



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO
CAMPUS GUANAMBI**

Anderson Cardoso da Rocha

**Indicadores de produtividade do consórcio palma forrageira “Gigante”
com feijão guandu em região semiárida**

**GUANAMBI
BAHIA-BRASIL
2023**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO
CAMPUS GUANAMBI**

Anderson Cardoso da Rocha

**Indicadores de produtividade do consórcio palma forrageira “Gigante”
com feijão guandu em região semiárida**

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, como parte das exigências do Curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido, para obtenção do título de Mestre Profissional.

Orientador: Prof. Dr. Carlindo Santos Rodrigues.

Coorientador: Prof. Dr. José Alberto Alves de Souza



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO

Curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido

TERMO DE APROVAÇÃO NO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DO CONSÓCIO PALMA FORRAGEIRA "GIGANTE"
COM FEIJÃO GUANDU EM REGIÃO SEMIÁRIDA**

Por

Anderson Cardoso da Rocha

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado às 18:00 do dia 27 de julho de 2023 como requisito para a conclusão do curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - *Campus* Guanambi. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora, composta pelos professores/pesquisadores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o Trabalho APROVADO.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Carlindo Santos Rodrigues - Presidente

Profa. Dr^a. Thaise Karla Ribeiro Dias - Titular

Profa. Dr^a. Delka de Oliveira Azevedo - Titular

Prof. Dr. José Aberto Souza Alves – Titular

Documento assinado eletronicamente por:

- **Jose Alberto Alves de Souza, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** em 08/08/2023 19:38:50.
- **Delka de Oliveira Azevedo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** em 08/08/2023 11:19:49.
- **Thaise Karla Ribeiro Dias, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** em 08/08/2023 10:24:59.
- **Carlindo Santos Rodrigues, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** em 08/08/2023 09:47:27.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 01/08/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifbalano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código 469118
Verificador: 47051930ba
Código de
Autenticação:



Catálogo: Leidiane Reis – CRB -5/1959
IF Baiano, Campus Guanambi

R672i Rocha, Anderson Cardoso da
Indicadores de produtividade do consórcio palma forrageira
“Gigante” com feijão guandu em região semiárida / Anderson
Cardoso da Rocha -- Guanambi, Ba., 2023.
38f.

Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal no
Semiárido) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
Baiano - Campus Guanambi.
Orientador: Prof. Carlindo Santos Rodrigues.
Coorientador: Prof. José Alberto Alves de Souza.

1. Palma forrageira. 2. Desempenho agrônomo.
3. Produtividade. I. Título.

CDU: 633.39

RESUMO

ROCHA, A. C, M.Sc. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano *Campus Guanambi*, maio de 2024. **Indicadores de produtividade do consórcio palma forrageira “Gigante” com feijão guandu em região semiárida.** Orientador: Prof. Dr. Carlindo Santos Rodrigues. Coorientador: Prof. Dr. José Alberto Alves de Souza.

