maranhão, Tocantins e Piauí, na região conhecida como Mata dos Cocais (transição entre Caatinga, Cerrado e Amazônia). Essa combinação é de fácil manutenção, sem a necessidade de gastos com a introdução de mudas, manutenção do bosque, resistência aos incêndios, além de não necessitar do isolamento da área de plantio durante os primeiros anos de estabelecimento (GAZOLLA, 2012).

A ocorrência natural do babaçu em sistema agrossilvipastoril por meio do extrativismo emprega, ou mantém ocupadas diversas famílias. Parte do que é coletado pode ser destinado à comercialização e utilizado para subsistência. E desse componente no sistema pode-se extrair até 64 produtos e subprodutos, como biodiesel, metanol, óleo comestível, torta de babaçu, farelo de babaçu, entre outros (TOSTA, 2014).

Nessa perspectiva, sabendo-se da necessidade da utilização de fertilizantes nitrogenados em pastagens, a dosagem correta é fundamental para não tornar inviável devido a seus altos custos, tornando-se necessário assegurar sua máxima eficiência para a manutenção e estabelecimento das pastagens (COSTA et al. 2017). Levando em consideração a necessidade de um rápido estabelecimento do componente florestal, recuperação da área degradada ou para entrada dos animais de forma mais rápida na área recorrer a prática da adubação nitrogenada pode ser eficiente, pois possivelmente permite retorno financeiro mais rápido.

Em contrapartida, uma vez que na região do Trópico Úmido, os altos índices pluviométricos aliados à estrutura frágil dos solos maranhenses, contribuem para baixa eficiência do uso da adubação nitrogenada em lavouras e pastagens (AGUIAR et al., 2010) alternativas como as leguminosas são viáveis para diminuir uso de insumos externos, uma vez

que estas plantas se beneficiam da fixação biológica de nitrogênio atmosférico. Com isso, faz-se necessário o conhecimento da necessidade nutricional da espécie implantada, possibilitando ao produtor aplicar a dose correta de fertilizante, reduzindo os custos com o sistema e obtendo o desenvolvimento desejado.

Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a dendrometria, densidade, biomassa composição química e fixação biológica de nitrogênio de diferentes frações (folhas e galhos) da sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth), sob diferentes níveis de adubação nitrogenada em sistema agrossilvipastoril com babaçu, no trópico úmido maranhense.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema Agrossilvipastoril

Os sistemas agrossilvipastoris são a combinação simultânea ou intercalada de cultivos agrícolas, florestais e/ou criações de animais (PARRON et al., 2019). A implantação desse tipo de técnica agrícola de produção integrada apresenta atualmente uma expansão em área produtiva no país, com expectativa de crescimento para os próximos anos (WINK et al., 2018).

Essa expansão é importante porque os sistemas de produção integrados proporcionam o melhor aproveitamento da área e diversifica a renda do produtor, além de reduzirem o uso de fertilizantes e insumos e recuperar áreas improdutivas ou de baixo potencial. Por exemplo, o Programa de Agricultura de Baixo Carbono é utilizado para aumentar o sequestro de Carbono e Nitrogênio do solo, principalmente por meio de mudanças nas práticas de manejo da terra e a recuperação de pastagens degradadas (BALBINO et al., 2011; WINK et al., 2018).

As principais modalidades de sistemas agrossilvipastoris, segundo Cordeiro et al. (2015) são: agropastoril – sistema em rotação, consórcio ou sucessão que integra na mesma área em diversos períodos ou anos, a produção agrícola e pecuária; integração silvipastoril – integra componentes agrícolas e florestais a partir de consórcios de espécies agrícolas e arbóreas, bem como consórcios anuais rotativos ou por sucessão e pecuária; sistema silviagrícola – envolve a integração florestal e agrícola através de consórcios de espécies arbóreas e agrícolas perenes, outro modo é em consórcios de espécies arbóreas e agrícolas em um sistema rotativo ou de sucessão; ou sistema agrossilvipastoril.

Dessa forma, ao introduzir leguminosas arbóreas no sistema agrossilvipastoril pode-se explorar ainda mais os serviços ecossistêmicos. Essa exploração dos serviços ambientais em ecossistemas de pastagens é uma forma de maximizar a produção, recuperar áreas degradadas, utilizando menos recursos externos, utilizando leguminosas arbóreas, que fornecem vantagens como a elevação da matéria orgânica no solo, conforto para animais e fornecimento de produtos a serem utilizados como fonte de renda complementar ao produtor (SOLORIO et al., 2016; ESPERSCHUETZ et al., 2017).

2.2 Recuperação de área degradada com sistema agrossilvipastoril

O surgimento de áreas degradadas no Brasil tem aumentado ao longo dos anos, ocasionando inúmeros prejuízos ao meio ambiente. Esse processo se caracteriza pela remoção do horizonte superficial do solo, ocorrendo à perda de propriedades edáficas, que favorece a

atuação de processos erosivos, principal causa de degradação dos solos (D'AGOSTIN et al., 2017).

Quanto a degradação das pastagens, tem sido um grande problema para a pecuária brasileira, desenvolvida basicamente a pasto. Estima-se que 80% dos 50 a 60 milhões de hectares de pastagens cultivadas no Brasil encontram-se em algum estado de degradação, esse processo evolutivo acarreta a de perda de vigor, sem possibilidade de recuperação natural e incapaz de sustentar os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais, bem como de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e plantas invasoras (CARVALHO et al. 2017).

Em geral, as causas mais importantes da degradação têm sido relacionadas ao manejo equivocado da pastagem, clima ou fertilidade do solo onde serão implantadas, a má formação inicial e a falta de adubação de manutenção (CARVALHO et al. 2017). Desta forma, têm surgido técnicas de recuperação áreas degradadas, como exemplo, a adoção de sistema agrossilvipastoril.

Nesse sistema, o processo de intensificação da produção apresenta-se como alternativa para ser utilizada em pastagens degradadas, podendo melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo (ALVARENGA et al. 2010). Outro exemplo sistema integrado, pode ser o sistema silvipastoril, onde há o plantio de árvores ou arbustos incorporados ao processo de recuperação da pastagem, em que as árvores criam um microclima, suas folhas evitam o impacto das chuvas reduzindo a erosão e seu sistema radicular mais profundo e denso impede o arraste de nutrientes e translocam os nutrientes, favorecendo assim a absorção dos nutrientes pelas plantas, além de melhorar as características químicas e físicas do solo (CASTRO et al., 2008).

2.3 Adubação nitrogenada

O nitrogênio (N) é uma fonte de nutriente utilizada na manutenção da produtividade e durabilidade da gramínea, sendo o principal componente das proteínas participando dinamicamente da síntese de compostos orgânicos que compõem a estrutura vegetal (ABREU et al., 2020). O N tem influência marcante nos componentes estruturais das forrageiras, destacando-se o comprimento final das folhas e o número de folhas vivas por perfilho que, em última análise, determinam o índice de área foliar da pastagem. Além dessas, pode-se citar outras características estruturais como: relação folha/colmo, relação material vivo/morto,

densidade de folhas verdes e altura do dossel, que interferem na produção e no consumo de forragem pelos animais em pastejo (ALVES et al., 2008; POMPEU et al., 2010).

Além disso, o nitrogênio atua no controle de diferentes processos de crescimento e desenvolvimento do vegetal, em especial na fixação de carbono. Dessa forma, em condições de baixa disponibilidade de N no tecido vegetal, a taxa fotossintética das plantas pode ser afetada diretamente, por meio de efeitos na síntese e atividade da enzima ribulose-1,5-bisfosfato-carboxilase-oxigenase, rubisco, responsável pela assimilação do CO₂ (ROSADO; GONTIJO, 2017).

Nesse contexto, as pastagens cultivadas, principalmente as formadas exclusivamente com gramíneas, necessitam de uma fonte para a reposição do N (química ou biológica), com o objetivo de manter a produção de forragem, e conseqüentemente evitar sua degradação (NABINGER; CARVALHO, 2009). Com as práticas de adubação de pastagens, têm-se alcançado maiores índices de desempenho dos animais em função da maior oferta de forragem, em quantidade e qualidade (SILVA et al., 2013; DUPAS et al., 2016).

No entanto, apesar do uso da adubação nitrogenada em pastagens ser uma opção para intensificar os sistemas de produção animal, aumentando a produtividade, como consequência elevando a taxa de lotação animal (TIECHER et al., 2016) e a ureia ser a fonte mais utilizada pelos produtores em todo o país (ROSADO; GONTIJO, 2017) a utilização de leguminosas arbóreas nos sistemas agrossilvipastoris pode ser uma abordagem possível à intensificação sustentável, além de contribuir com a FBN (TEDESCHI et al. 2015). Assim como o sistema silvipastoril, utilizado também para recuperar pastagens muito degradadas (NARANJO et al., 2012).

Levando-se em conta a fase de engorda de bovinos, a produtividade de carne de uma pastagem degradada está em torno de 2 arrobas/ha/ano, enquanto que numa pastagem recuperada e bem manejada pode-se atingir, em média, 12 arrobas/ha/ano (MACEDO et al., 2013). Em sistemas silvipastoris adubados com nitrogênio Bernardino et al. (2007) avaliaram o desempenho de novilhos de corte pastejando o sub-bosque composto por eucalipto e *Brachiaria brizantha* observaram elevação dos ganhos de peso por unidade de área de animais em pastejo. Os ganhos foram elevados de 57 kg. ha⁻¹ no tratamento sem fertilização, para 216 kg. ha⁻¹ no tratamento contendo as maiores doses de fertilizante nitrogenado (0, 75 e 150

kg.ha¹). Isso demonstra a eficiência do sistema integrado com uma fonte para a reposição do nitrogênio.

Dessa forma, o desenvolvimento de tecnologias em pastagens requer constantemente pesquisas no sentido de se obter diferentes níveis de conhecimento do comportamento de respostas de forrageiras (gramíneas e leguminosas), quais fatores ambientais (abióticos e bióticos) influenciam, modo de utilização e manejo adequados (MARTUSCELLO et al., 2019) e a intensificação dos sistemas cultivados, buscando-se maiores produtividades com menores gastos com insumos externos.

2.4 *Mimosa caesalpinifolia* Benth

A leguminosa *Mimosa caesalpinifolia* Benth, popularmente conhecida como sabiá ou sansão-do-campo, é uma planta da família Fabaceae, a espécie apresenta rápido crescimento, alta capacidade de regeneração e resistência à seca. Além disso, possui potencial para o reflorestamento em áreas de solos tropicais degradados (MELO et al., 2018).

Essa espécie se destaca no Nordeste como uma das principais fontes de estacas para cercas, além de fonte de energia (carvão e lenha), em função da alta densidade (0,87 g cm⁻³) e teor de carbono fixo de aproximadamente 73% (RIBASKI et al., 2003). O tronco geralmente é dotado de acúleos em maior ou menor grau, que pode ser inerme e seu caule jovem é muito espinhoso, perdendo os espinhos à medida que a casca engrossa (CARVALHO, 2007).

Algumas espécies leguminosas, como a sabiá, possuem compostos fenólicos capazes de complexar proteínas, vitaminas, íons metálicos e minerais. Em concentrações moderadas os taninos podem ser utilizados para promover aumento na eficiência na digestão da proteína, dessa forma, a utilização dessas leguminosas taníferas na alimentação de ruminantes influencia positivamente na qualidade da carne (AZEVEDO et al., 2018). A identificação de taninos condensados nas partes da planta, agrega ainda mais valor a espécie, estudos mostram que partes da árvore podem conter um teor de taninos condensados que justifiquem a sua extração. Todas as partes da planta apresentam taninos vegetais, as folhas possuem 5,71%, ramos finos com 4,38% e a cascas com 8,38% de teor de taninos condensados (FADEL, 2011).

