

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

**DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE PLANTAS
UTILIZADAS PARA COBERTURA DO SOLO COMO
ETAPA INICIAL PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA
AGROSSILVIPASTORIL**

Luana Santos Andrade

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
FEVEREIRO – 2023**

**DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE PLANTAS
UTILIZADAS PARA COBERTURA DO SOLO COMO ETAPA
INICIAL PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA
AGROSSILVIPASTORIL**

Luana Santos Andrade
Engenheira Florestal, UFRB, 2021

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Agricultura Tropical).

Orientador: Prof. Dr. Ossival Lolato Ribeiro

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
FEVEREIRO – 2023**

FICHA CATALOGRÁFICA

A554d

Andrade, Luana Santos.

Desenvolvimento e produtividade de plantas utilizadas para cobertura do solo como etapa inicial para implantação de sistema agrossilvipastoril / Luana Santos Andrade. _ Cruz das Almas, BA, 2023.

37f.; il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Mestrado em Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Dr. Ossival Lolato Ribeiro.

1.Plantas forrageiras – Gramínea – Leguminosa. 2.Solo – Manejo. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 633.2

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

**DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE PLANTAS
UTILIZADAS PARA COBERTURA DO SOLO COMO ETAPA
INICIAL PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA
AGROSSILVIPASTORIL**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de

Luana Santos Andrade

Aprovada em 03 de fevereiro de 2023

 Documento assinado digitalmente
OSSIVAL LOLATO RIBEIRO
Data: 20/03/2023 09:47:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ossival Lolato Ribeiro
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
Orientador

Profa. Dra. Paula Ângela Umbelino Guedes Alcoforado
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
Examinadora Externa

Prof. Dr. Alexandre Fernandes Perazzo
Universidade Federal do Piauí – UFPI
Examinador Externo

DEDICATÓRIA

Aos meus avôs, Manuel (*in memoriam*) e Agenor (*in memoriam*), que não estão mais nesse mundo para verem a primeira Mestra da família, mas que com simplicidade e amor foram as raízes para que isso hoje fosse possível,
DEDICO!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela proteção e permissão para que eu chegasse até aqui e pelos sonhos maiores que os meus.

Aos meus pais, Glória e Nelson, por confiarem em mim, me apoiarem e incentivarem sempre que precisei. A vocês minha eterna gratidão e mais puro amor.

À minha irmã Nelane, por todo cuidado, ajuda e companheirismo. Ao meu cunhado Fabrício, por todo incentivo e amizade.

Aos meus sobrinhos, Felipe e Levi, por me ensinarem tanto e serem meu aconchego e puro amor.

Ao meu namorado Igor, por ser meu ponto de paz, meu apoio e meu maior incentivador. Sem você, essa caminhada teria sido muito mais difícil. Essa vitória é sua também!

A toda minha família, pela torcida e incentivos. Em especial, minhas avós Maria e Julieta, pelas orações diárias.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, por continuar me acolhendo por mais dois anos após a graduação. A todos os professores e funcionários que contribuíram na minha caminhada.

Ao meu orientador Dr. Ossival Lolato, pelos ensinamentos, incentivos, confiança e parceria para a realização da pesquisa, sempre disposto a orientar verdadeiramente.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pela concessão da bolsa para realização da pesquisa.

Aos amigos do Mestrado, em especial, Sândila, Thiago e Vanessa, que dividiram comigo as angústias e incertezas durante o caminho.

Ao GEF-BA, pela ajuda durante a condução do experimento. Em especial, Raissa, pelo apoio e parceria durante a jornada.

Aos amigos de sempre, pelo apoio e incentivo.

A todos que contribuíram para realização desse sonho.

Muito obrigada!

DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE PLANTAS UTILIZADAS PARA COBERTURA DO SOLO COMO ETAPA INICIAL PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL

RESUMO

A crescente necessidade da recuperação de áreas degradadas tem levado pesquisadores, produtores e proprietários de terras a buscarem novas formas de manejo mais eficazes e sustentáveis nessas áreas. Objetivou-se avaliar o desenvolvimento e produtividade de espécies utilizadas para formação de cobertura morta do solo para posterior implantação de sistema agrossilvipastoril em plantio direto, além do potencial de silagem para diversificação da renda no sistema de produção. O experimento foi realizado no setor de Forragicultura da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, campus Cruz das Almas, no período de junho de 2021 a junho de 2022. A instalação do experimento ocorreu no sistema plantio direto, no delineamento em blocos casualizados, sendo quatro tratamentos com quatro repetições. Os tratamentos foram T1: Sorgo (*Sorghum bicolor* cv. BRS Ponta Negra), T2: Milheto (*Pennisetum glaucum* cv. BRS1501), T3: Feijão guandu (*Cajanus cajan*), T4: Crotalária (*Crotalaria juncea* L.). Para avaliar o desenvolvimento e crescimento das plantas, bem como seu potencial de produção e acúmulo de biomassa, foram mensuradas e estimadas as seguintes variáveis: número de plantas por metro linear (NUP); altura média de 10 plantas (ALP); porcentagem de folhas (FOL), colmo (COL), inflorescência ou cachos (INF); além da razão folha/colmo (RFC). Foram estimadas as produções de matéria verde total (PMV) e matéria seca total (PMS) e sua conversão em produção de silagem (PSI) em kg.ha⁻¹, considerando 85% de aproveitamento, e por fim, a estimativa da renda bruta total (RBT). O Feijão guandu apresentou o melhor desenvolvimento agrônômico, enquanto o Sorgo apresentou maior produtividade e renda bruta. Portanto, sugere-se que a utilização do Feijão guandu e do Sorgo pode ser estratégia viável como etapa inicial para cobertura do solo e diversificação da produção com obtenção de renda em sistemas integrados.

Palavras-chave: Gramíneas, Leguminosas, Sistemas Integrados.

DEVELOPMENT AND PRODUCTIVITY OF PLANTS USED FOR SOIL COVER AS AN INITIAL STEP FOR THE IMPLEMENTATION OF AN AGROSILVOPASTORAL SYSTEM

ABSTRACT

The growing need to recover degraded areas has led researchers, producers and landowners to seek new, more effective and sustainable ways of managing these areas. The objective was to evaluate the development and productivity of species used to form soil mulch for subsequent implementation of an agrosilvopastoral system in no-tillage, in addition to the potential of silage for income diversification in the production system. The experiment was carried out in the Forage Sector of the Federal University of Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas campus, from June 2021 to June 2022. The experiment was set up in the no-tillage system, in a randomized block design, with four treatments with four replicates. The treatments were T1: Sorghum (*Sorghum bicolor* cv. BRS Ponta Negra), T2: Pearl millet (*Pennisetum glaucum* cv. BRS1501), T3: Pigeon pea (*Cajanus cajan*), T4: Crotalaria (*Crotalaria juncela* L.). To evaluate the development and growth of plants, as well as their production potential and biomass accumulation, the following variables were measured and estimated: number of plants per linear meter (NUP); average height of 10 plants (ALP); percentage of leaves (FOL), stem (COL), inflorescence or bunches (INF); in addition to the leaf/stem ratio (RFC). The production of total green matter (PMV) and total dry matter (PMS) and its conversion into silage production (PSI) in kg.ha⁻¹ were estimated, considering 85% of use, and finally, the estimate of gross income total (RBT). Pigeon pea showed the best agronomic development, while sorghum showed the highest productivity and gross income. Therefore, it is suggested that the use of Pigeonpea and Sorghum can be a viable strategy as an initial step for soil cover and diversification of production with income capture in integrated systems.

Keywords: Grasses, Legumes, Integrated Systems.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características químicas do Latossolo amarelo distrocoeso da área em estudo.....18

Tabela 2 – Desenvolvimento das plantas forrageiras após 90 dias de cultivo em campo.....21

Tabela 3 – Produtividade das plantas forrageiras após 90 dias de cultivo em campo.....24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 Milheto e Sorgo forrageiro como plantas de cobertura e produção de biomassa.....	12
2.2 Feijão Guandu e Crotalária como plantas de cobertura e produção de biomassa.....	13
2.3 A adoção de sistema integrados para recuperação de pastagens degradadas	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5. CONCLUSÃO.....	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1. INTRODUÇÃO

A intensa exploração tem ocasionado degradação de terras com consequente diminuição da produtividade das culturas. As atividades antrópicas sem o correto manejo implicam no desequilíbrio ambiental, diminuição da qualidade produtiva do solo, redução da disponibilidade hídrica, diminuição na capacidade de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras, culminando com a degradação avançada dos recursos naturais (BORGHI, 2018).