As sementes dessa espécie, possuem um tipo de dormência, em que a impermeabilidade do tegumento tem dificultado a produção de mudas, por causa de uma germinação demorada e/ou irregular (GARCIA et al., 2002). Em contrapartida, a planta possui rápida capacidade de brotação, iniciando a partir de sete dias após o corte do tronco e o número

de brotos chega a ser superior a 12, também há a possibilidade da brotação de raízes, formando grandes touceiras semicirculares (CARVALHO et al., 2007).

As leguminosas forrageiras, como a sabiá, podem contribuir significativamente para reduzir o efeito estufa, pois reduz a necessidade de nitrogênio no sistema, resultando em uma menor emissão de N₂O (MACEDO et al., 2013), além de apresentar-se como espécie versátil e de relevante impacto econômico para o nordeste brasileiro, é empregada na confecção de mourões, estacas, postes, lenha e até carvão (ALMEIDA, 2018).

As estacas são amplamente utilizadas, pois até em condições desfavoráveis apresentam vida útil acima de vinte anos mesmo não recebendo nenhum tipo de tratamento (PAREYN; ARAUJO; DRUMOND, 2018). Conforme a Secretaria do Estado da Fazenda do Maranhão (2021) o preço da estaca da sabiá e similares possui preço de R\$ 5,17 para a construção de cercas. Que serve como adicional na renda do produtor.

As plantas da sabiá geralmente em condições naturais estão associadas simultaneamente a fungos micorrízicos arbusculares e bactérias fixadoras de nitrogênio, favorecendo a nutrição da planta, absorção de água e tolerância a estresses abióticos. Por isso, apresenta-se como uma espécie potencial para reabilitação de áreas degradadas, já que apresenta crescimento rápido, rusticidade, pouca exigência nutricional e adaptação as baixas pluviosidades (MAIA, 2019).

A FBN, que pode ser realizada pela sabiá, é considerada a principal via de inclusão do N atmosférico no sistema solo-planta (TERRA et al., 2019). Esse processo de fixação biológica de nitrogênio é realizado por meio de um complexo enzimático denominado nitrogenase, presente em alguns microrganismos conhecidos como diazotróficos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006) que pode ser afetado por fatores ambientais como: acidez do solo, deficiência/excesso de minerais e quantidade de N inorgânico no solo (BARCELLOS et al., 2008).

Dentre os benefícios da leguminosa sabiá, Silva et al. (2013) observaram que a espécie é responsável pelo aumento nos teores de N total da serapilheira e pela redução de sua relação C:N em pastagem. Além disso, a leguminosa funciona como potencial sumidouro de carbono devido à capacidade das árvores de fixar carbono na forma de biomassa (SCHETTINI et al., 2019).

As folhas da sabiá são consumidas pelos animais principalmente como suplemento alimentar nos períodos de escassez, quando fenada. Mas, apesar de ser bem aceita pelos

animais, pode apresentar limitações no uso como forrageira, tendo em vista a ocorrência predominante de ramos com acúleos, dificultam o manejo e a utilização da planta, no caso específico da sabiá, esta redução se dá provavelmente, por uma questão física de apreensão da forragem, visto que, praticamente não observaram diferenças significativas entre a composição bromatológica da forragem oriunda de plantas aculeadas e sem acúleos (VIEIRA et al., 2005).

Dessa forma, a consorciação entre leguminosas e gramíneas é considerada uma ótima opção para ser utilizada em sistemas agrossilvipastoris. Pois, esta técnica agrícola, além de proporcionar incremento na produção de forragem e de apresentar grande potencial a partir da FBN, confere a pastagem melhor qualidade, aumentando seu valor nutritivo, e conseqüentemente fornece proteína na dieta dos animais, destacando-se como alternativa para melhoria do rendimento forrageiro de espécies não leguminosas no sistema consorciado (SADEGHPOUR et al., 2013).

2.5 Serviços ecossistêmicos prestados por leguminosas arbóreas

Os serviços ecossistêmicos representam condições e processos por meio dos quais os ecossistemas contribuem direta e indiretamente para a qualidade e manutenção da vida humana (PARRON et. al., 2019). Os sistemas integrados de produção agropecuária são compreendidos como promotores de serviços ecossistêmicos (BUNGENSTAB; ALMEIDA, 2014). Esses serviços são prestados pelos ecossistemas e pela biodiversidade que em geral, são essenciais ao equilíbrio ecológico planetário e à manutenção das bases da vida no planeta (RAMMÊ; LIMA, 2017).

Atualmente são classificados e agrupados de diversas formas, porém, a classificação mais usada está baseada na Millennium Ecosystem Assessment (2005): serviços de suporte, serviços de regulação, serviços de provisão e serviços culturais.

2.5.1 Suporte

Os serviços de suporte sustentam a funcionalidade dos ecossistemas e, portanto, são necessários para a produção de todos os outros serviços ecossistêmicos (RAMMÊ; LIMA, 2017). Por exemplo, a ciclagem de nutrientes que favorece o fluxo ou a movimentação destes nos diferentes compartimentos do ecossistema de pastagem (solo-planta-animal-atmosfera) (DE SÁ SOUZA et al., 2018).

As leguminosas arbóreas podem contribuir para a conservação e enriquecimento do solo de várias maneiras, incluindo aumento da matéria orgânica e mitigação da acidez, algumas

costumam ter raízes profundas, explorando camadas mais profundas do solo. Além disso, o microclima do solo causado pela sombra da leguminosa no sistema e a serrapilheira, especialmente no horizonte A e a retenção de umidade, também pode ser um fator chave que afeta o aumento da fertilidade do solo (DUBEUX et al. 2017).

Outro serviço corresponde a fixação biológica de nitrogênio. Apesar da atmosfera conter a maior parte do nitrogênio presente no planeta em comparação com todos os outros compartimentos, a sua contribuição no fornecimento de nitrogênio para os cultivos agrícolas, via deposição atmosférica, é praticamente insignificante (DUBEUX JÚNIOR et al., 2006). Dessa forma, para que esse nutriente seja introduzido nos ecossistemas de pastagens de forma natural, ele é incorporado no sistema, dentre outras formas, através da FBN (DIAS-FILHO, 2006) que pode ser realizada por leguminosas arbóreas, que fixam de 24 a 304 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ para diferentes espécies e locais (DUBEUX et al., 2014).

Além disso, através da decomposição, a serrapilheira também fornece nutrientes para o solo, os quais serão reabsorvidos pelas plantas, contribuindo para a manutenção dos ecossistemas terrestres, incluindo as pastagens (SILVA et al., 2007). De acordo com Silva et al. (2013), plantas que apresentam altos teores de nitrogênio em sua biomassa, como as leguminosas, disponibilizam resíduos com baixa relação C:N, o que significa mais rápida decomposição e conseqüentemente, maior taxa de mineralização de nitrogênio para os vegetais. E a adubação de pastagens com fertilizantes nitrogenados, pode resultar em alterações na qualidade da serrapilheira produzida (DE SÁ SOUZA et al., 2018).

2.5.2 Regulação

Os serviços de regulação são benefícios obtidos a partir da regulação das condições ambientais pelos processos ecossistêmicos. Por exemplo, regulação climática, controle hídrico, controle de catástrofes naturais, controle de pragas e doenças; polinização, entre outros (RAMMÊ; LIMA, 2017).

Os sistemas agroflorestais com o uso de leguminosas arbóreas podem sequestrar C na vegetação e no subsolo, reduzindo gases efeito estufa (GEE) da atmosfera (DUBEUX et al., 2017). O solo é considerado o maior reservatório de carbono, atuando como fonte ou depósito de CO₂ atmosférico (ASSEFA et al., 2017). Com isso, vários fatores contribuem de forma significativa no aumento ou diminuição nos estoques e na dinâmica do carbono no solo, dentre eles, destaca-se as mudanças no uso da terra (DUBEUX et al., 2017).

O uso combinado de leguminosas arbóreas, associadas a bactérias fixadoras de N e fungos micorrízicos arbusculares foi capaz de recuperar terras degradadas após 13 anos de estabelecimento e restabelecer o processo de ciclagem de nutrientes dentro do sistema. As leguminosas adicionaram em média 1,73 ton. C ha⁻¹ ano⁻¹ e 0,13 ton. N ha⁻¹ ano⁻¹, durante o período de 13 anos (MACEDO et al. 2008).

Muitos benefícios também surgem da sombra da leguminosa arbórea, alguns deles geralmente imperceptíveis, a sombra das árvores, por exemplo, pode beneficiar a bioatividade do solo (VALLEJO et al., 2010). Muitas forrageiras se desenvolvem em ambientes sombreados por causa da redução do estresse de temperatura e evapotranspiração (DUBEUX et al., 2017). A sombra também pode mitigar o estresse térmico em animais, especialmente em climas críticos, horários do dia ou estações do ano (KARKI; GOODMAN, 2010). Essas reduções de estresse podem promover melhores ganhos e maiores taxas reprodutivas (BUSSONI et al., 2015).

2.5.3 Provisão

Os serviços ecossistêmicos de provisão englobam os produtos obtidos dos ecossistemas. Estes incluem, os alimentos para humanos, forragem para os animais, fibra, combustível, recursos genéticos, bioquímicos, medicamentos naturais, recursos ornamentais e água doce (DUBEUX et al., 2017).

A madeira do sabiá apresenta alta durabilidade mesmo quando exposta à umidade ou em contato direto ao solo, em razão da sua elevada densidade contribui para alto poder calorífico e bom desempenho físico-mecânico de sua madeira, além disso, apresenta-se como espécie versátil e de relevante impacto econômico (ALMEIDA, 2018).

É bastante utilizada como cerca viva em diversas regiões do país e sua madeira é utilizada para produção de cercas, mourões e carvão (SOUSA, 2017). No entanto, o processo de biodegradação natural causado por fungos, cupins e brocas, aliado a ação dos fatores edafoclimáticos, podem acelerar desgaste da madeira exposta ao ambiente (NOGUEIRA JUNIOR et al., 2016).

A disponibilidade de madeira de boa qualidade para a construção de cercas tem se restringido cada vez mais. Com isso, o que se nota é a elevação dos preços, levando o agricultor a buscar novas opções que contemplem modelos mais econômicos e ambientalmente adequados (ALMEIDA, 2018). Além disso, o alto teor de lignina e a alta densidade (0,80 g/cm³) conferem

à madeira do sabiá potencial para a produção de carvão. Isso tem proporcionado a incorporação de uma renda adicional aos pequenos agricultores da região durante os meses de estiagem (BARBOSA et al., 2008).

2.5.4 Cultural

Os serviços culturais são benefícios não materiais que as pessoas obtêm dos ecossistemas através do enriquecimento espiritual, desenvolvimento cognitivo, reflexão, recreação e experiências estéticas. Por exemplo, atividades espirituais, contemplativas, educacionais e recreacionais (RAMMÊ; LIMA, 2017).