Assim, a crescente necessidade da recuperação de áreas degradadas tem levado pesquisadores, produtores e proprietários de terras a buscarem novas formas de manejo mais eficazes e sustentáveis nessas áreas. Um dos fatores mais importantes é a definição sobre quais culturas devem ser consideradas para superar os efeitos da degradação, o que consiste em grandes desafios enfrentados pelo agronegócio (DARYANTO; WANG; JACINTHE, 2016).

O sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) tem ganhado destaque na agricultura atual por ser considerado um sistema agrícola com vantagens econômicas, sociais e, principalmente, ambientais (SILVA et al., 2020). A integração pode favorecer a intensificação sustentável da agropecuária, promovendo o aumento da produção de alimentos, fibras e energia, associado à promoção de serviços ecossistêmicos (MORAES et al., 2014).

Além disso, com o crescente interesse pelos sistemas integrados, o ILP tradicional evoluiu e houve a introdução do componente florestal, os chamados sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) (KICHEL et al., 2019). O ILPF é uma alternativa para a intensificação sustentável da produção agropecuária (MAGALHÃES et al., 2018). Ademais, com o intuito de conservação do solo, os consórcios dos sistemas integrados são geralmente estabelecidos com o uso da técnica de plantio direto, o que beneficia o sistema solo-planta-atmosfera, melhorando a qualidade do solo, a formação de palhada e favorecendo a produtividade das culturas (NASCENTE; LI; CRUSCIOL, 2015).

Além da técnica do plantio direto, a escolha das plantas utilizadas em sistemas integrados é outro fator determinante para o sucesso do sistema de produção. Logo, o cultivo de espécies forrageiras consorciadas com culturas anuais tem se mostrado uma técnica eficiente e economicamente viável como

método de formação, recuperação e renovação de pastagens ou de áreas degradadas (FLÁVIO NETO et al., 2015).

Neste contexto, a introdução de leguminosas e gramíneas é benéfica para os sistemas de produção, com aumento da produção de biomassa, fixação biológica de nitrogênio e qualidade do alimento para nutrição animal (TIRITAN et al., 2013). A leguminosa apresenta-se como alternativa para produção de forragem de alta qualidade, além de ser fonte de nitrogênio ao solo e possuir baixa relação C/N (OLIVEIRA et al., 2011).

Já as gramíneas forrageiras se destacam como componentes do consórcio, pois a palhada produzida apresenta alta relação C/N, com menor velocidade de decomposição e maior tempo de proteção do solo contra a insolação e o impacto das gotas da chuva. Isto resulta, respectivamente, em redução na evaporação de água do solo e na erosão. Além disso, aumenta a eficiência da ciclagem dos nutrientes, auxilia no controle de plantas daninhas, serve de alimento na pecuária e possui sistema radicular profundo (IKEDA et al., 2007, SANTOS et al., 2019).

Em virtude da crescente necessidade de recuperação de áreas degradadas, faz-se necessária a criação de estratégias voltadas à diversificação dos meios de produção nessas áreas, que possibilitem avanços socioeconômicos e melhor uso dos recursos ambientais de forma mais efetiva. Dessa forma, a proposta de estudo é justificável por contribuir de forma direta na tomada de decisão quanto à adoção de diferentes culturas que promovam a cobertura do solo, com potencial de melhorar suas propriedades, e que, além de possibilitarem aumento da produtividade, minimizem os impactos ambientais negativos.

Dessa forma, por meio do presente estudo objetivou-se avaliar o desenvolvimento e produtividade de espécies utilizadas para formação de cobertura morta do solo para posterior implantação de sistema agrossilvipastoril em plantio direto, além do potencial de silagem para diversificação da renda no sistema de produção.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Milheto e Sorgo forrageiro como plantas de cobertura e produção de biomassa

O manejo da fertilidade constitui um dos principais condicionantes da produtividade dos cultivos (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015). Dessa forma, estudos que busquem esclarecer relações entre os atributos do solo com os componentes produtivos da cultura são de fundamental importância no momento da tomada de decisão quanto às práticas de manejo a serem adotadas (MONTANARI et al., 2015).

A matéria orgânica tem influência direta na disponibilidade de nutrientes às culturas, na capacidade de troca de cátions e complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, fundamentais em solos tropicais, na sua maioria altamente intemperizados e ácidos (BARBIERI, 2020). A cobertura do solo também potencializa a produtividade das culturas (CARVALHO et al., 2018) e diminui a sobrevivência de fitopatógenos presentes no solo (LINHARES et al., 2016).

O uso de plantas de cobertura associadas ao plantio direto apresenta benefícios ao sistema solo-planta, pois mitiga a erosão, possibilita maior ciclagem e aproveitamento de nutrientes, além de proporcionar maior acúmulo de resíduos orgânicos, favorecendo as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (LINHARES et al., 2016). Nessa perspectiva, o consórcio e/ou a rotação de culturas combinam técnicas que aumentam a sustentabilidade do sistema de produção e minimizam os custos operacionais (FLÁVIO NETO et al., 2015).

O uso de forrageiras anuais como o Milheto e o Sorgo apresenta-se como boa alternativa na recuperação de pastagens degradadas. Seu cultivo pode ser em consórcio com gramíneas forrageiras perenes, como as dos gêneros *Panicum* spp. e *Brachiaria* spp. (ALMEIDA et al., 2019). O Sorgo e Milheto cultivados em consórcio são exemplos de aumento do acúmulo de carbono orgânico no solo, melhor exploração dos recursos naturais e conseqüentemente maior tolerância ao estresse hídrico (KLUTHCOUSKI et al., 2012).

O Milheto (*Pennisetum glaucum* L.) é uma espécie de Poaceae de origem africana, possui ciclo de vida curto (80 a 100 dias), e pode ser utilizado como cobertura do solo em plantio direto, forrageira em sistemas de pastejo direto,

silagem e cultivado como grão para consumo humano e animal (PEDROSO et al., 2009). É eficiente produtor de biomassa mesmo com menor necessidade hídrica, tornando-se uma cultura ainda mais atrativa principalmente em regime de mudanças climáticas (JAISWAL et al., 2018). Ademais, possui potencial para crescer em solo com baixa fertilidade (KUSHWAHA et al., 2019), devido ao seu extenso sistema radicular, que permite a extração de água e nutrientes das camadas mais profundas do solo (DEVI et al., 2014).

O Sorgo (*Sorghum bicolor* L.) também é uma espécie da família Poaceae, sendo utilizado para produção de grãos, silagem, forragem, açúcar/xarope, fabricação de cerveja e produção de biomassa lignocelulósica para bioenergia (McCORMICK et al., 2018; GALYUON et al., 2019). O Sorgo geralmente cresce em ambiente quente e seco, é tolerante à seca em comparação com outras culturas desta família, sendo o quinto cereal mais cultivado no mundo depois do trigo, arroz, milho e cevada (KUMAR et al., 2019; SATYAVATHI et al., 2019; REDDY, 2019).

Ademais, o uso de espécies forrageiras, especialmente as gramíneas, como o Sorgo e o Milheto, apresenta vantagens pelo fato dessas espécies possuírem sistema radicular abundante e profundo, o que contribui para a melhoria da infiltração da água, agregação e aeração do solo (FLÁVIO NETO et al., 2015). Essas forrageiras também têm como características a boa adaptabilidade, tolerância e resistência a fatores bióticos, e alta produção de matéria seca com elevado valor nutricional, capaz de atender à demanda dos animais, especialmente na estação seca do ano (SILVA; SCHWARTZ, 2019).

2.2 Feijão Guandu e Crotalária como plantas de cobertura e produção de biomassa

O solo é capaz de dar sustentação à vida de vegetais terrestres superiores, pois está associado a vários processos, como a germinação, crescimento radicular, armazenamento de água, aeração, além de atuar como substrato nutritivo, contribuindo para a dinâmica de nutrientes. No entanto, para que exerça suas funções é necessário que esteja em condições adequadas (MONTANARI, 2016).

O manejo incorreto das pastagens pode promover um efeito deletério sobre os atributos do solo, principalmente em sua camada superficial, o que compromete o crescimento das raízes (BELONI et al., 2016). Além disso, pode ocorrer redução da cobertura vegetal sobre o solo e do aproveitamento de nutrientes pelas culturas devido ao limitado crescimento radicular (FERREIRA et al., 2018). Dessa forma, o conhecimento das modificações químicas do solo ocasionadas pelo sistema de cultivo pode fornecer subsídios para a adoção de práticas de manejo que permitam incrementar a produtividade das culturas, assegurando a contínua sustentabilidade e conservação dos ecossistemas (FREITAS et al., 2017).

Nesse sentido, com a implantação de espécies que desempenham processos benéficos à fertilidade do solo, possibilita-se o melhor desenvolvimento das culturas e torna-se possível a manutenção da produtividade desse recurso (SILVA et al., 2021). Uma alternativa promissora é a utilização de espécies que realizam tratamentos estruturais no solo, como as leguminosas, que, além da fixação biológica de nitrogênio, possuem um sistema radicular profundo e resistente, o que demonstra seu potencial de rompimento das camadas adensadas do solo, facilitando a decomposição de matéria orgânica e reciclagem de nutrientes, melhorando assim os atributos do solo (COSTA et al., 2015; PIRES et al., 2015).

A utilização de leguminosas é uma importante estratégia de diversificação da produção e recuperação do solo, visando à solução de problemas como a baixa disponibilidade de nitrogênio nos solos tropicais sob gramíneas (ANDRADE et al., 2015). As leguminosas forrageiras auxiliam no processo de recuperação das áreas degradadas devido à capacidade dessas espécies em se associarem às bactérias fixadoras de nitrogênio, estimulando o desenvolvimento das gramíneas, bem como elevando o teor proteico na dieta animal (TERRA et al., 2019). Consideradas importantes leguminosas para a recuperação, estão o *Cajanus cajan* (Feijão guandu) e a *Crotalaria juncea* L. (Crotalária), pelo seu potencial de adubação verde na incorporação ao solo (GUIMARÃES et al., 2017).

O Feijão guandu, pertencente à família Fabaceae, é considerado uma boa alternativa para recuperação de áreas degradadas, pois possui um sistema radicular profundo que, além de reciclar nutrientes, possibilita romper camadas compactadas e adensadas do solo, auxiliando na diminuição da resistência à

penetração (FARIAS et al., 2013). Ademais, apresenta simbiose com microrganismos fixadores de nitrogênio atmosférico, impactando positivamente a ecologia do solo (GUPTA et al., 2015).

A Crotalária é uma espécie da família Fabaceae, originária da Índia, com excelente adaptação às regiões tropicais. É recomendada para adubação verde, em cultivo isolado, intercaladas a plantas perenes, na reforma de canavial ou em rotação com culturas graníferas, sendo uma das espécies leguminosas de mais rápido crescimento inicial e alta produção de biomassa vegetal quando comparada a outras culturas herbáceas de cobertura (MATEUS; WUTKE, 2006). Além disso, possui grande capacidade de incorporar nitrogênio ao solo por meio da fixação biológica, apresenta tolerância ao estresse hídrico, reduz a multiplicação de fitonematoides no solo e proporciona significativo acúmulo de fitomassa e nutrientes na parte aérea (PACHECO et al., 2015).

O consórcio de culturas na recuperação de pastagens já está sendo adotado em diversas regiões do país. Contudo, há necessidade da realização de mais pesquisas nesse âmbito para que possibilite ao produtor maior segurança das vantagens que o sistema fornece para o desempenho produtivo e econômico (TERRA et al., 2019). Lemaire et al. (2014) ressaltam que o consórcio de culturas é importante estratégia para ajudar na mitigação de impactos ambientais, todavia, muitas pesquisas são necessárias para projetar interações adequadas entre esses sistemas integrados para alcançar os maiores benefícios em diferentes regiões.

2.3 A adoção de sistema integrados para recuperação de pastagens degradadas

A perda de produtividade e qualidade das pastagens é uma das formas de degradação que geram grandes impactos negativos econômicos e ambientais. Essa degradação tem como principais causas: a escolha da espécie forrageira inadequada ao local de implantação; formação inicial incorreta da pastagem, causada pela ausência ou mau uso de práticas de conservação e preparo do solo; má adequação dos sistemas e métodos de plantio; manejo animal na fase de formação; ausência ou uso inadequado de adubação de manutenção; existência de pragas, doenças e plantas invasoras; manejo animal impróprio, como o

excesso de lotação; e sistemas inadequados de pastejo (MACEDO; ARAÚJO, 2019).

À medida que ocorre a diminuição da fertilidade do solo e do potencial das forrageiras, essas áreas geralmente são abandonadas e novos pastos são implantados em áreas recém-abertas (PEREIRA et al., 2013). Nesse sentido, o aumento sustentável da produção nas terras já utilizadas para fins agropecuários tem sido considerado uma alternativa eficiente para a solução do conflito entre expandir a produção agrícola e conservar os ecossistemas naturais (STRASSBURG et al., 2014), pois recuperar terras degradadas para produção pode ajudar a reduzir a pressão sobre terras nativas (PHALAN et al., 2011).

A recuperação de pastagens degradadas pode aumentar a produção pecuária e agrícola (FIGUEIREDO et al., 2017). No entanto, devido aos grandes investimentos para a formação, recuperação, reforma, adubação e irrigação de pastagens, há necessidade de novos métodos de recuperar essas áreas, sendo fundamental o estudo e adoção de estratégias para amortizar os custos e diversificar a produção (GARCIA et al., 2012). Tal avaliação considera a dinâmica de degradação e recuperação de pastagens e a relação custo-benefício de diferentes opções de manejo (SILVA et al., 2017).

A adoção do sistema plantio direto e o consórcio de culturas para diferentes fins, como produção de grãos, forragens ou cobertura vegetal, são exemplos de tecnologias que contribuem para a conservação do solo e recuperação dessas áreas degradadas (GITTI et al., 2012). O consórcio é importante por atender às diferentes características dos produtores com possibilidade de obter índices de lucratividade superiores em relação aos monocultivos (SANTOS et al., 2009). Outros benefícios também podem ser atribuídos aos sistemas integrados de produção, como a ciclagem de nutrientes, sendo uma estratégia de gestão de terras eficiente para recuperar áreas degradadas em todo o mundo (OLIVEIRA et al., 2014; FIGUEIREDO et al., 2017).

Considerada uma das melhores opções para recuperação de pastagens degradadas, o sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) pode ser definido como um sistema de produção que integra o cultivo de pastagens anuais ou perenes, destinadas à produção animal, e culturas destinadas à produção vegetal na mesma área (GARCIA et al., 2013), resultando na interação de vários fatores biológicos, econômicos e sociais, o que contribui para a sua sustentabilidade

(BALBINOT JUNIOR et al., 2009; REIS et al., 2020). Ademais, apresenta-se como uma oportunidade promissora para intensificação agrícola no Brasil, pois, além do potencial de recuperar pastagens degradadas, pode mitigar as emissões de gases de efeito estufa (CORTNER et al., 2019).

Nessa perspectiva, a ILP apresenta-se como uma solução viável, pois é possível explorar economicamente diferentes áreas de produção permitindo o aumento da renda (VINHOLIS et al., 2021), além do melhor aproveitamento dos insumos utilizados, principalmente fertilizantes e corretivos de solo (SILVA et al., 2018). Como pode ser observado em estudos realizados por Galharte e Crestana (2010), que constataram efeito positivo da ILP na conservação ambiental.

Considerada outra importante vertente dos sistemas integrados, a ILPF possui a vantagem de possibilitar a produção de alimentos como carne e grãos, além de madeira para energia, construção civil e indústria moveleira em áreas antropizadas ou já consolidadas para a atividade agropecuária (RODRIGUES et al., 2019; SILVA; SCHWARTZ, 2019). Desse modo, contribui para a diversificação da renda, redução dos gases de efeito estufa, melhoria da qualidade do solo, diminuição das taxas de desmatamento, maior conforto térmico para os animais e redução da emissão de gases causadores do efeito estufa devido ao sequestro de gás carbônico (LIMA; GAMA, 2018; RODRIGUES et al., 2019).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido sob condições de campo no Setor de Forragicultura do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, campus Cruz das Almas, localizado nas coordenadas 39°4'45"W e 12°39'52"S, no período de junho de 2021 a junho de 2022, referente a um ano agrícola. O solo na área do estudo é classificado como Latossolo Amarelo distrocoeso (SANTOS et al., 2018). O clima, segundo Köppen (1948), é classificado como As, referente a tropical com ocorrência de inverno chuvoso com cerca de 80% de umidade relativa do ar e a temperatura média anual de 24,5°C.

A área experimental encontrava-se em pousio há aproximadamente um ano, tendo sido utilizada anteriormente por pastagem em dois anos consecutivos com a espécie *Brachiaria decumbens*. Antes do período de pousio, a área de pastagem foi classificada como degradada em nível moderado, grau 2, conforme metodologia de Nascimento Júnior et al. (1994), apresentando as seguintes características: presença de pragas, diminuição na área coberta por vegetação e pequeno número de plantas proveniente de ressemeadura natural.

Foram coletadas amostras deformadas de solo com auxílio do trado manual holandês, nas profundidades de 0-0,20m e 0,20-0,40m, sendo formadas a partir da mistura de 15 amostras simples coletadas aleatoriamente na área experimental. Após a coleta, as amostras foram enviadas ao Laboratório de Análises de Solo da Universidade Federal de Lavras, para caracterização química (Tabela 1).