Dessa forma, as plantas não têm apenas potencial para aumentar a produtividade primária, mas também aumentam a capacidade das pastagens de fornecer serviços ecossistêmicos e estéticos para os humanos, que são frequentemente negligenciados, em comparação com outros serviços fornecidos pelas árvores no sistema (DUBEUX et al., 2017). As possíveis razões para isso, são que esses serviços ecossistêmicos são profundamente pessoais e intransferíveis dentro da sociedade; no entanto, são extremamente importantes para o bem-estar dos seres humanos (LABAND, 2013).

Portanto, existe a perspectiva de que sistemas agropecuários mais simplificados sejam substituídos por sistemas ecologicamente mais complexos como sistemas integrados de produção agropecuária, dentre estes os sistemas agrossilvipastoris. Os benefícios da adoção desses sistemas podem orientar a retirada de subsídios implícitos ou ocultos dos sistemas baseados no uso excessivo dos recursos naturais, ou daqueles que reduzam os serviços ecossistêmicos, transferindo-os para sistemas que contribuam para a provisão (PARRON et. al., 2019).

2.6 Importância do babaçu em sistema agrossilvipastoril

O babaçu (*Attalea speciosa* Mart.) representa o principal produto do extrativismo vegetal do Maranhão, estando presente na vida das quebradeiras de coco e da população rural maranhense através das variadas utilidades dos seus coprodutos. No estado, o setor rural maranhense pode ser um dos mais produtivos do País, pois é imensa sua disponibilidade de recursos naturais. Dos recursos naturais ainda abundantes no estado, destaca-se a palmeira de babaçu, que surge como cobertura secundária depois da derrubada da floresta (LEMOS; SOUZA, 2018).

A palmeira de babaçu é uma árvore robusta, podendo atingir até 20 m de altura, produzindo de 15 a 25 frutos (cocos) dispostos em cachos, contendo até seis cachos por palmeira. Esses cocos, conhecido também como amêndoas, possuem minerais, fibras, proteínas e carboidratos, sendo assim uma ótima fonte de nutrientes (HUNALDO et al., 2020). Em sistemas agrossilvipastoril, as espécies nativas, como o babaçu, podem ter maior probabilidade de êxito quando comparadas às cultivadas, porque já estão adaptadas ao meio, principalmente no referente ao clima e ao solo (GONÇALVES et al., 2015).

Segundo Gazzola (2012), o modelo produtivo de sistema integrado mais utilizado na região da Amazonia Legal Maranhense é a associação do componente arbóreo nativo, o babaçu com gramíneas do gênero *Brachiaria sp.* Esse sistema é uma integração natural entre pecuária e floresta em ambientes de cultivo já preconizados, não é exatamente um modelo facultativo de produção.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Unidade de Referência Tecnológica - URT de Integração - Lavoura - Pecuária - Floresta (ILPF) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, unidade Cocais, localizada no município de Pindaré Mirim – MA, Brasil. Localizada entre as coordenadas geográficas 3° 46' 9.12'' S de latitude, 45° 30' 1.44'' W de longitude e 33 m ao nível do mar. O clima da região é do tipo Aw, segundo Köppen (1948), caracterizado por apresentar um clima tropical chuvoso com nítida estação seca e com uma média de precipitação de 2.100 mm ano⁻¹ (Figura 1), com temperatura variando de 29°C, a 26°C (INMET, 2021).

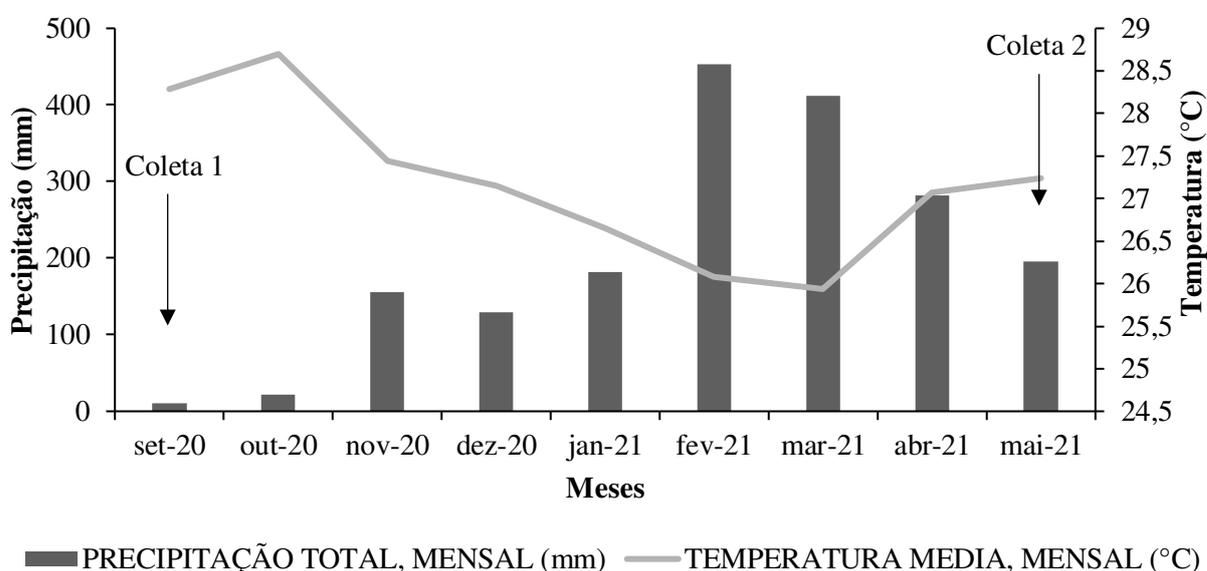


Figura 1. Precipitação pluvial e temperatura média mensal nos anos de 2020 e 2021 da região de Pindaré-Mirim - MA.

O solo da microrregião de Pindaré-Mirim é classificado como Plintossolo Argilúvico Distrófico típico (GARCIA, 2015), com variações no relevo de suave-ondulado a ondulado, sendo recoberto originalmente por vegetação de Floresta Ombrófila Aberta de Terras Baixas (ROCHA et al. 2020). No início das avaliações do experimento em novembro de 2019 foi realizado análise química do solo de acordo com a Embrapa (2017), encontrando os seguintes resultados (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos do solo na profundidade de 0-10, 10-20, 20-30 cm, em novembro de 2019.

Profundidades (cm)	MO	pH	P	K	Ca	Mg	NaSB	Al	H	CTC	V
	gkg ⁻¹	CaCl	mg dm ⁻³	(ccmolc.dm ⁻³)							
0-10	4,0	5,1	5,6	4,7	2,4	1,2	8,949,6	0,0	20,3	69,9	70,9
10-20	3,0	4,8	4,0	3,9	1,7	1,1	6,538,4	0,0	16,3	54,7	70,2
20-30	3,0	4,2	2,3	3,3	2,0	0,5	6,534,8	3,3	16,6	54,7	63,6

3.1 Histórico da área

A área experimental com sistema agrossilvipastoril foi implantada no ano de 2017 em substituição à pastagem degradada de massai, possuindo 3 ha com média de 28 palmeiras de babaçu (*Atallea speciosa* Mart) distribuídas aleatórias por hectare. O plantio da sábia foi feito em mudas com dois meses produzidas no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Maranhão - Campus Maracanã. Foram transplantadas com 50 cm de altura com espaçamento de 3 m x 2 m x 30 m entre fileiras duplas. Em 2018 e 2019 foram realizadas podas, com a retirada dos galhos mais finos e distorcidos, permanecendo de um a três fustes por plantas com objetivo de deixar os mais retos e grossos para servir de estaca.

Na instalação do experimento, o plantio do milho e da pastagem foram feitos em consórcio, no primeiro ano foi plantado uma safra de milho híbrido KWS9304, antes da formação da pastagem de *M. maximus* cv. Massai, consorciado com dois componentes arbóreos babaçu e sabiá. Para adubação da área foi utilizado 1,0 ton. ha⁻¹ de calcário dolomítico para o cultivo do milho, após 15 dias da semeadura foi aplicado uma subdosagem dos herbicidas Atrazina e Nicosulfuron para atrasar o desenvolvimento da forragem, que associada ao sombreamento do milho diminuiria a competição por nutrientes do solo. A adubação da cultura do milho foi realizada da seguinte maneira: adubação de fundação = 400 kg/ha⁻¹ da fórmula (04 - 30 - 10 + Zn); 1ª adubação de cobertura = 200 kg/ha⁻¹ da fórmula (36-00-30), após 10 dias da emergência do milho; e a 2ª adubação de cobertura = 200 kg/ha⁻¹ da fórmula (36-00-30), 20 dias após a primeira adubação de cobertura.

3.2 Delineamento experimental

A área experimental foi composta por 3 hectares, com 28 palmeiras de babaçu (*Atallea speciosa* Mart.) em média em cada hectare. O delineamento foi feito em blocos casualizados com três repetições, totalizando três blocos. Cada bloco possuía 1 ha, subdividido em quatro

piquetes, cada piquete tinha área de 0,25 ha com uma média de 51 árvores da sabiá por piquete dispostos em fileira dupla 30 m x 3 m x 2 m (Figura 2).

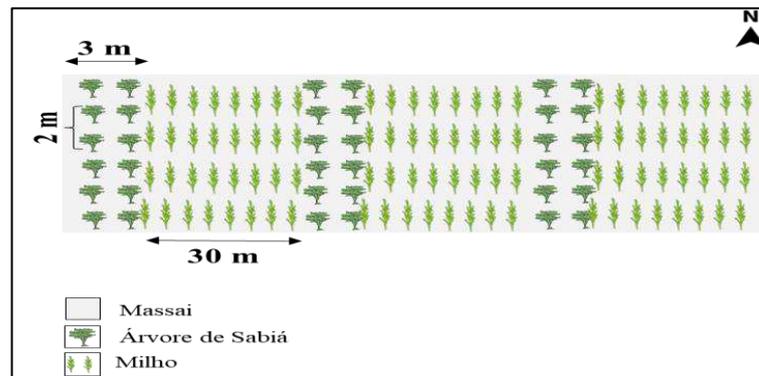


Figura 2. Distribuição da leguminosa arbórea no sistema agrossilvipastoril, em Pindaré-Mirim - MA.

Cada piquete foi correspondente a um tratamento da combinação do uso da leguminosa, e doses de adubação nitrogenada, resultando em quatro tratamentos: (I) Controle, sem adubação nitrogenada; (II) Aplicação de 100 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ (N), (III) Aplicação de 200 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ de N; (IV) Aplicação de 400 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ (Figura 3). As adubações nitrogenadas foram realizadas com ureia e parceladas em quatro doses iguais no ano de 2020 nos meses de maio, abril, junho e julho e em 2021 no período chuvoso nos meses janeiro, fevereiro, março e abril. O adubo foi distribuído manualmente após cada intervalo de 28 dias.