Tabela 1 – Características químicas do Latossolo amarelo distrocoeso da área em estudo

Prof	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m
m		mg dm ⁻³		----- cmol _c dm ⁻³ -----							-----%-----	
0-0,20	4,8	2,86	29,09	1,18	0,64	0,19	3,31	1,89	2,08	5,20	36,43	9,13
0,20-0,40	5,0	2,03	24,31	1,12	0,65	0,19	1,66	1,83	2,02	3,49	52,50	9,41

Método de análise proposto pela Embrapa (2017).

Para o preparo da área foi realizado o controle de formigas com a utilização do inseticida Regent® 800 WG de forma localizada, utilizando a dose de diluição recomendada (2g.L⁻¹), com aplicação após a identificação do banco de

entrada. A limpeza foi feita com auxílio da roçadeira costal, seguida da aplicação do herbicida Roundup® (3L.ha⁻¹) com o pulverizador costal, para evitar a competição com as espécies de interesse.

Com base na análise de solo, foram determinadas as quantidades de calcário e fertilizantes. A calagem foi realizada manualmente a lanço, dentro de cada parcela, utilizando o calcário dolomítico (PRNT=90%). A dose média de calcário utilizada foi 410kg.ha⁻¹ e o método de cálculo utilizado foi o de saturação por bases, no qual a V% da Crotalária e Sorgo foi elevada a 60%, do Feijão Guandu a 70% e do Milheto a 65%. O calcário utilizado apresentava concentração de 28% CaO e 21% de MgO. Após o período de 90 dias para que o calcário reagisse quimicamente no solo, realizou-se a instalação do experimento. Foi feita a adubação com 90kg.ha⁻¹ de P₂O₅, 70kg.ha⁻¹ de K₂O e 50kg.ha⁻¹ de N.

O delineamento experimental foi blocos casualizados, sendo quatro tratamentos com quatro blocos, totalizando 16 parcelas. As parcelas têm dimensões de 5x4m, compreendendo uma área de 20m². Os tratamentos foram T1: Sorgo (*Sorghum bicolor* cv. BRS Ponta Negra), T2: Milheto (*Pennisetum glaucum* cv. BRS1501), T3: Feijão guandu (*Cajanus cajan*), T4: Crotalária (*Crotalaria juncela* L.).

A semeadura ocorreu no sistema de plantio direto, no qual as sementes foram depositadas manualmente em linhas demarcadas entre a palhada da *B. decumbens*, consistindo em cinco linhas por parcela, espaçadas por 0,70m entrelinhas. As linhas foram abertas com auxílio da enxada e picareta. Foram realizados tratos culturais manuais sempre que necessários, como controle de formigas e plantas espontâneas, a fim de evitar competição e danos às plantas. Na continuidade da pesquisa será implementado o componente arbóreo, como segunda etapa do projeto.

As avaliações foram realizadas após 90 dias do desenvolvimento das espécies em campo, quando as plantas encontravam-se em estágio fenológico de florescimento e formação de sementes. A amostragem foi feita com quadro metálico com área conhecida (1m²), lançado ao acaso na área útil de cada parcela, sendo duas amostras por parcela cortadas a 0,10m do solo (NERES et al., 2012).

O material coletado foi pesado, em seguida separado em duas subamostras, sendo uma representativa e a outra seccionada em folha, colmo e

inflorescência. As amostras foram colocadas em sacos de papel identificados, pesados para determinação da matéria verde (MV), e levado à estufa com ventilação forçada à temperatura entre 60 e 65°C, para determinação de sua matéria seca (MS) e estimativa da produção de matéria seca total (MST) em kg.ha⁻¹.

Para avaliar o desenvolvimento e crescimento das plantas, bem como seu potencial de produção e acúmulo de biomassa, foram mensuradas e estimadas as seguintes variáveis: número de plantas por metro linear (NUP); altura média de 10 plantas (ALP); porcentagem de folhas (FOL), colmo (COL), inflorescência ou cachos (INF); além da razão folha/colmo (RFC). Foram estimadas as produções de matéria verde total (PMV) e matéria seca total (PMS) e sua conversão em produção de silagem (PSI) em kg.ha⁻¹, considerando 85% de aproveitamento, e por fim, a estimativa da renda bruta total (RBT, considerando o valor da silagem 0,50R\$/kg.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos ao nível de 5%, foram comparados pelo teste de média de Tukey, utilizando o software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para as características agronômicas das plantas evidenciaram aspectos positivos em diferentes variáveis analisadas, demonstrando seu potencial para utilização em cobertura morta do solo (Tabela 2).

Tabela 2 – Desenvolvimento das plantas forrageiras após 90 dias de cultivo em campo

Variável	Tratamentos				CV
	Sorgo	Milheto	Feijão guandu	Crotalária	
NUP	30,2 a	27,1 a	29,2 a	16,0 b	22,7
ALP	1,6 a	1,6 a	1,2 b	1,51 a	10,4
FOL	30,0 b	16,5 c	59,2 a	24,1 b	21,1
COL	53,0 b	60,6 a	40,8 c	60,2 a	11,4
INF	17,0 a	22,9 a	-	15,7 a	41,2
RFC	0,6 b	0,3 c	1,5 a	0,4 bc	28,1

Médias seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em que: NUP=Número de plantas (m linear); ALP=Altura de plantas (m); FOL=Folha (%); COL=Colmo (%); Inflorescência (%); RFC=Razão Folha:Colmo; CV=Coeficiente de Variação (%).

O Sorgo, o Milheto e o Feijão guandu apresentaram médias superiores e não diferiram estatisticamente entre si para a variável NUP. Essa característica pode resultar em menor necessidade de tratos culturais durante o desenvolvimento da cultura. Plantas com maiores populações de perfilhos podem ocupar espaços maiores, aumentando assim o sombreamento, o que dificulta o desenvolvimento de plantas indesejáveis. Quando esta característica está associada à elevada altura da planta e baixo acamamento, a produção total de matéria seca tende a aumentar (SILVA et al., 2020).

Assim como observado no NUP, o Sorgo e Milheto foram superiores também na ALP, não diferindo estatisticamente da Crotalária. A altura da planta é uma característica que determina regularmente seu potencial produtivo em matéria seca e fresca por hectare (NEUMANN et al., 2002).

O milheto, através do seu sistema radicular profundo, permite a ciclagem de nutrientes deixando-os disponíveis para as culturas subsequentes, pois suas plantas absorvem os nutrientes das camadas subsuperficiais do solo e os liberam, posteriormente, na camada superficial após a decomposição dos seus resíduos na formação da cobertura morta (PIRES et al., 2007).

O uso das leguminosas também é muito importante para a disponibilidade do nutriente para as culturas subsequentes. Nesse sentido, a crotalária apresenta características positivas como o ciclo curto, acúmulo de N em sua fitomassa e redução da população de nematoides no solo (ALGERI et al., 2018).

Pfüller et al. (2019), avaliando o desenvolvimento de espécies de cobertura do solo, observaram altura média do Milheto 2,10m e Crotalária 1,40m após 90 dias de plantio, valores próximos aos encontrados no presente trabalho. O Feijão guandu obteve a menor média de ALP, isso pode ser explicado pela sua arquitetura horizontal, o que não implica, necessariamente, em relacionar a baixas produções.

Por ser uma espécie de rápido crescimento, o Feijão guandu cobre o solo e aumenta a biomassa no estágio inicial, desempenhando importante papel na adubação (AGUIAR; LIMA, 2023). Além de possuir um sistema radicular profundo e ramificado que possibilita a resistência ao estresse hídrico ao romper camadas adensadas do solo (AZEVEDO et al., 2007).

Um dos fatores que podem contribuir para maior altura das plantas é a utilização da cobertura morta, a qual promove melhorias nas condições físicas, térmicas e hídricas do solo, favorecendo um melhor desenvolvimento das culturas subsequentes (ALVES et al., 2018). Sob a aplicação de cobertura morta as características morfofisiológicas das plantas tendem a ser modificadas, o que se deve principalmente às condições de maior retenção de água no solo, influenciando diretamente nas plantas (IZIDRO, 2019).

Ao avaliar o desenvolvimento do Sorgo após 98 dias do plantio, Perazzo et al. (2013) observaram para a cultivar BRS Ponta Negra uma altura de 2,74m, superior à encontrada nesse trabalho. Por outro lado, Silva et al. (2020) ao avaliarem a caracterização agrônômica do BRS Ponta Negra em condições de sequeiro, observaram após 124 dias a altura de 1,48 m, inferior à encontrada nesse trabalho.

Logo, tanto os resultados obtidos no presente estudo, quanto as variações encontradas na literatura, podem ser influenciadas pelas condições climáticas da região, assim como pela qualidade das sementes e tratos culturais. A altura ou porte da planta é determinante no comportamento do Sorgo, podendo prever características agrônômicas (PERAZZO et al., 2013). Nesse sentido, a altura da

planta do Sorgo geralmente está relacionada com sua produção de matéria seca (SILVA et al., 2020).

Uma importante característica do Feijão guandu é a sua alta porcentagem de folhas. Farias (2012) ao avaliar o Feijão guandu como adubo verde em Latossolo Vermelho de Cerrado, verificou que o número de folhas é uma variável importante a ser analisada por existir relação entre a produção de folhas e a quantidade de fitomassa devolvida ao solo, contribuindo com a ciclagem de nutrientes.

Para a variável COL, a Crotalária e o Milheto apresentaram as maiores médias. O colmo, embora relevante no processo de fermentação da silagem devido ao alto teor de carboidratos solúveis (WSC), que é o principal substrato para fermentação láctica responsável pela preservação do material (MOURA et al., 2016), não é recomendado por apresentar concentrações muito superiores às porcentagens de lâmina foliar e inflorescência. Isso porque a lâmina foliar e a inflorescência desempenham papéis importantes na qualidade nutricional da silagem, pois apresentam os maiores coeficientes de digestibilidade. Além disso, a inflorescência é essencial na regulação do teor de MS na colheita e no processo de ensilagem (SANTOS et al., 2013).

Além disso, do ponto de vista da formação de cobertura morta, quanto menor a proporção de colmo, menor será a quantidade de matéria lignificada da planta, o que pode contribuir com a redução no tempo de degradação da matéria orgânica que cobre o solo e, conseqüentemente, acelerar a disponibilidade de nutrientes para o solo e para a cultura subsequente (SANTOS et al., 2013).

Ao considerar a decomposição no solo e utilização na alimentação animal, geralmente espera-se que haja maior quantidade de folhas invés de colmo, ou seja, a RFC seja maior. Os resultados obtidos para essa variável demonstram que o Feijão guandu foi estatisticamente superior às demais. Isso pode ser explicado pelo seu porte arbustivo e sua arquitetura horizontal, o que lhe confere mais folhas em comparação às plantas eretas.

Em relação aos resultados de produtividade, nota-se que o melhor desempenho foi obtido com a utilização do Sorgo, para todas as variáveis analisadas, não diferindo estatisticamente da Crotalária e do Milheto apenas no teor de matéria seca (Tabela 3).

Tabela 3 – Produtividade das plantas forrageiras após 90 dias de cultivo em campo

Variável	Tratamentos				CV
	Sorgo	Milheto	Feijão guandu	Crotalária	
MS (%)	27,4 a	27,5 a	24,8 b	27,5 a	6,4
PMV	32152,0 a	19412,0 b	14402,0 b	14566,0 b	34,8
PMS	8788,3 a	5296,1 b	3565,4 b	3954,5 b	33,7
PSI	27329,0 a	16501,0 b	12242,0 b	12381,0 b	34,8
RBT	13.665,00 a	8.250,00 b	6.121,00 b	6.191,00 b	11,9

Médias seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em que: MS= Teor de massa seca (%); PMV=Produção de matéria verde (kg.ha⁻¹); PMS=Produção de matéria seca (kg.ha⁻¹); PSI=Produção de silagem (kg.ha⁻¹); RBT=Renda Bruta Total (R\$/ha); CV=Coeficiente de Variação (%).

O teor de MS da forragem é um dos determinantes do seu processo de fermentação, e conseqüentemente da qualidade do material produzido. Este teor de matéria seca pode ser explicado pela composição morfológica da planta, sendo que a participação de caules mais suculentos, folhas e panículas contribui para o aumento da MS (COSTA et al., 2016). Mc Donald et al. (1991) indicam que o percentual de MS deve estar acima de 25%, associados a um adequado nível de carboidratos solúveis.

No presente estudo, o Sorgo apresentou 27,42% de teor de MS. Lucena et al. (2021), avaliando a composição físico-química da planta de Sorgo forrageiro BRS Ponta Negra aos 103 dias após o plantio, observaram teor de MS de 22,92%, enquanto Perazzo et al. (2013), avaliando a mesma variedade de Sorgo, obtiveram 23,25% aos 98 dias, sendo ambos inferiores ao encontrado nesse trabalho. Em estudos realizados por Santos et al. (2018), o teor de MS do Sorgo variou entre 30% e 35%, o que é ideal para uma boa fermentação, pois minimiza a possibilidade de formação de efluentes na silagem e diminui a atividade de água, reduzindo o aparecimento de leveduras indesejáveis.

Dentre as leguminosas, as do gênero Crotalária são destaques na utilização de adubo verde, pois podem contribuir com seu teor de MS para o sistema de plantio direto (KAPPES; ZANCANARO, 2015). Como o Feijão guandu é arbustivo em comparação às demais, ele tem a tendência de reter mais água nos colmos lenhosos, em relação às plantas eretas.

O Sorgo foi estatisticamente superior às demais nas variáveis PMV e PMS. Isso pode ser devido às suas maiores médias em número de plantas e altura das

plantas, conforme foi observado por Lucena et al. (2021), que constataram a influência direta dos atributos de crescimento da planta no aumento da PMV, assim como a influência do teor de MS na PMS.

Esses aspectos podem ter influência direta no fato do Sorgo apresentar a maior produção de silagem (PSI), sendo estatisticamente superior às demais. Paziani et al. (2009) observaram que para garantir o sucesso da ensilagem, a planta deve apresentar elevada produção de massa verde e seca, corroborando com os resultados encontrados no presente trabalho. Costa et al. (2017), avaliando a produtividade do Sorgo para produção de silagem, obtiveram resultados semelhantes a este trabalho, sendo a PMV 33,6 t.ha⁻¹ e PMS 9,3 t.ha⁻¹.

A ensilagem do Sorgo é importante devido ao seu alto rendimento e concentração adequada de MS (PERAZZO et al. 2017). O Sorgo também oferece alta produtividade de matéria seca por área, bom padrão de fermentação e, relativamente, alto valor nutricional, tanto na produção de silagem quanto no fornecimento de forragem fresca para ruminantes (CRUZ et al., 2020). Para produção de silagem de qualidade, deve-se atentar para rendimentos forrageiros e características agronômicas da planta, conforme a finalidade do uso (PERAZZO et al., 2013).

Em estudos econômicos realizados com o Sorgo em 2015 no Cerrado, Pascoaloto et al. (2016) verificaram a RBT igual a R\$ 4.305,05 para uma PSI de 20.500,22 kg.ha⁻¹, inferiores aos encontrados neste trabalho. Isso pode ser devido às diferenças nas condições climáticas e do solo nos locais de estudo, bem como aos valores do kg da silagem nos respectivos anos estudados.

Mahmood e Honermeier (2012) afirmam que o Sorgo de ciclo curto serve para rotação de culturas ou culturas subsequentes da produção principal de grãos, ou também pode ser utilizado em sistemas de integração (SILVA et al., 2020). Além disso, Lucena et al. (2021) ressaltam que o Sorgo BRS Ponta Negra é mais utilizado para produção de forragem e, portanto, não tem alta participação de panículas.

Com o intuito de maximizar a produção e diversificar o cultivo, o emprego de sistema consorciado se torna uma prática indispensável, uma vez que tem por propósito o cultivo de duas ou mais espécies diferentes em uma mesma área simultaneamente (ALVES et al., 2018; QIAN et al., 2018). Além de auxiliar na recuperação das forrageiras, as leguminosas podem formar um banco de proteína

para alimentação animal, aumentando a capacidade de suporte das pastagens, ou seja, a produtividade animal por área (SOUZA et al., 2016).

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que as plantas estudadas apresentaram desempenho positivo com potencial para cobertura do solo, com destaque para o Feijão guandu com o melhor desenvolvimento agrônômico, enquanto o Sorgo apresentou maior produtividade e renda bruta. Portanto, sugere-se que a utilização do Feijão guandu e do Sorgo pode ser estratégia viável como etapa inicial para cobertura do solo e diversificação da produção com obtenção de renda em sistemas integrados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, P. H. S.; LIMA, R. A. Fabaceae: importância ecológica do feijão guandu (*Canajus cajan* L.). **Revista EDUCamazônia**, v.16, n. 1, p. 172-180, 2023.

ALGERI, A.; VILAR, C. C.; USHIWATA, Y. S.; REIS, R. G. E. Produção de biomassa e cobertura do solo por milheto, braquiária e crotalaria cultivados em cultura pura e consorciados. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.11, n.02, p.112-125, mai/ago. 2018.

ALMEIDA, R. G.; BARBOSA, R. A.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N. Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em integração. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (Ed.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. 1. ed, p. 379-388, Brasília, DF: Embrapa, 2019.