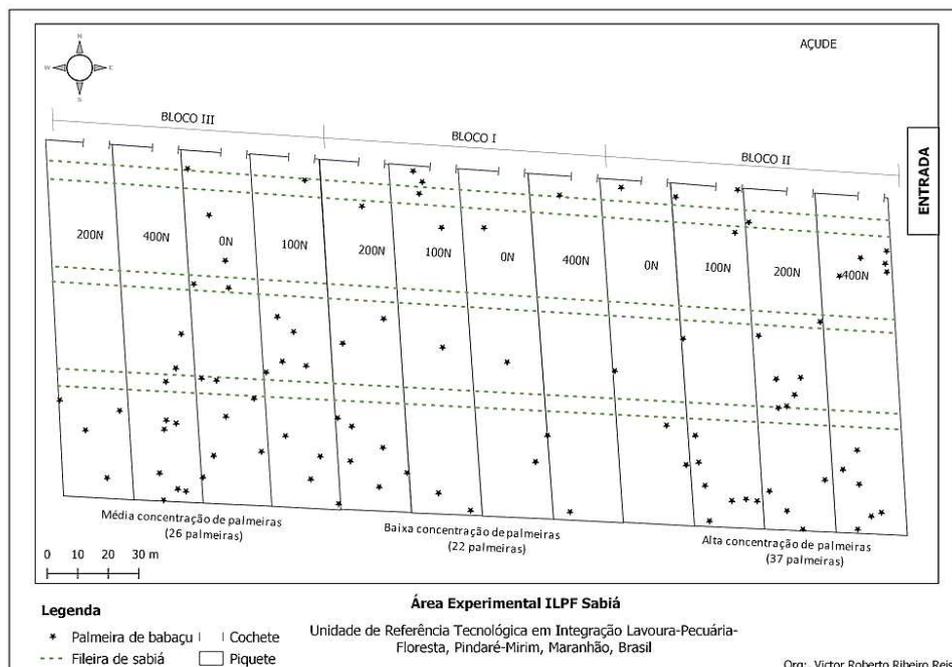


Figura 3. Croqui da área experimental, da URT de ILPF em Pindaré-Mirim - MA.

Para manejo dos animais o método utilizado foi de Método de pastejo em lotação contínua com carga variável, conforme metodologia proposta por Mott e Lucas (1952). Em que o ajuste dos animais nos piquetes foi adaptado conforme recomendação de Sollenberger et al. (2005), ajustando a oferta de forragem por meio da relação direta entre massa de forragem verde seca e o peso vivo dos animais. Assim, os animais testadores permaneceram nas parcelas pelo tempo necessário e, quando possível, foi utilizado um número variável de animais de ajuste para a manutenção da oferta de forragem.

Os animais do experimento eram novilhos anelados machos não castrados, com peso médio de 180 kg que foram distribuídos nos tratamentos de acordo com a oferta de forragem. Foram utilizados dois animais “Terstes” por piquete, enquanto que os animais “ajustes” eram utilizados de acordo com a disponibilidade de forragem. A cada 28 dias os animais foram pesados e realizado controle de endo e ectoparasitas a cada três meses. Tanto o sal mineral quanto a água eram disponibilizados para consumo “ad libitum” em todos piquetes com cerca elétrica com potência de 8 volts.

3.3 Avaliação da biomassa e composição química da sabiá

As coletas para avaliação da sabiá foram realizadas nos meses de setembro de 2020 e maio de 2021, derrubando seis árvores por parcela (uma em cada fileira), totalizando 72 árvores coletadas na área experimental. O critério usado para o abate da sabiá foi feito com base no porte das árvores e no número de fustes, sendo duas de porte baixo com um fuste, duas de porte médio com dois fustes e duas de porte alto com três fustes, visando a representatividade da área.

Para a avaliação das variáveis dendrométricas e biomassa aérea da sabiá, as duas coletas foram realizadas com intervalo de oito meses, que se corresponderam com as idades 3 e 4 anos, a partir da implantação. As árvores selecionadas foram caracterizadas em relação às variáveis estande de plantas (número de árvores por parcela), número de fustes (ramificações entre 0-25 cm do solo) por planta, diâmetro na altura do peito (DAP) dos fustes, diâmetro na base (DB) utilizando fita métrica e biomassa aérea total e por partes das plantas, folhas e fuste; em que os ramos finos possuíam < 5,9 cm de circunferência; ramos médios 6-10 cm de circunferência e ramos grossos > 10 cm de circunferência utilizando uma balança.

Posteriormente, foi realizado o abate das seis árvores por parcela a 25 cm de altura do solo, em cada parcela experimental, com medição do comprimento do(s) fuste (s), considerando a porção entre a altura de corte e as últimas ramificações da copa (MOURA et al., 2006), para a estimativa da altura de Lorey (hL) conforme a seguinte expressão:

$$hL = \frac{(\sum_i^n h_i \times g_i)}{(\sum_i^n g_i)}$$

Em que: hL = altura de Lorey; h_i = altura do i-ésimo indivíduo; g_i = área basimétrica do i-ésimo indivíduo; i = 1, 2, n.

Adicionalmente foi realizada cubagem de cada árvore, considerando a medição dos diâmetros ao longo dos fustes nas seções a 0 m (base); 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 3,0 m e, a partir daí, a cada metro, até o limite mínimo de 3,0 cm de diâmetro, para a estimativa do volume da madeira, de acordo com a equação de Smalian (LAAR; AKÇA, 2007):

$$\text{Volume total (Vt)} = \sum_{i=1,2,\dots,n}^n V_i = V_1 + V_2 + V_3 + V_n$$

$$V_t = \frac{d_1 + d_2}{2} \times L + \frac{d_2 + d_3}{2} \times L + \frac{d_3 + L_n}{3}$$

Sendo, V₁, V₂, ... n o volume de cada seção ao longo do fuste, d₁, d₂, ...3 o diâmetro da seção e L o comprimento da seção correspondente.

Para determinação das biomassas das folhas e dos ramos foram pesados no campo logo após a separação; as subamostras das folhas foi composta por 500 g de folha verde de todas as árvores de cada piquete e as subamostras dos galhos de 1000 g de cada árvore abatida. Após esse processo todas as subamostras foram encaminhadas para a Universidade Estadual do Maranhão e analisadas no Laboratório de Nutrição Animal – LANA, a princípio foram secas em estufa a 55°C por 72 h até atingir peso constante, para a umidade da amostra sem desnaturar as proteínas.

As amostras retiradas da estufa foram pesadas novamente após pré secagem (peso seco) e moídas em moinho de facas tipo Willey, nas frações das folhas e galhos foram avaliadas matéria seca (MS), proteína bruta (PB) pelo método de *Kjeldahl*, cinzas, matéria orgânica (MO), utilizando a metodologia de análise descrita por Detmann et al., (2012), carbono pela metodologia de Bezerra Neto e Barreto (2011). Na fração folha moída em moinho de bola também foi avaliado a proporção de N proveniente da fixação biológica. Para determinação das proporções de N fixado simbioticamente em cada fração, foi usada à metodologia da abundância natural de 15N (FREITAS et al. 2010). Foram colhidas plantas de referência babaçu (*Attalea speciosa* Mart.), cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) e mangueira (*Mangifera indica*

L.) que não fixam nitrogênio, crescendo em áreas adjacentes ao experimento dois metros aproximadamente.

Nas amostras da sabiá e das plantas de referência foram determinadas as concentrações de ^{14}N e de ^{15}N por espectrometria de massa, na University of Flórida (UF). Com os valores de ^{14}N e de ^{15}N das leguminosas e das plantas de referência foram calculados seus valores de $\delta^{15}\text{N}$, que são os desvios por mil (‰) da abundância de ^{15}N da amostra em relação ao padrão, no caso o N_2 atmosférico, usando a equação:

$$\delta^{15}\text{N} = \left(\frac{^{15}\text{N}/^{14}\text{N} \text{ da amostra}}{^{15}\text{N}/^{14}\text{N} \text{ do padrão}} - 1 \right) * 1000$$

Em que $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ da amostra e $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ do padrão são as razões dos dois isótopos. Para o cálculo da proporção de N da planta derivado do ar (% N_{dda}) foi usada a equação (SHEARER; KOHL, 1989):

$$\text{Ndda} = \left(\frac{\delta^{15}\text{N} \text{ da amostra} - \delta^{15}\text{N} \text{ da fixadora}}{\delta^{15}\text{N} \text{ da referência} - B} \right) * 100$$

Em que: $\delta^{15}\text{N}$ das frações das referências e das fixadoras são os desvios (‰) da abundância de ^{15}N da amostra em relação ao N_2 atmosférico e B é o valor de $\delta^{15}\text{N}$ da planta fixadora cultivada na ausência de N. Para a sabiá o valor B = -1,23‰ (REIS JR et al., 2010).

A densidade básica dos ramos foi determinada por meio dos volumes de corpos de prova, com 10 cm de comprimento, coletados a 0,5 e 1,5 m do solo, pelo método de imersão em água (Vital, 1948) de acordo com a norma ABNT NBR 11941 (ABNT, 2003).

3.4 Análises estatísticas

As análises estatísticas dos dados foram realizadas utilizando-se o PROC MIXED do pacote estatístico SAS® (*Statistical Analysis System*). As médias de cada tratamento foram comparadas por meio do teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dendrometria, biomassa e densidade

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) para todas as variáveis de dendrometria avaliadas em cada coleta, mas não houve entre os tratamentos ($P > 0,05$). De acordo com o estande inicial de plantas da sabiá em setembro de 2020 ocorreu uma mortalidade de 8 % das árvores (Tabela 2). Provavelmente devido à presença de cumpinzeiros, ventanias recorrentes na área experimental e algumas não rebrotaram após o abate devido ao período de escassez hídrica.

Tabela 2. Dendrometria, biomassa e densidade da sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) em sistema agrossilvipastoril no município de Pindaré Mirim – MA.

Variáveis	Ciclos de avaliação		EPM	Valor- <i>P</i>
	Set - 2020	Mai - 2021		
Dendrometria				
Estande(árvores/ha)	180 A	165 B	8,9	0,0248
DB (cm)	7,58 B	9,32 A	0,32	<0,001
DAP (cm)	6,04 B	7,16 A	0,22	0,004
CF (cm)	4,57 B	6,96 A	0,22	<0,001
hL (m)	4,83 B	6,54 A	0,25	0,001
Vol (m ³)	0,45 B	0,89 A	0,05	<0,001
Densidade (g/mL)				
0,5 m (DB)	0,70 B	0,79 A	0,01	<0,001
1,5 m (DAP)	0,52 B	0,72 A	0,01	<0,001
Biomassa (kg/ha)				
Folha	23,2 B	206,3 A	20,3	<0,001
Galhos				
< 4,9 cm	675,0	995,8	123,8	0,116
5-10 cm	696,0 B	1163,9 A	105,7	0,017
> 10 cm	2014,0 B	3716,4 A	324,9	0,001
Total	3409,1 B	6082,4 A	486,5	0,002

Em que: DB: Diâmetro da base; DAP: diâmetro à altura do peito; CF: Comprimento do fuste; hL: Altura de Lorey; Vol: Volume da tora; * Em relação à Circunferência; EPM: erro padrão da média. As letras maiúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente entre si.

Para diâmetro da base (DB) não ocorreu diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos nas duas coletas, apenas entre os ciclos de coleta, com aumento nos valores de 7,58 cm para 9,52 cm (Tabela 2). Quanto ao DAP que apresentou valor de 6,04 cm na primeira coleta, é possível perceber que nas condições do trópico úmido a sabiá com três anos de idade em sistema agrossilvipastoril já apresenta DAP com médias superiores quando comparado ao

sabiazal encontrado por Suassuna (2003), em sabiá com seis anos de idade com taxa de incremento médio de 0,8 cm ao ano no DAP.

No segundo ciclo de coleta em que a sabiá está com 4 anos de idade o DAP foi 7,16 cm. Esse resultado indica que as plantas neste experimento possuem o valor de DAP para a produção de estacas e podem ser abatidas conforme Carvalho et al., (2004) que utilizou DAP de mínimo 7 cm para a produção de estacas com de 2,2 metros de comprimento, em sistema agrossilvipastoril.

Somado ao DAP o tipo de crescimento mais ereto das plantas da sabiá, permite obter uma melhor madeira comercial (CARVALHO, 2007). A avaliação dessa variável nas condições de trópico úmido no Maranhão, foi superior, ao encontrado por Apolinário et al., (2015) ao avaliarem a sabiá com cinco anos de idade na Mata Seca do Estado de Pernambuco e encontraram o DAP de $5,4 \pm 0,39$ cm.

Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) para o comprimento do fuste (CF) entre os tratamentos em cada coleta. Mas, entre os ciclos de coleta houve um aumento significativo ($P < 0,05$) de 32% (Tabela 2). Segundo a Ribaski (2003) o incremento médio de crescimento da sabiá é de 1 metro de altura por ano. Isso demonstra que a sabiá nesse experimento apresentou crescimento superior em sistema agrossilvipastoril, cerca de 2 m em apenas 8 meses (intervalo entre as coletas), nas condições do trópico úmido no período chuvoso. Conforme Miranda; Junior; Gouveia (2015) o crescimento rápido do sabiá é uma vantagem da espécie, em que o maior potencial de produção de biomassa permite uma maior perspectiva futura de lucro, considerando a capacidade produtiva da área implantada.

Para altura de Lorey (hL) não houve diferença significativa entre os tratamentos nas duas coletas ($P > 0,05$), mas entre os ciclos de coleta houve aumento significativo ($P < 0,05$) de 35% (Tabela 2). Apolinário et al., (2015) encontram médias de hL de 5,0 m e 5,9 m de altura entre três e cinco anos de idade das árvores de sabiá, respectivamente, resultado inferior ao presente trabalho em que o sabiá com quatro anos de idade já possuía hL igual a 7,16 m. Essa estimativa da equação de Lorey representa a altura média das árvores, ponderada por sua área basal e pela natureza desta variável, em que o tempo de avaliação pode ter favorecido a elevação na biomassa total produzida, principalmente em relação ao volume (ANGULO, 2020).

O volume da madeira da sabiá evoluiu de $0,45 \text{ m}^3$ para $0,89 \text{ m}^3$, superior ao avaliado por Angulo (2020) cujo volume no último ciclo de coleta foi de $0,33 \text{ m}^3$ nas árvores da sabiá com sete anos de idade na Zona da Mata Norte de Pernambuco. A densidade básica da madeira não apresentou diferença significativa entre os tratamentos nas duas coletas ($P > 0,05$), mas entre

os ciclos de coleta houve aumento 11% e 27% para as distâncias de 0,5 m e 1,5 m do fuste, respectivamente (Tabela 2). Gonçalves et al., (2010) em estudo sobre a caracterização físico-química da sabiá, encontraram valores de densidade básica de $0,78 \text{ g/cm}^3$, sendo este valor semelhante ao encontrado no presente trabalho, enquanto Nascimento et al. (2017) obtiveram valor médio de $1,04 \text{ g cm}^{-3}$ na densidade da sabiá, onde confirmaram a excelente qualidade da madeira, assegurando seu uso na construção civil.

Os resultados de biomassa das folhas, galhos finos, médios e grossos, não apresentaram diferenças estatísticas ($P>0,05$) entre os diferentes níveis de adubação nos dois ciclos de coleta (Tabela 2). Provavelmente o uso da ureia não contribui como fonte externa de N para a produção de biomassa em sistema agrossilvipastoril com leguminosas fixadoras para os tratamentos impostos. Levando em consideração que a eficiência de utilização de N é maior em plantas C4, uma vez que menor quantidade da enzima rubisco é requerida para a assimilação de CO_2 do que em plantas C3. A maior taxa fotossintética por unidade de N resulta em maiores taxas de desenvolvimento e de expansão foliar (MARTINS, 2015) e pelo fato da leguminosa sabiá ser uma planta com metabolismo C3 a assimilação de N pode ter ocorrido de forma mais lenta.

Quanto aos ciclos de coleta a fração folhas apresentou uma média de $23,2 \text{ kg ha}^{-1}$ na primeira coleta, considerada baixa em relação a segunda coleta que a média aumentou para $206,3 \text{ kg ha}^{-1}$ coincidindo ao período chuvoso, ou seja, o incremento foi 11%, que pode ser explicado pelo aumento da precipitação no período avaliado. De acordo com Apolinário et al., (2016) no período seco, pode ocorrer menor fração de folhas devido a queda que consequentemente, contribuem para a formação de serrapilheira.

Além disso, embora a fração folhas apresente quantidade reduzida durante a estiagem, tem potencial para os animais consumirem de forma *in natura* ou conservada. Além de afetar diretamente a reciclagem de nutrientes, apresentam maiores teores de nitrogênio e mineralizam mais rapidamente que os ramos (FREIRE, 2010) com potencial de cobertura e incorporação de matéria orgânica ao solo, com possível aumento da produtividade do pasto, a longo prazo (MELLO et al., 2014; APOLINÁRIO et al., 2015; APOLINÁRIO et al., 2016). Apolinário et al., (2015) encontraram uma deposição de serrapilheira pelo sabiá de 4.540 kg/ha .

A fração galhos (< $4,9 \text{ cm}$) de circunferência não apresentou diferença significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos e entre os ciclos de coleta, em que as médias variaram de $675,0 \text{ kg ha}^{-1}$ a $995,8 \text{ kg ha}^{-1}$ nos dois ciclos de coleta, respectivamente (Tabela 2). A biomassa de ramos intermediários com 5-10 cm de circunferência não teve diferença significativa ($P>0,05$)

entre os tratamentos nas duas coletas, mas houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os ciclos de coleta, que aumentou 60%. Essa fração serve como alternativa para alimentar fornalhas em padarias e olarias e as frações dos galhos finos, por apresentarem velocidade de decomposição mais rápida de acordo com Apolinário et al., (2016) e servem como alternativa de proteção e retorno de nutrientes na pastagem.

Em relação aos galhos com circunferência > 10 cm não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos, mas entre os ciclos de coleta aumentou 45%. O valor comercial das estacas de sabiá conforme a Secretaria do Estado da Fazenda do Maranhão (2021), com diâmetro maior que sete cm é estimado aproximadamente entre R\$ 5,17 (com 2,2 m de comprimento), estas estacas, que correspondem aos ramos grossos do presente trabalho, potencialmente podem contribuir no incremento da renda do produtor, principalmente no sistema agrossilvipastoril com sabiá.

Em todos os tratamentos a média foi de 2 fustes por planta e o estande foi de 55 árvores por hectare, levando em consideração que as plantas da sabiá estão com altura média de 6,5 metros e que a estaca comercial deve apresentar 2,2 metros, é viável a retirada de seis estacas por planta totalizando 330 estacas por hectare. O preço da estaca no mercado custa R\$ 5,17, com isso, o acréscimo na renda do produtor com a venda das estacas será de R\$ 1.706,2 por hectare comparado a um sistema de monocultivo, sem levar em consideração outros serviços ecossistêmicos, como regulação, cultural e suporte prestados por leguminosas no sistema.

Outra alternativa de comercialização da madeira de sabiá é para produção de lenha (fustes com circunferência $> 5,0$ cm e < 10 cm e 1 metro de comprimento). Após quatro anos de cultivo, o sabiá produziu $1163,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de lenha. O preço do metro cúbico de lenha na região custa R\$ 45,00 o que agregaria um valor de R\$ 26.187, 75 por hectare/ano a renda do produtor.

4.2 Composição química da sabiá

Na fração folha, houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os ciclos de avaliação para as variáveis matéria mineral (MM), nitrogênio (N), carbono (C), relação C:N e proteína bruta (PB) (Tabela 3). As concentrações de MM, N e PB foram maiores ($P < 0,05$) no segundo ciclo de avaliação com $10,69 \text{ g kg}^{-1}$, $2,64 \text{ g kg}^{-1}$ e $16,48 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. A concentração de carbono foi maior ($P < 0,05$) no primeiro ciclo de coleta ($47,26 \text{ g kg}^{-1}$), assim como a relação C:N que foi de 24.

Tabela 3. Composição química da sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) em sistema agrossilvipastoril no município de Pindaré Mirim – MA.

	MS (kg MS ha ⁻¹)	MM (g kg ⁻¹)	MO (g kg ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	C (g kg ⁻¹)	C:N	PB (g kg ⁻¹ MS)
Folha							
Set/20	31,69	6,54 B	93,46	1,88 B	47,26 A	24,83 A	12,90 B
Mai/21	30,24	10,69 A	89,31	2,64 A	33,54 B	12,76 B	16,48 A
EPM	0,59	0,38	0,00	0,07	0,60	0,86	0,48
Valor- <i>P</i>	0,0821	0,0002	0,7667	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0003
Galho < 4,9 cm circunferência							
Set/20	46,47 A	4,92 A	95,18 B	0,67 B	47,88	73,67 A	4,45
Mai/21	35,65 B	2,72 B	97,28 A	0,80 A	45,00	56,34 B	5,02
EPM	1,55	0,35	0,32	0,03	1,28	4,18	0,23
Valor- <i>P</i>	0,0001	0,0008	0,0006	0,0116	0,1973	0,0019	0,0757
Galho 5 – 10 cm circunferência							
Set/20	51,58 A	2,94	97,06	0,61 B	46,56	77,40 A	4,11
Mai/21	41,01 B	2,33	97,67	0,72 A	44,51	61,88 B	4,52
EPM	1,32	0,22	0,22	0,03	0,72	2,65	0,18
Valor- <i>P</i>	0,0003	0,1459	0,1459	0,0185	0,0499	0,0094	0,1275
Galho > 10 cm circunferência							
Set/20	50,65	1,48 B	98,52 A	0,63 B	45,94 A	69,68	4,22
Mai/21	48,07	1,92 A	98,08 B	0,73 A	42,96 B	59,32	4,54
EPM	1,28	0,15	0,15	0,02	0,68	2,91	0,14
Valor- <i>P</i>	0,1957	0,0369	0,0369	0,0189	0,0153	0,072	0,1738

MS: matéria seca; MM: matéria mineral; MO: matéria orgânica; N: nitrogênio; C: carbono; C:N: relação C:N; PB: proteína bruta; EPM: erro padrão da média. As letras maiúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si.

Para a variável matéria seca na fração das folhas (MS) não houve diferença significativa entre os tratamentos e os ciclos de coleta. No entanto, ao avaliar os teores de matéria seca nas folhas de sabiá Almeida (2006) encontrou valores de 46,5% e 17,5%, respectivamente para as estações seca e chuvosa; corroborando com o que aconteceu no presente trabalho em que o teor de matéria seca foi maior numericamente (31,69 kg MS ha⁻¹) na estiagem em comparação a época chuvosa.

Devido a composição química apresentar alta correlação com o consumo, os teores de MS, assumem papel fundamental na taxa de consumo de forragem pois, quanto maior o valor nutritivo da forragem, maior também o aporte de nutrientes disponíveis para o animal, embora a leguminosa seja uma alternativa, vários fatores interferem no consumo de matéria seca (MS) dessa forragem por ruminantes (DE LIMA, 2008). E a MM na fração das folhas apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) entre os ciclos de coleta, houve aumento de 38%.