ALVES, H. K. M. N.; JARDIM, A.; M. R. F.; SOUZA, L. S. B.; SILVA, T. G. F. The application of agrometeorological techniques contributes to the agricultural resilience of forage cactus: A review. **Amazonian Journal of Plant Research**, v. 2, n. 3, p. 207-220, 2018.

ANDRADE, C. M. S.; ASSIS, G. M. L.; FERREIRA, A. S. Eficiência de longo prazo da consorciação entre gramíneas e leguminosas em pastagens tropicais. In: Congresso Brasileiro de Zootecnia. **Anais**. Fortaleza, 2015.

AZEVEDO, R.L.; RIBEIRO, G.T.; AZEVEDO, C.L.L. Feijão guandu: uma planta multiuso. **Revista da FAPES**, v.3, n.2, p.81-86, 2007.

BALBINOT JUNIOR, A. A. MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A. DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p.1925-1933, 2009. doi: 10.1590/S0103-84782009005000107.

BARBIERI, R. S. **Recuperação de uma pastagem degradada e variação de atributos do solo: um estudo geoestatístico e econômico**. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. 2020. Tese (Doutorado em Agronomia). Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/191420>. Acesso em: 13 ago. 2022.

BELONI, T.; PIOTTO, V. C.; MARI, G. C.; PINHEIRO, A. A.; TORMENA, C. A.; CECATO, U. Root system and resistance to penetration of Mombaça grass fertilized with nitrogen and irrigated. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 5, p. 3243-3252, 2016. doi: 10.5433/1679-0359.2016v37n5p3243.

BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M. M.; RESENDE, R. M. S.; ZIMMER A. H.; ALMEIDA R. G.; MACEDO, M. C. M. Recuperação de pastagens degradadas. In: NOBRE, M. M.; OLIVEIRA, I. R (Ed). **Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação**. 1 ed, p. 105-138, Brasília, DF: Embrapa Milho e Sorgo, 2018.

CARVALHO, D. F.; RIBEIRO, E. C.; GOMES, Daniela P. Marketable yield of onion under different irrigation depths, with and without mulch. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 107-112, 2018.

CORTNER, O.; GARRETT, R. D.; VALENTIM, J. F.; FERREIRA, J.; NILES, M. T.; REIS, J.; GIL, J. Perceptions of integrated crop-livestock systems for sustainable intensification in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 82, p. 841–853, 2019. <https://doi.org/10.1016/J.landusepol.2019.01.006>.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; ULIAN, N. A.; COSTA, B. S.; PARIZ, C. M.; CAVASANO, F. A.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Produtividade da soja sobre palhada de forrageiras semeadas em diferentes épocas e alterações químicas no solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, p. 8-16, 2015. doi: 10.5039/agraria.

COSTA, J. A. A.; NEVES, A. P.; SILVEIRA, L. S. M.; VILLAFUERTE, S. G. E. GUIMARÃES, R. L. S.; PROCIÚNCULA, G. C.; SOUZA JUNIOR, V. R.; VERZIGNASSI, J. R.; QUEIROZ, H. P. **Consórcio de gandu com milho ou com sorgo para produção de silagem**. Comunicado Técnico, 2017.

COSTA, R. F., PIRES, D. A. A.; MOURA, M. M. A.; SALES, E. C. J.; RODRIGUES, J. A. S.; RIGUEIRA, J. P. S. Agronomic characteristics of sorghum genotypes and nutritional values of silage. **Acta Scientiarum, Animal Sciences**, Maringá, v. 38, n. 2, p. 127-133, 2016.

CRUZ, S. S.; ANDREOTTI, M.; PASCOALOTO, I. M.; LIMA, G. C.; SOARES, C. A. Production in forage sorghum intercropped with grasses and pigeon pea at crop cutting. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 2, 2020. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200031>.

DARYANTO, S.; WANG, L.; JACINTHE, P. A. Global Synthesis of Drought Effects on Maize and Wheat Production. **Plos One**, v. 11, n.5: e0156362, 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156362>.

DEVI, P. B., VIJAYABHARATHI, R., SATHYABAMA, S., MALLESHI, N. G., & PRIYADARISINI, V. B. Health benefits of finger millet (*Eleusine coracana* L.) polyphenols and dietary fiber: a review. **Journal of food Science and technology**, v. 51, n. 6, p. 1021-1040, 2014.

FARIAS, L. N. **Feijão gandu adubado com fosfato natural e utilizado como adubo verde para cultivo do milho em Latossolo de Cerrado**. Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Rondonópolis, Mato Grosso, Brasil. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Disponível em: <https://ri.ufmt.br/handle/1/1118>. Acesso em: 13 jul. 2022.

FARIAS, L. N.; BONFIM-SILVA, E. M.; PIETRO-SOUZA, W.; VILARINHO, M. K. C., SILVA T. J. A.; GUIMARÃES, S. L. Características morfológicas e produtivas de feijão gandu anão cultivado em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n.5, p. 497-503, 2013.

FERREIRA, C. J. B.; TORMENA, C. A.; CECATO, U.; FRANCO, H. H. S.; MOREIRA, W. H.; GALBEIRO, S.; RIBEIRO, O. L. Soil physical Properties under a 'Tanzânia' grass pasture fertilized with mineral nitrogen or inter cropped with stylosanthes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 4, p. 478-486, 2018. doi: 10.1590/s0100-204x2018000400009.

FIGUEIREDO, E. B.; JAYASUNDARA, S.; BORDONAL, R. O.; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A.; WAGNER-RIDDLE, C. LA SCALA JR, N. Greenhouse gas

balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, n. 1, p. 420-431, 2017.

FLÁVIO NETO, J.; SEVERIANO, E. C.; COSTA, K. A. P.; GUIMARÃES JUNNYOR, W. S.; GONÇALVES, W. G.; ANDRADE, R. Biological soil loosening by grasses from genus *Brachiaria* in crop-livestock integration. **Acta Scientiarum, Agronomy**, v. 37, n. 3, p. 375-383, 2015. doi: 10.4025/actasciagron.v37i3.19392.

FREITAS, L.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S.; FRARE, C. V.; FILLA, V. A. et al. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Unimar Ciências**, v. 26, n. 1-2, 2017.

GALHARTE, C. A.; CRESTANA, S. Avaliação do impacto ambiental da integração lavoura pecuária: Aspecto conservação ambiental no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p. 1202-1209, 2010.

GALYUON, I. K.; GAY, A.; HASH, C. T.; BIDINGER, F. R.; HOWARTH, C. A comparative assessment of the performance of a stay-green sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) introgression line developed by marker-assisted selection and its parental lines. **African Journal of Biotechnology**, v.18, n. 26, p. 548-563, 2019.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M.A.A.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; LIMA, A.E.S.; BUZETTI, S. Análise econômica da produtividade de grãos de milho consorciado com forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* em sistema plantio direto. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, p. 157-163, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000200002>.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. BUZETTI, S. CELESTRINO, T. S.; LOPES, K. S. M. Desempenho agrônomo da cultura do milho e espécies forrageiras em sistema de Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado. **Ciência Rural**, v. 43, n. 4, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000400005>.

GITTI, D. C.; ARF, O.; VILELA, R. G.; PORTUGAL, J. R.; KANEKO, F. H.; RODRIGUES, R. A. F. Épocas de semeadura de crotalária em consórcio com milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 2, p. 156-168, 2012.

GUIMARÃES, F. S.; CIAPPINA, A. L.; ANJOS, R. A. R.; SILVA, A.; PELÁ, A. Consórcio guandu-milho-braquiária para integração lavoura pecuária. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, p. 22-27, 2017.

GUPTA, G.; PARIHAR, S. S.; AHIRWAR, N. K.; SNEHI, S. K.; SINGH, V. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development of sustainable agriculture. **Journal of Microbial & Biochemical Technology**, v. 7, n. 2, p. 096-102, 2015. doi: 10.4172/1948-5948.1000188.

IKEDA, F. S.; MITJA, D.; VILELA, L.; CARMONA, R. Banco de sementes no solo em sistemas de cultivo lavoura- pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1145-1151, 2007. doi: 10.1590/S0100-204X2007001100005.

IZIDRO, J. L. P. S. **Propriedades do solo, características agronômicas e trocas gasosas do milheto em função da adubação orgânica e cobertura**

morta no solo em ambiente semiárido. Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Serra Talhada, Pernambuco, Brasil. 2019. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Disponível em: https://ww2.pgpv.ufrpe.br/sites/default/files/testes-dissertacoes/dissertacao_lypson.pdf. Acesso em: 13 out. 2022.