Na fração das folhas houve diferença significativa ($P<0,05$) das variáveis N e PB entre ciclos de coleta (Tabela 3) no período chuvoso. O maior teor de N encontrado nas leguminosas ressalta o incremento de PB na dieta dos animais, uma vez que as folhas da sabiá são alternativas para suplementação alimentar *in natura* ou conservada. Além disso, a leguminosa sabiá também pode ser utilizada com intuito de diminuir os efeitos da falta de forragem na época seca, podendo ser ofertada em cocho na forma de silagem ou feno (NETO; OLIVEIRA; VALEN, 2015). Os menores teores de PB na primeira coleta coincidem com a época dos menores registros de precipitação. Isso pode ser resultado da queda de partes de folhas ou perda de qualidade na época seca (CALDAS et al., 2010; CASTRO FILHO et al., 2016).

Os teores de C e C:N na fração das folhas apresentaram diferença significativa ($P<0,05$) entre os ciclos de coleta. Para o carbono houve redução de $47,26 \text{ g kg}^{-1}$ para $33,54 \text{ g kg}^{-1}$. As leguminosas arbóreas são potencialmente sequestradoras de carbono em ecossistemas de pastagem, as florestas removem C, na forma de CO_2 , em maiores proporções na fase jovens e de crescimento, o que justifica o maior teor na primeira coleta. À medida que atingem a maturidade e o crescimento se estabiliza, a absorção de CO_2 é reduzida e a vegetação entra em estágio de equilíbrio dinâmico (CARVALHO et al., 2010).

A relação C:N foi 50% maior na primeira coleta, que indica menor potencial de mineralização da matéria orgânica, em comparação a segunda coleta levando em consideração que uma alta relação C:N proporcionará mais o processo de imobilização dos nutrientes. Para Brietzke (2016) entre 25:1 e 30:1 é considerada uma relação C:N ótima, essa relação C:N é uma variável que indica o potencial de qualidade e disponibilidade de nutrientes.

Apolinário et al. (2015) encontraram a relação C:N entre 11-17:1 para folhas da sabiá e também observaram médias superiores no período de menor precipitação, resultado inferior ao encontrado no presente trabalho. No entanto, Cain; Bowman e Hacker (2018) relatam não haver comprometimento do processo de mineralização da serapilheira depositada e posterior incorporação de matéria orgânica ao solo.

Na fração galho $< 4,9 \text{ cm}$, os teores de MS, MM, MO, N, C:N e PB diferiram ($P<0,05$) entre os ciclos de avaliação. As concentrações de MS, MM foram maiores no primeiro ciclo de avaliação, $46,47 \text{ kg MS ha}^{-1}$ e $4,92 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. Gonçalves et al. (2010) encontraram concentrações de $4,5 \text{ g kg}^{-1}$ de matéria mineral na madeira de sabiá aos sete anos de idade, semelhante ao encontrado no presente trabalho. Esses mesmos autores destacam que a

resistência natural da madeira de sabiá ao ataque de cupins e outros organismos xilófagos está relacionada ao teor de cinzas.

A relação C:N para essa fração também foi maior na primeira coleta, normalmente esses ramos finos ficam depositados na área, visto que não possuem fim comercial, com isso essa fração da sabiá é indicada no processo de recuperação de áreas degradadas, já que adicionam C e N com decomposição mais lenta, fornecendo material formador de serrapilheira no local (APOLINÁRIO et al., 2015). Lin et al. (2012) concluíram que espécies de menor taxa de decomposição, liberam mais lentamente CO₂, não intensificando o efeito estufa e são as que mais beneficiam a sustentabilidade dos sistemas produtivos a médio e longo prazo. Por outro lado, reduzem a velocidade de ciclagem de nutrientes e conseqüentemente a eficiência de uso do nutriente nas pastagens. Já os teores de MO e N foram 97,28 g kg⁻¹ e 0,80 g kg⁻¹ respectivamente, foram maiores ($P<0,05$) na segunda coleta.

Na fração galho 5-10 cm só houve diferença significativa ($P<0,05$) para as variáveis nitrogênio e carbono. A concentração de N nessa fração e nas demais (<4,9 e >10) foi menor do que o N na folha. Apolinário et al., (2015) encontraram as concentrações de N nos galhos da sabiá de 4-12 g kg⁻¹ com 5,5 anos de idade, resultado superior ao atual trabalho.

Na fração galho >10, houve diferença significativa ($P<0,05$) para variáveis MM, MO, N e C, com os teores, sendo que a MO e C foram superiores na primeira coleta e MM e N na segunda coleta. A MM foi 1,92 g kg⁻¹, para essa fração, a madeira do sabiá é indicada para a produção de carvão vegetal, em função das suas boas características físico-químicas, o carvão tem alto poder calorífico, destacando-se o seu baixo teor de matéria mineral (1,71 %) (CARVALHO, 2007).

4.3 Fixação biológica de nitrogênio

Houve diferença significativa ($P<0,05$) entre as variáveis N_{dda} % e $\delta^{15}\text{N}$ (‰) dentro dos níveis de adubação nitrogenada (Tabela 4).

Tabela 4: Isótopos de N e C da sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) em sistema agrossilvipastoril no município de Pindaré Mirim – MA.

Variáveis	Doses de N (kg de N ha ⁻¹ ano ⁻¹)				EPM	Valor-P
	0	100	200	400		
Ndda (%)	89,9A	79,8A	83,0A	51,6 B	5,5	0,0078
Ndda(kg ha ⁻¹)	39,6	40,0	38,8	17,0	7,6	0,2149
δ ¹⁵ N (‰)	-0,72 B	-0,20 B	-0,36 B	1,24A	0,3	0,0077
δ ¹³ C (‰)	-31,9	-31,7	-31,6	-31,1	0,3	0,1926

Ndda: nitrogênio derivado do ar; δ¹⁵N: abundância natural do ¹⁵N; δ¹³C: abundância natural do ¹³C; EPM: erro padrão da média. Letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si.

O Ndda foi estatisticamente igual nos tratamentos de 0, 100 e 200 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, com 89,9; 79,8 e 51,6 %, respectivamente. O menor resultado nitrogênio derivado do ar foi no tratamento de 400 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹. Esse resultado ressalta que o uso de fonte externa de nitrogênio, contribui para diminuição do processo de fixação via Ndda (PARENTE, 2014). De acordo com alguns autores o aporte de N fixado por leguminosas arbóreas variam de 72 kg ha⁻¹ ano⁻¹ a 108 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (FREIRE et al., 2010; REIS et al., 2010; PIRHOFER-WALZL et al., 2012). No entanto, Apolinário et al. (2015) realizaram o corte de sabiá com 5 anos de cultivo e encontraram valores de 160 kg NDA ha⁻¹ nas folhas de sabiá.

Uma vez que existe uma fonte externa de nitrogênio (ureia) existe uma tendência de diminuir a absorção natural. Segundo Moreira; Siqueira (2006) o excesso de nitrogênio mineral reduz drasticamente a nodulação das leguminosas, pois a nodulação das leguminosas ocorre em função da demanda nutricional da planta, conseqüentemente, na presença de nitrogênio mineral a FBN é reduzida. Oliveira (2015) ressalta que, apesar da grande abundância de N na atmosfera, as plantas não conseguem fazer a absorção, exceto pelos microrganismos fixadores ou por via de adubação nitrogenada, combinada na matéria orgânica.

Para abundância natural de δ¹⁵N ocorreu diferença significativa ($P < 0,05$) entre os níveis de adubação. O tratamento 0, 100 e 200 N apresentaram menor discriminação isotópica de -0,72, -0,20 e -0,36, respectivamente. Adições mensais via FBN variando de 6 a 9 kg ha⁻¹ N demonstra a entrada potencial de N em sistemas com o uso de leguminosas arbóreas (FREIRE et al., 2010; REIS et al., 2010; PIRHOFER-WALZL et al., 2012).

Para variável abundância de δ¹³C não ocorreu diferença significativa ($P > 0,05$) em diferentes níveis de adubação, mas os dados obtidos apresentaram valores de δ¹³C conforme

o referenciado Sena-Souza; Costa e Bielefeld (2019) para plantas de metabolismo fotossintético C3, que varia de -37 a -20 ‰, valores dentro dessa estimativa foram encontrados no atual estudo que variou entre -31,9 a -31,1. Os mesmos autores relatam que podem ser observadas diferenças na abundância natural de carbono das folhas em plantas de diferentes espécies, mesmo sendo do mesmo grupo de metabolismo fotossintético e estas diferenças encontram-se associadas, principalmente, a mecanismos fisiológicos individuais da planta.

5 CONCLUSÃO

- No sistema agrossilvipastoril as diferentes doses de adubação nitrogenada não influenciaram na densidade, dendrometria, biomassa e composição química da sabiá.
- A fixação biológica de N da sabiá no sistema agrossilvipastoril não sofreu influência até a dosagem de 200 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIEC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. **Estatísticas**. 2021. Disponível em: <<http://abiec.com.br/exportacoes/>> Acesso em: junho de 2021.

ABREU, M. J. I.; PAULA, P. R. P.; TAVARES, V. B.; CIDRINI, I. A.; NUNES, H. O.; EMILIANO, W. J. C.; TOMAZ, C. E. P. Morfogênese, características estruturais e acúmulo de forragem do *Megathyrsus maximus* brs zuri submetido a adubação nitrogenada. **Boletim De Indústria Animal**, v. 77, p. 1-17, 2020.

AGUIAR, A. C. F.; BICUDO, S. J.; SOBRINHO, J. R. S. C.; MARTINS, A. L. S.; COELHO, K. P.; MOURA, E. G. Nutrient recycling and physical indicators of alley cropping system in sandy loam in the pre-Amazon region of Brazil. **Nutrient Cycling In Agroecosystems**, v.86, p. 189-198. 2010.

ALMEIDA, A. C. S.; FERREIRA, R. L. C.; SANTOS, M. V. F.; SILVA, J. A. A.; LIRA, M. A.; GUIM, A. Avaliação química-bromatológica de espécies arbóreas e arbustivas de pastagens em três municípios de Pernambuco. **Acta Scientiarum**, v. 28, n. 1, p. 1-9, 2006.

ALMEIDA, G. N. D. **Durabilidade natural de estacas de sabiá (*Mimosa Caesalpinifolia* Benth.) em campo de apodrecimento**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

ALVARENGA, R. C.; SILVA, V. P.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; VILELA, L. Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, v. 31, p. 59-67, 2010.

ALVES, J. S.; PIRES, A. J. V.; MATSUMOTO, S. N.; FIGUEIREDO, M. P.; RIBEIRO, G. S. Características morfológicas e estruturais da *Brachiaria decumbens* stapf. submetida a diferentes doses de nitrogênio e volumes de água. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2008.

ANGULO, A. M. H. **Sistemas silvipastoris com leguminosas arbóreas e *Brachiaria decumbens* Stapf: Biomassa arbórea, decomposição de folhas e fertilidade do solo**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020.

APOLINÁRIO, V. X. O.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; LIRA, M. A.; FERREIRA, R. L. C.; MELLO, A. C. L.; COELHO, C. D. L.; MUIR, J. P.; SAMPAIO, E. V. S. B. Decomposition of arboreal legume fractions in a silvopastoral system. **Crop Science**, v.1, n.3, p.1-24, 2016.

APOLINÁRIO, V. X. O.; DUBEUX, J. C. B.; Jr.; LIRA, M. A.; FERREIRA, R. L. C.; MELLO, A. C. L.; SANTOS, M. V. F.; SAMPAIO, E. V. S. B.; MUIR, J. P. Tree legumes provide marketable wood and add nitrogen in warm-climate silvopasture systems. **Agron. J.**; v. 107, p. 1915-1921, 2015.

ASSEFA, D.; REWALD, B.; SANDÉN, H.; ROSINGER, C.; ABIYU, A.; YITAFERU, B. GODBOLD, D. L. Deforestation and land use strongly effect soil organic carbon and nitrogen stock in Northwest Ethiopia. **Catena**, v. 153, p. 89-99, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Normas Técnicas**. NBR 11941: densidade básica da madeira. Rio de Janeiro, p. 6, 2003.

AZEVEDO, T. K. B.; DE ALMEIDA CARDOSO, M. G.; CAMPOS, D. B. P.; SOUZA, D. G.; NUNES, L. J.; GOMES, J. P. S.; SILVA, G. G. C. Substâncias tânicas presentes em partes da árvore sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) em plantio comercial de 5 anos. **Revista Agroecossistemas**, v. 9, n. 2, p. 263-274, 2018.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; SILVA, V.P.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; GALERAN, P. R. Evolução Tecnológica e Arranjos Produtivos de Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, 2011.

BARBOSA, T. R. L.; SOARES, M.P.; BARROSO, D. G. **Plantio do sabiazeiro (*Mimosa caesalpinifolia*) em pequenas e médias propriedades**. Manual Técnico, 2008.

BARCELLOS, A. D. O.; RAMOS, A. K. B.; VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 51-67, 2008.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R.; TONUCCI, R. G.; NEVES, J. C. L.; ROCHA, G. C.; GOBBI, K. F. Desempenho de novilhos de corte pastejando o sub-bosque de um sistema silvipastoril submetido a doses de fertilizante nitrogenado e duas ofertas de forragem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44.; Jaboticabal, SP. **Anais...** Jaboticabal: SBZ: UNESP, 2007.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Análises químicas e bioquímicas em plantas**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, p. 900, 2004.

BRIETZKE, D. T. **Avaliação do processo de compostagem considerando a relação carbono/nitrogênio**. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 2016.

BUNGENSTAB, D. J.; DE ALMEIDA, R. **Integrated Crop-Livestock-Forestry Systems – A Brazilian Experience for Sustainable Farming**. Brasília, EMBRAPA, 2014.

BUSSONI, A.; CABRIS, J.; FERNANDEZ, E.; BOSCANI, M.; CUBBAGE, F.; BENTANCUR, O. Produção integrada de carne e madeira no Uruguai: potencial e limitações. **Agroforestry Systems**, v. 89, p. 1107-1118, 2015.

BUSTAMANTE, M. M.; NOBRE, C. A.; SMERALDI, R.; AGUIAR, A.P.; BARIONI, L.G.; FERREIRA, L.G.; LONGO K.; MAY, P.; PINTO, A.; OMETTO, J.P. “Estimating greenhouse gas emissions from cattle raising in Brazil”. **Climatic Change**, v. 115, n. 3-4, p. 559-577, 2012.

CAIN, M.; BOWMAN, W. D. HACKER, S. D. **Ecología**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.

CALDAS, G. G.; DOS SANTOS, M.; JUNIOR, L.; FERREIRA, R.; DA CUNHA, M.; LIRA,

M. D. A.; GALDINO, A. C. Caracterização morfológica e química de *Mimosa caesalpiniiifolia* submetida à adubação com P. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 228, p. 529–538, 2010.

CARVALHO, F. C.; GARCIA, R.; DE ARAÚJO FILHO, J. A.; COUTO, L.; NEVES, J. C. L.; ROGÉRIO, M. C. P. Manejo in situ do sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) para produção simultânea de madeira e forragem, em um sistema silvipastoril. **Embrapa Caprinos e Ovinos**. (2004).

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E. P. Potential of soil carbon sequestration in different biomes of Brazil. **Revista Brasileira de Ciências do solo**, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2010.

CARVALHO, P.E.R. **Sabiá - *Mimosa caesalpiniiifolia***. Circular técnica, 135. Colombo: Embrapa Florestas, 2007.

CASTRO, A. C.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; SANTOS, N. F. A.; MONTEIRO, E. M. M.; AVIZ, M. A. B.; GARCIA, A. R. Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos. **Ciência Rural**, v. 38, p. 2392-2402. 2008.

CASTRO FILHO, E. S.; MUNIZ, E. N.; RANGEL, J. H. D. A.; SANTOS, G. R. D. A.; SANTANA, J. A.; ARAUJO, H. R. D. Dry matter yield and bromatological composition of *Gliricidia* in different crop densities. **Ciência Rural**, v. 46, n. 6, p. 1038–1043, 2016.

CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Embrapa Cerrados-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2015.

COSTA, N. D. L.; MORAES, A. D.; MONTEIRO, A. L. G.; MOTTA, A. C. V.; OLIVEIRA, R. A. D.; RODRIGUES, A. N. A. Forage productivity and morphogenesis of *Axonopus aureus* under different nitrogen fertilization rates. **Brazilian Journal of Animal Science**, Viçosa, v. 42, p. 541-548, 2013.

COSTA, N. L.; GIANLUPPI, V.; MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; MAGALHÃES, J. A.; BENDAHAN, A. B. Adubação nitrogenada e consorciação de *Trachypogon plumosus* com *Stylosanthes capitata* cv. Lavradeiro sob diferentes densidades de semeadura. **Pubvet**, v.11, n. 8, p.808-814, 2017.

DE LIMA, I. C.; LIRA, M. D. A.; DE MELLO, A. C.; DOS SANTOS, M. V.; DE FREITAS, E. V.; FERREIRA, R. L. Avaliação de sabiazeiro (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) quanto a acúleos e preferência por bovinos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 3, p. 289-294, 2008.

DE SÁ SOUZA, M.; JARDIM, A. M. D. R. F.; JÚNIOR, G. D. N. A.; SILVA, J. R. I.; LEITE, M. L. D. M. V.; TEIXEIRA, V. I.; DA SILVA, T. G. F. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens tropicais. **Pubvet**, v. 12, p. 172, 2018.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.;

AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos** – INCT – Ciência Animal. 1ed. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, p. 214, 2012.

DIAS-FILHO, M. Degradação e recuperação de pastagens. In: PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C.; SILVA, S. C. FARIA, V. P. (ed.). **As pastagens e o meio ambiente**. Fealq, Piracicaba, São Paulo, Brasil. 2006.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SOLLENBERGER, L. E.; VENDRAMINI, J. M. B.; INTERRANTE, S. M. LIRA, M. A. Stocking Method, Animal Behavior, and Soil Nutrient Redistribution: How are They Linked? **Crop Science**, v. 54, p. 2341-2350, 2014.

DUBEUX JÚNIOR, J.; LIRA, M. d. A.; SANTOS, M. d. CUNHA, M. d. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de pastagens: impactos no ambiente e na produtividade. **Simpósio sobre o Manejo da Pastagem**, v. 23, p. 439-506, 2006.

DUBEUX, J. C. B.; MUIR, J. P.; APOLINÁRIO, V. X. D. O.; NAIR, P. K.; LIRA, M. D. A.; SOLLENBERGER, L. E. Tree legumes: an underexploited resource in warm-climate silvopastures. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, p. 689-703, 2017.

DUPAS, E.; BUZETTI, S.; RABÊLO, F.H.S.; SARTO, A.L.; CHENG, N.C.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; GALINDO, F.S.; DINALLI, R.P.; GAZOLA, R.N. Nitrogen recovery, use efficiency, dry matter yield, and chemical composition of palisade grass fertilized with nitrogen sources in the Cerrado biome. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 9, p. 1330-1338, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de análises de métodos de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, EMBRAPA, p. 574, 2017.

ESPERSCHUETZ, J.; BALAINE, N.; CLOUGH, T.; BULMAN, S.; DICKINSON, N.M.; HORSWELL, J.; ROBINSON, B.H. The potential of *L. scoparium*, *K. robusta* and *P. radiatatum* to mitigate N losses in silvopastoral systems. **Environmental Pollution**, v. 225, n.1, p. 12-19, 2017.

FACTORI, M. A.; SILVA, P. C. G.; GONÇALVES, D. M.; NETO, A. S. N. S.; MARATTI, C. H. Z.; TIRITAN, C. S. Produtividade de massa de forragem e proteína bruta do capim mombaça irrigado em função da adubação nitrogenada. **Colloquium Agrariae**, v. 13, n. 3, p. 49-57, 2017.

FADEL, R. **Desempenho e características quantitativas e qualitativas da carcaça de ovinos Santa Inês alimentados com a leguminosa Sansão do Campo (*Mimosa caesalpinifolia* Benth) e infectados com *Trichostrongylus colubriformis***. 2011. f. 166. Tese (Doutorado em Ciências Animais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

FREIRE, J. L.; DUBEUX, Jr, C. B.; LIRA, M. A.; FERREIRA, R. L. C.; SANTOS, M.V. F.; FREITAS, E.V. Litter deposition and chemical composition under a sabiá canopy. (In Portuguese, with English abstract.) **Revista Brasileira de Zootecnia**, V. 39, p. 1650-1668, 2010.

FREITAS, A. D. S.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SANTOS, C. E. R. S. Abundância natural do 15N para quantificação da fixação biológica do nitrogênio em plantas. In: FIGUEIREDO, M. V. B.; BURITY, H. A.; OLIVEIRA, J. P.; SANTOS, C. E. R. S.; STAMFORD, N. P. (editors.). **Biotecnologia Aplicada à Agricultura: Textos de Apoio e Protocolos Experimentais**. Recife. p. 505-517. 2010.

GALINDO, F. S.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; DUPAS, E.; CARVALHO, F.C. Manejo da adubação nitrogenada no capim-mombaça em função de fontes e doses de nitrogênio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 900–913, 2018.

GARCIA, J.; DUARTE, J. B.; FRASSETO, E. G. Superação de dormência em sementes de sansão-docampo (*Mimosa caesalpiniaefolia* B.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 32, n. 1, p. 29-31, 2002.

GARCIA, U. S. **Avaliação dos atributos físicos, químicos e estoque de carbono do solo em diferentes ambientes em matas de babaçu, no estado do Maranhão**. Monografia, Universidade Estadual do Maranhão, 2015.

GAZOLLA, A. G. **Capim-Marandu e babaçu em sistema silvipastoril**. Tese (Doutorado em Zootecnia). 72 f. 2012. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal, 2012.

GOMES DA SILVA, I. A.; DUBEUX Jr, J. C. B.; DE MELO, A. C. L.; DA CUNHA, M. V.; DOS SANTOS, M. V. F.; APOLINÁRIO, V. X. O.; DE FREITAS, E. V. Tree legume enhances livestock performance in a silvopasture system. **Agronomy Journal**, p. 358–369, 2021.

GONÇALVES, K. G.; DUARTE, G. S. D.; TSUKAMOTO FILHO A. A. espécies frutíferas do cerrado e seu potencial para os SAFs. FLOVET. **Boletim do Grupo de Pesquisa da Flora, Vegetação e Etnobotânica**, v. 1, n. 7, P. 64-79, 2015.

HUNALDO, V. K. L.; CLÍMACO, G. N.; DE FREITAS, A. C.; DOS SANTOS, L. H.; XAVIER, T. A. L.; DE SOUSA CAMPOS, R.; LOBATO, J. S. M. Geleia de mamão com coco babaçu: processamento e avaliação sensorial. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 19837-19845, 2020.

INMET. **INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA**, 2021.