JAISWAL, S.; ANTALA, T.J.; MANDAVIA, M. K.; CHOPRA, M.; JASROTIA, R. S.; TOMAR, R. S.; KHENI, J.; ANGADI, U. B.; IQUEBAL, M. A.; GOLAKIA, B. A.; RAI, A.; KUMAR, D. Transcriptomic signature of drought response in pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) and development of web-genomic resources. **Scientific Reports**, v. 8, n.3382, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21560-1>.

KAPPES, C.; ZANCANARO, L. Sistemas de consórcios de braquiária e de crotalárias com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. Sete Lagoas, v. 14, p. 219-234, 2015.

KICHEL, A. N.; BUNGENSTAB, D. J.; ZIMMER, A. H.; SOARES, C. O.; ALMEIDA, R. G. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e o progresso do setor agropecuário brasileiro. *In*: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (Ed.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. 1. ed, p. 49-58, Brasília, DF: Embrapa, 2019.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE. L.F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura e pecuária**. – 2. ed. – Brasília, DF; EMBRAPA, 2012, 570p.

KÖPPEN, W.; GEIGER. R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1948.

KUMAR, P.; TOKAS, J.; SINGAL, H. R. Amelioration of Chromium VI Toxicity in Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) using Glycine Betaine. **Scientific Reports**. v. 9, n. 16020, 2019. doi: 10.1038/s41598-019-52479-w.

KUSHWAHA, P.; KASHYAP, P. L.; KUPPUSAMY, P.; SRIVASTAVA, A. K.; TIWARI, R. K. Functional characterization of endophytic bacilli from pearl millet (*Pennisetum glaucum*) and their possible role in multiple stress tolerance, **Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology**, v. 154, n. 4.; p. 503-514, 2019. doi: 10.1080/11263504.2019.1651773.

LEMAIRE, G, FRANZLUEBBERS, A, DE F CARVALHO, PC AND DEDIEU, B. Integrated crop-livestock systems: strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v. 190, p. 4–8, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.08.009>.

LIMA, M. C. D.; GAMA, D. C. O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: conceitos, desafios e novas perspectivas. **Agroforestalis News**, Aracaju, v. 3, n. 1, 2018.

LINHARES, C. M. S.; FREITAS, F. C. L.; AMBRÓSIO, M. M. Q.; CRUZ, B. L. S.; DANTAS, A. M. M. Efeito de coberturas do solo sobre a sobrevivência de *Macrophominaphaseolina* no feijão-caupi. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 2, p. 155-159, 2016.

LUCENA, N. T.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S.; PERAZZO, A. F.; CRUZ, G. F.L.; PEREIRA, D. M.; PEREIRA, G. A.; MACÊDO, A. J. S.; RAMOS, R. C. S.; NOGUEIRA, M. S. Agronomic traits and chemical composition of forage sorghum

plants fertilized with poultry litter and fermentative profile of silages. **Chilean Journal Of Agricultural Research**, Chillán, v. 81, n. 4, p. 575-584, 2021. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392021000400575>.

MACEDO, M. C. M.; ARAÚJO, A. R. Sistemas de produção em integração: alternativa para recuperação de pastagens degradadas. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (Ed.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. 1. ed, p. 295-317, Brasília, DF: Embrapa, 2019.

MAGALHÃES, C. A. S.; ZOLIN, C. A.; LULU, J.; LOPES, L. B. Índices de conforto térmico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no ecótono Cerrado/Amazônia. Sinop, MT: **Embrapa**, 2018.

MAHMOOD, A.; HONERMEIER, B. Chemical composition and methane yield of sorghum cultivars with contrasting row spacing. **Field Crops Research**, v. 128, p. 27-33, 2012.

MATEUS, G. P.; WUTKE, E. B. Espécies de leguminosas utilizadas como adubos verdes. **Pesquisa&Tecnologia**, v. 3, n. 1, 2006.

MCCORMICK, R.F.; TRUONG, S. K.; SREEDASYAM, A.; JENKINS, J.; SHU, S.; SIMS, D.; KENNEDY, M.; AMIREBRAHIMI, M.; WEERS, B. D.; MCKINLEY, B.; MATTISON, A.; MORISHIGE, D. T.; GRIMWOOD, J.; SCHMUTZ, J.; MULLET, J. E. The Sorghum bicolor reference genome: improved assembly, gene annotations, a transcriptome atlas, and signatures of genome organization. **The Plant Journal**, v. 93, n. 2, p. 338-354, 2018. doi: 10.1111/tpj.13781.

MCDONALD, P. J.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The Biochemistry of Silage**, 2. ed. Marlow, Bucks, UK: Cambridge University Press, 1991.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 238 p.

MONTANARI, R. **Atributos do solo e componentes produtivos da cultura da pupunha: uma abordagem linear, geoestatística e multivariada**. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. 2016. Tese (Livre-Docência em Geostatística). Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/140270/000867298.pdf?sequence=1>. Acesso em: 13 ago. 2022.

MONTANARI, R.; PANACHUKI, E.; LOVERA, L. H.; CORREA, A. R.; OLIVEIRA, I. S.; QUEIROZ, H. A.; TOMAZ, P. K. Variabilidade espacial da produtividade de sorgo e de atributos do solo na região do ecótono Cerrado-Pantanal, MS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 2, p. 385-396, 2015.

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; LUSTOSA, S. B. C.; LANG, C. R.; DEISS, L. Research on Integrated Crop-Livestock Systems in Brazil. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 45, n. 5spe, p. 1024-1031, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000500018>.

MOURA, M. M. A.; PIRES, D. A. A.; COSTA, R. F.; TOLENTINO, D. C.; RIGUEIRA, J. P. S.; SALES, E. C. J. Nutritional value of sorghum silages. **Acta Scientiarum, Animal Sciences**, n. 39, p.137-142, 2017.

NASCENTE, A. S.; LI, Y.; CRUSCIOL, C. A. C. Soil Aggregation, Organic Carbon Concentration, and Soil Bulk Density as Affected by Cover Crop Species in a No-Tillage System. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 3, p. 871-879, 2015.

NASCIMENTO JÚNIOR, D.; QUEIROZ, D. S.; SANTOS, M. V. F. dos. Degradação de pastagens, critérios para avaliação. In: Simpósio sobre manejo da pastagem, **Anais**. Piracicaba: FEALQ, p. 107-151, 1994.

NERES, M. A.; CASTAGNARA, D. D.; SILVA, F. B.; OLIVEIRA, P. S. R.; MESQUITA, E. E.; BERNARDI, T. M. GUARIANTI, A. J.; VOGT, A. S. L. Características produtivas, estruturais e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Piatã e do feijão-guandu cv. Super N, em cultivo singular ou em associação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 5, p. 862-869, 2012.

NEUMANN, M. RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; BERNARDES, R. A. C.; ARBOITE, M. Z.; CERDÓTES, L.; PEIXOTO, L. A. O. Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p.302-312, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982002000200003>.

OLIVEIRA, C. A. O.; BREMM, C.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; KUNRATH, T. R.; FACCIO CARVALHO, P. C. Comparison of an integrated crop-livestock system with soybean only: economic and production responses in southern Brazil. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 29, p. 230–238, 2014. <https://doi.org/10.1017/S1742170513000410>.

OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; FAVARIN, J. L.; SANTOS, D. C. Consórcio de milho com braquiária e guandu-anão em sistema de dessecação parcial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1184-1192, 2011.

PACHECO, L. P.; MIGUEL, A. S. D. C. S.; SILVA, E. M. B.; SOUZA, E. D.; SILVA, F. D. Influência da densidade do solo em atributos da parte aérea e sistema radicular de crotalária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 4, p. 464-472, 2015.

PASCOALOTO, I. M.; CRUZ, S. S.; ANDREOTTI, M.; SABBAG, O. J.; LIMA, G. C.; GARCIA, C. M. P. Estudo econômico da silagem de sorgo consorciado com capimmarandu, capim-mombaça e/ou guandu no Cerrado. In: XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo. **Anais**. Bento Gonçalves, RS, 2016.

PAZIANI, S. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B.; BITTAR, C. M. M.; ZOPOLLATTO, P. C. R. M. Características agrônômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 411-417, 2009.

PEDROSO, C. E. S.; MONKS, P. L.; FERREIRA, O. G. L.; TAVARES, O. M.; LIMA, L. S. Características estruturais de milheto sob pastejo rotativo com diferentes períodos de descanso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 801-808, 2009. doi: 10.1590/S1516-35982009000500004.

PERAZZO, A. F., SANTOS, E. M., PINHO, R. M. A., CAMPOS, F. S., RAMOS, J. P. F., AQUINO, M. M. Características agrônômicas e eficiência do uso da chuva

em cultivares de sorgo no semiárido. **Ciência Rural**, v. 43, p. 1771–1776, 2013. doi: 10.1590/S0103-84782013001000007.