KARKI, U.; GOODMAN, M. S. Distribuição e comportamento do gado em silvopastia de pinheiro-do-sul versus pastagem aberta. **Agroforestry Systems**, v. 78, p. 159-168, 2010.
KÖPPEN, W. **Climatologia**. Mexico: Fundo de Cultura Economica, p. 466, 1948.

LAAR, A.; AKÇA, A. **Forest Mensuration**. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2007.

LABAND, D. N. Os enteados negligenciados da floresta serviços ecossistêmicos: valores culturais, espirituais e estéticos. **Forest Policy and Economics**, v. 35, p. 39-44, 2013.

LEMOS, J. d. J. S.; SOUZA, R. C. de. Sistemas agroextrativistas como alternativa de preservação da palmeira de babaçu no Maranhão. **Revista de Política Agrícola**, v. 2018, n. 1, p. 82-95, 2018.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N.; DE ALMEIDA, R. G.; DE ARAÚJO, A. R. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. **Encontro de adubação de pastagens da Scot Consultoria - Tec - Fértil**, p. 158–181, 2013.

MACEDO, M. O, REZENDE, A. S, GARCIA, P. C, BODDEY, R. M; JANTALIA, C. P, URQUIAGA, S.; CAMPELLO, E. F. C, FRANCO, A. A. Mudanças nos estoques de C e N do solo e na dinâmica dos nutrientes 13 anos após a recuperação de terras degradadas usando árvores de fixação de nitrogênio leguminosas. **Forest Ecology and Management**, v. 255, p. 1516-1524, 2008.

MAGALHÃES, A. G.; MARTINS, E. L.; MEDEIROS, S. DE S. Análise do crescimento de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. irrigada com água residuária em região semiárida. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 28334–28342, 2019.

MAIA, E. P. V. **Respostas morfofisiológicas de Sabiá (*Mimosa Caesalpiniaefolia* Benth.) associado a Micorrizas Arbusculares e Rizóbios em solo de mineração de manganês.** 2019. f. 70. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo.** 2º edição, editora UFLA, 2006.

MARTINS, L. E. C. **Absorção e assimilação da ureia por plantas de metabolismo fotossintético C3 e C4.** Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

MARTUSCELLO, J. A.; RIOS, J. F.; FERREIRA, M. R.; ASSIS, J. A.; BRAZ, T. G. S.; CUNHA, D. V. Produção e morfogênese de capim BRS Tamani sob diferentes doses de nitrogênio e intensidades de desfolhação. **Boletim de Indústria Animal**, v. 76, p. 1-10, 2019.

MELO, L. A. D.; ABREU, A. H. M. D.; LELES, P. S. D. S.; OLIVEIRA, R. R. D.; SILVA, D. T. D. Qualidade e crescimento inicial de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. produzidas em diferentes volumes de recipientes. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 47-55, 2018.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESTMENT. **Ecosystems and human well-being.** Island Press, Washington, DC, v. 5, 2005.

MIRANDA, D. L. C.; JUNIOR, V. B.; GOUVEIA, D. M. Fator de forma e equações de volume para estimativa volumétrica de árvores em plantio de *Eucalyptus urograndis*. **Scientia Plena**, v. 11, n. 3, p. 1–8, 2015.

MOTT, G. O.; LUCAS, H. L. Thedesing, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: INTERNATIONAL GRASS LAND CONGRESS, 6, 1952, Pennsylvania. **Proceedings...** Pennsylvania: State College Press, p.1380-1385, 1952.

MOURA, O. N.; PASSOS, M. A. A.; FERREIRA, R. L. C.; MOLICA, S. G.; LIRA JUNIOR, M. D. A.; LIRA, M. D. A.; SANTOS, M. V. F. D. Distribuição de biomassa e nutrientes na área de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. **Revista Árvore**, v. 30, p. 877-884, 2006.

NABINGER, C.; CARVALHO, P.C.F. Ecofisiología de sistemas pastoriles: aplicaciones para su sustentabilidad. **Agrociencia**, Buenos Aires, v.3, p.18-27, 2009.

NARANJO, J. F.; CUARTAS, C. A.; MURGUEITIO, E.; CHARÁ, J.; BARAHONA, R. Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. **Livestock Research for Rural Development**, v. 24, p. 15, 2012.

NETO, A. S.; OLIVEIRA, S.; VALEN, L. Leguminosas adaptadas como alternativa alimentar para ovinos no semiárido – revisão. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 14, n. 2, p 191-200, 2015.

OLIVEIRA, L. E M. Temas em fisiologia vegetal. **O ciclo do nitrogênio**. 2015. Disponível em: < <http://www.ledson.ufla.br/assimilacao-e-transporte-de-nitrogenio-2/assimilacao-e-transporte-de-nitrogenio-em-plantas/>>. Acesso em: 08/08/2021.

PAREYN, F. G. C.; ARAUJO, E. de L.; DRUMOND, M. A. **Mimosa caesalpinifolia: Sabiá**. Embrapa Semiárido - Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E), 2018.

PARRON, L.; GARCIA, J. R.; MOREIRA, J. M. M. Á. P.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Avaliação de serviços ecossistêmicos em sistemas agrossilvipastoris. **Revibec: revista iberoamericana de economía ecológica**, v. 30, n. 1, p. 81, 2019.

PETRI, M. L.; SOUZA, A.; CARVALHO, J.; REIS, A. R. Aspectos biométricos e das propriedades físicas do fruto de babaçu (*orbignya sp.*). **Enciclopédia Biosfera**. 2014.

POMPEU, R. C. F. F.; CÂNDIDO, M. J. D.; LOPES, M. N.; GOMES, F. H. T.; LACERDA, C. F.; AQUINO, B. F.; MAGALHÃES, J. A. Características morfofisiológicas do capim-aruaana sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 4, p. 1187-1210, 2010.

RAMMÊ, R.; LIMA, M. S. The juridical protection of the ecosystemic services. **Revista de Direito Ambiental**, v. 85, p. 309 - 326, 2017.

REIS JR, F. B.; SIMON, M. F.; GROSS, E.; BODDEY, R. M.; ELLIOTT, G. N.; NETO, N. E.; LOUREIRO, M. F.; QUEIROZ, L. P.; SCOTTI, M. R.; CHEN, W. M.; NORE, A.; M. C. RUBIO.; S.M. FARIA.; C. BONTEMPS.; S.R. GOI.; J.P.W. YOUNG.; J.I. SPRENT.; E.K. JAMES. Nodulation and nitrogen fixation by *Mimosa spp.* in the Cerrado and Caatinga biomes of Brazil, **New Phytologist**, v. 186, p. 934-946, 2010.

RIBASKI, J.; LIMA, P. C. L.; OLIVEIRA, V. R.; DRUMOND, M. A. **Sabiá (Mimosa caesalpinifolia): árvore de múltiplo uso no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, p. 4, (Comunicado Técnico, 104), 2003.

ROCHA, A. E, CATUNDA, P. H. A, DIAS, L. J. B. S. **Relatório Técnico de Classificação da Vegetação do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Maranhão (ZEE-MA) – Etapa Bioma Amazônico**, São Luís, 2020.

ROSADO, T. L.; GONTIJO, I. Adubação nitrogenada em pastagens: os resultados promissores obtidos na pesquisa e a realidade enfrentada pelos produtores. **Revista Vértices**, v. 19, n. 1, p.

163–174, 2017.

SADEGHPOUR, A.; JAHANZAD, E.; ESMAEILI, A.; HOSSEINI, M. B.; HASHEMI, M. Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: Additive series. **Field Crops Research**, v. 148, p. 43-48, 2013.

SCHETTINI, B. L. S.; JACOVINE, L. A. G.; NOLASCO, S. N. D. O. N.; TORRES, C. M. M. E.; VILLANOVA, P. H.; DA ROCHA, S. J. S. S.; COMINI, I. B. Potencial de estocagem de carbono em sistemas silvipastoris no Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 27659-27671, 2019.

SEFAZ - **Secretária de Estado da Fazenda do Maranhão**. 2021. Disponível em: <https://sistemas1.sefaz.ma.gov.br/portalsefaz/pdf?codigo=2081>. Acesso em: 01/08/2021.

SHEARER, G.; D.H. KOHL. N₂-fixation in field settings: estimations based on natural ¹⁵N abundance. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 13, p. 699-756, 1986.

SILVA, A. B.; LIRA JUNIOR, M. A.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; FIGUEIREDO, M. V. B.; VICENTIN, R. P. Estoque de serapilheira e fertilidade do solo em pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* após implantação de leguminosas arbustivas e arbóreas forrageiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n.2, p.502-511, 2013.

SILVA, C. J. d.; SANCHES, L.; BLEICH, M. E.; LOBO, F. d. A. NOGUEIRA, J. d. S. Produção de serrapilheira no cerrado e floresta de transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Acta Amazonica**, v. 37, p. 543-548, 2007.

SOLORIO, F.J.; BASU, S.K.; SARABIA, L.; AYALA, A.; RAMÍREZ, L.; AGUILAR, C.; ERALES, J.A.; KU, J.C.; WRIGHT, J. The potencial of silvopastoral systems for milk and meat organic production in the tropics. **Organic Farming for Sustainable Agriculture**, v.9, n.1, p.169- 183, 2016.

SOUSA, E. C. **Germinação e vigor de sementes de Mimosa caesalpinifolia Benth. sob estresse hídrico e salino**. 2017. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Tecnologia e Sociedade), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

SUASSUNA, J. **Contribuição para o cálculo de volume do sabiazeiro (*Mimosa caesalpinifolia Benth.*)**. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2003.

TEDESCHI, L. O.; MUIR, J. P.; RILEY, D. G.; FOX, D. G. The role of ruminant animals in sustainable livestock intensification programs. **International Journal of Sustainable Development and World Ecology**, v. 22, p. 452-465, 2015.

TERRA, A. B.; FLORENTINO, L. Leguminosas forrageiras na recuperação depastagens no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 11–20, 2019.

TIECHER, D. D.; ROCHA, M. G. D.; POTTER, L.; SALVADOR, P. R.; BERGOLI, T. L.; MILANESI, G. D. Morphogenesis and structure of Tifton 85 cultivated in subtropical climate and fertilized with nitrogen. *Acta Scientiarum*. **Animal Sciences**, Maringá, v. 38,n. 4, p.389-393, 2016.

TOSTA, X. M. **Valor nutritivo, comportamento ingestivo e desempenho de bovinos suplementados com farelo de babaçu em sistemas silvipastoris na região pré-amazônica.** 2014. 65 f. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2014.

VALLEJO, V.; ROLDAN, F.; DICK, R. Atividades enzimáticas do solo e biomassa microbiana em uma cronosequência agroflorestal integrada em comparação com a monocultura e uma floresta nativa da Colômbia. **Biology & Fertility of Soils**, v. 46, p. 577-587, 2010.

VIEIRA, E. D. L.; CARVALHO, F. F.; BATISTA, Â. M. V.; FERREIRA, R. L. C.; SANTOS, M. V. F. D.; LIRA, M. D. A.; SILVA, E. M. B. D. Composição química de forrageiras e seletividade de bovinos em bosque-de-Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) nos períodos chuvoso e seco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 1505-1511, 2005.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira.** Viçosa, MG: SIF. 1984.

WINK, C.; LANGE, A.; ARAÚJO, K. Z.; SILVEIRA, A. P.; BEHLING, M.; & Wruck, F. J. Biomassa e nutrientes de eucalipto cultivado em sistema agrossilvipastoril. **Nativa**, v. 6, p. 754-762, 2018.