PERAZZO, A. F.; CARVALHO, G. G. P.; SANTOS, E. M.; BEZERRA, H. F. C.; SILVA, T. C.; PEREIRA, G. A.; RAMOS, R. C. S.; RODRIGUES, J. A. S. Agronomic Evaluation of Sorghum Hybrids for Silage Production Cultivated in Semiarid Conditions. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. June, p. 1–8, 2017.

PEREIRA, D. N.; OLIVEIRA, T. C.; BRITO, T. E.; AGOSTINI, J. A. F.; LIMA, P. F.; SILVA, A. V.; SANTOS, C. S.; BREGAGNOLI, M. Diagnóstico e recuperação de áreas de pastagens degradadas. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, n. 1, p. 49-53, 2013.

PFULLER, E. E.; SANTOS, D. B.; AIRES, R. F.; SAMANIEGO, M. D. P. G. Aspectos fenológicos e produtividade de espécies de verão para cobertura de solo em Vacaria, RS. **Investigación Agraria**, San Lorenzo, v. 21, n. 1, p. 23-30, 2019. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2019.junio.23-30>.

PHALAN, B.; BALMFORD, A.; GREEN, R. E.; SCHARLEMANN, J. P. W. Minimising the harm to biodiversity of producing more food globally. **Food Policy**, v. 36, p. S62-S71, 2011.

PIRES, F. R.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; SANTOS, S. C.; VIEIRA NETO, S.A.; SOUSA, J.P.G. Desempenho agrônômico de variedades de milho em razão da fenologia em pré-safra. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 41-49, 2007.

PIRES, F. R.; ASSIS, R. L.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, G. P.; MORAES, L. L.; RUDOVALHO, M. C.; BÔER, C. A. Manejo de plantas de cobertura antecessoras à cultura da soja em plantio direto. **Revista Ceres**, v. 55. p. 2, 2015.

QIAN, X.; ZANG, H.; XU, H.; HU, Y.; REN, C.; GUO, L.; ZENG, Z. Relay strip intercropping of oat with maize, sunflower and mung bean in semi-arid regions of Northeast China: yield advantages and economic benefits. **Field Crops Research**, v. 223, p. 33-40, 2018.

R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2019. URL <https://www.R-project.org/>.

REDDY, P. S. Breeding for abiotic stress resistance in sorghum. In: ARUNA, C.; VISARADA, K. B. R. S.; BHAT, B.V.; TONAPI, V. A. (Ed). **Breeding Sorghum for Diverse End Uses**, Elsevier, p. 325–340, 2019. doi: 10.1016/B978-0-08-101879-8.00020-6.

REIS, J.; KAMOI, M.; LATORRACA, D.; CHEN, R.; MICHETTI, M.; WRUCK, F.; RODRIGUES-FILHO, S. Assessing the economic viability of integrated crop–livestock systems in Mato Grosso, Brazil. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 35, n. 6, p. 631-642, 2020. doi: 10.1017 / S1742170519000280.

RODRIGUES, L. M.; TEODORO, A. G.; SANTOS, A. J. M.; BACKES, C.; ROCHA, J. H. T.; GIONGO, P. R.; SANTOS, Y. L. A. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Interação entre Componentes e Sustentabilidade do Sistema. **Archivos de Zootecnia**, v. 68, n. 263, p. 448-455, 2019.

SANTOS, N. B.; TARSITANO, M. A. A.; ARF, O.; MATEUS, G. P. Análise econômica do consórcio feijoeiro e milho-verde. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 1, p. 1-12, 2009.

SANTOS, R. D.; PEREIRA, L. G. R.; NEVES, A. L. A.; RODRIGUES, J. A. S.; COSTA, C. T. F.; OLIVEIRA, G. F. Agronomic characteristics of forage sorghum cultivars for silage production in the lower middle San Francisco Valley. **Acta Scientiarum**, n. 35, p.13-19, 2013.

SANTOS, A. P. M.; SANTOS, E. M.; CARVALHO, G. G. P.; PERAZZO, A. F.; ARAÚJO, M. L. G. M. L.; OLIVEIRA, J. S.; PEREIRA, G. A.; MACÊDO, A. J. S.; SÁ, W. C. C. S.; PEREIRA, D. M. Effects of urea addition on the fermentation of sorghum (*Sorghum bicolor*) silage. **African Journal of Range and Forage Science**, v. 35, n. 1, p. 55–62, 2018.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, J. M. M.; PEIXOTO, C. P.; SILVA, M. R.; ALMEIDA, A. T.; CASTRO, A. M. P. B. Agronomic and productive characteristics of sunflower intercropped with forage in a crop-livestock integration system. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 2, p. 514 – 525, 2019.

SATYAVATHI, C. T.; SOLANKI, R.; KAKANI, R.; BHARADWAJ, C.; SINGHAL, T.; PADARIA, J.; KHANDELWAL, V.; SRIVASTAVA, R. K.; TOMAR, R. S.; IQUBAL, M. A. Genomics assisted breeding for abiotic stress tolerance in millets. In.: RAJPAL, V. R.; SEHGAL, D.; KUMAR, A.; RAINA, S. N. (Ed.) **Genomics Assisted Breeding of Crops for Abiotic Stress Tolerance**. Springer, New York, v. 2, p. 241–255, 2019.

SILVA, R. O.; BARONI, L. G.; HALL, J. A. J.; MORETTI, A. C.; VELOSO, R. F.; ALEXANDER, P.; CRESPOLINI, M.; MORAN, D. Sustainable intensification of Brazilian livestock production through optimized pasture restoration. **Agricultural Systems**, v. 15, p. 201-211, 2017.

SILVA, A.; SANTOS, F. L. S.; BARRETTO, V. C. M.; FREITAS, R. J.; KLUTHCOUSKI, J. Recuperação de pastagem degradada pelo consórcio de milho, *Urochloa brizantha* cv. marandu e guandu. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 2, p. 39-47, 2018.

SILVA, A. R.; SCHWARTZ, G. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies florestais em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta no leste da Amazônia. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 1, p. 45-63, 2019.

SILVA, A. G.; ASSIS, R.; OLIVEIRA, C. A. A.; FERREIRA, C. J. B.; TEIXEIRA, I. R.; ALMEIDA, K. L. Variabilidade dos atributos físicos do solo e dinâmica da palhada em sistema integração lavoura-pecuária no cerrado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v. 18, p. 429-440, 2020. 10.18512/1980-6477/rbms.v18n3p429-440.

SILVA, A. L.; EDVAN, R. L.; BEZERRA, L. R.; ARAÚJO, M. J.; COSTA FILHO, J. H.; TORREÃO, J. N. C.; AMORIM, D. S.; NASCIMENTO, R. R. Agronomic

characterization and chemical composition of sorghum hybrids for silage making in rainfed conditions. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 41, n. 2, p. 407-420, 2020. doi: 10.5433/1679-0359.2020v41n2p407.

SILVA, A. S. S.; ASSIS, J. M.; LISBOA, S. C. L.; FARIAS, V. D. S.; NOGUEIRA, A. S.; SANTOS, M. A. S. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo sob influência do feijão guandu *Cajanus cajan* (L. Mill sp.) no município de Pacajá, Pará, Brasil. In: REDIN, E. (Org.) **Ciências Rurais em Foco**. v. 2, Belo Horizonte - MG: Poisson, 2021.

SOUZA, F. M.; LEMOS, B. J.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; MAGNABOSCO, C. U.; CASTRO, L. M.; LOPES, F. B.; BRUNES, L. C. Introduction of forage legumes, liming and phosphorus in degraded "Brachiaria brizantha" pastures. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.17, n.3, p.355-364, 2016.

STRASSUBURG, B. N.; LATAWIEC, A. E.; BARIONI, L. G.; NOBRE, C. A.; SILVA, V. P.; VALENTIM, J. F.; VIANNA, M.; ASSAD, E. D. When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. **Global Environmental Change**. v. 28, p. 84-97, 2014.

PAULO CÉSAR TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo** / Paulo César Teixeira [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017.

TERRA, A. B. C.; FLORENTINO, L. A.; REZENDE, A. V.; SILVA, N. C. D. Leguminosas forrageiras na recuperação de pastagens no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 305-313, 2019.

TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H.; MINUTTI, C. R.; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C. Bromatological composition of sorghum, millet plant and midgetguandu at different cut times in intercropping and monoculture. **Acta Scientiarum, Agronomy**, v. 35, n. 2, p. 183- 190, 2013.

VINHOLIS, M. M. B.; SOUZA FILHO, H. M.; SHIMATA, I.; OLIVEIRA, P. P. A.; PEDROSO, A. F. Economic viability of a crop-livestock integration system. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 51, n. 2, 2021. <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190538>.