Objetivou-se com esse trabalho, avaliar a eficiência do sistema consorciado entre a palma forrageira “Gigante”, colhida com 12, 18 e 24 meses após o plantio, com feijão guandu BRS Mandarin em dois arranjos de plantio, através de indicadores de produtividade, em região semiárida. O experimento foi realizado no município de Santa Inês-BA, em delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados, com três repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram definidas em um arranjo com fileiras simples e duplas, combinado com o plantio consorciado e solteiro das cultivares de palma forrageira cv. Gigante e o feijão guandu cv. BRS Mandarin: Palma fileira simples; Feijão Guandu fileira simples; Palma fileira dupla; Feijão Guandu fileira dupla; Palma consorciada com Feijão Guandu fileira simples; Palma consorciada com Feijão Guandu fileira dupla. Foi definida para os tratamentos uma densidade populacional de 20.000 plantas ha⁻¹ de palma e 12.500 plantas ha⁻¹ de feijão guandu. Utilizou-se dos seguintes indicadores de produtividade: Uso eficiente da terra (UET), Razão de área equivalente da terra (RAET), Coeficiente equivalente da terra (CET), Índice de produtividade do sistema (IPS), Perda e ganho atual de rendimento (PGAR), Coeficiente de adensamento relativo (CAR), Razão de competitividade (RC) e Agressividade (A). O consórcio foi superior em 162% e 83% no UET nos arranjos de plantio em fileira simples e dupla, respectivamente. O CET houve efeito para arranjo de plantio (P=0,0120), com melhor desempenho para o arranjo em fileira simples. O IPS demonstrou que o cultivo consorciado em fileira simples, foi superior ao de fileira dupla. A PGAR ocorreu efeito para arranjo de plantio e época (P<0,0001) e (P=0,0018). A RC demonstrou efeito para arranjo de plantio (P<0,0001) e para época de colheita (P=0,0010). A Agressividade da palma forrageira Gigante sobre o feijão guandu e do feijão guandu sobre a palma forrageira Gigante foi significativa (P=0,0100; P=0,0100) para as interações época de colheita e arranjo de plantio. O cultivo consorciado palma forrageira cultivar Gigante e feijão guandu BRS Mandarin obteve maior produtividade que o cultivo das forrageiras solteiras. Os valores mais elevados dos indicadores de produtividade, afirmam que o arranjo de plantio em fileira simples é mais eficaz que o arranjo de plantio em fileira dupla no sistema consorciado da palma forrageira “Gigante” e feijão guandu BRS Mandarin. Mesmo com agressividade moderada do feijão guandu BRS Mandarin sobre a palma forrageira “Gigante” os índices de produtividade do sistema consorciado, foram positivos com elevados ganhos de rendimentos colhidos nos períodos de 18 e 24 meses.

Palavras-chave: *Opuntia ficus-indica*; *Cajanus cajan* (L.) Millsp; desempenho agrônômico; habilidade competitiva; eficiência biológica.

ABSTRACT

ROCHA, A. C, M.Sc. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano *Campus Guanambi*, 2024, May. **Yield indicators of Giant Cactus and pigeon pea intercropping in the Semi-arid region.** Adviser: DSc. Carlindo Santos Rodrigues. Co-adviser: DSc. José Alberto Alves de Souza

The objective of this work was to evaluate the efficiency of the intercropped system between “Gigante” cactus pear, harvested 12, 18 and 24 months after planting, with pigeon pea BRS Mandarin in two planting arrangements, through productivity indicators, in a semi-arid region. The experiment was carried out in the municipality of Santa Inês-Ba, in an experimental design in completely randomized blocks, with three replications, in a split-plot scheme. The plots were defined in an arrangement with single and double rows, combined with intercropped and single planting of cactus cultivars cv. Gigante and pigeon pea cv. BRS Mandarin: Single row palm; Single row pigeon peas; Double row palm; Double row pigeon peas; Palm intercropped with Guandu Beans single row; Palm intercropped with double row Guandu Beans. A population density of 20,000 plants ha⁻¹ of palm and 12,500 plants ha⁻¹ of pigeon pea was defined for the treatments. The following productivity indicators were used: Efficient land use (UET), Land equivalent area ratio (RAET), Land equivalent coefficient (CET), System productivity index (IPS), Current yield loss and gain (PGAR), Relative density coefficient (CAR), Competitiveness ratio (RC) and Aggressiveness (A). The consortium was superior by 162% and 83% in UET in single and double row planting arrangements, respectively. The CET had an effect for planting arrangement (P=0.0120), with better performance for the single row arrangement. The IPS demonstrated that intercropping in a single row was superior to that in a double row. PGAR had an effect for planting arrangement and season (P<0.0001) and (P=0.0018). CR demonstrated an effect for planting arrangement (P<0.0001) and harvest time (P=0.0010). The Aggressiveness of Giant cactus on pigeonpea and pigeonpea on Giant cactus was significant (P=0.0100; P=0.0100) for the interactions of harvest time and planting arrangement. The intercropping of fodder palm cultivar Gigante and pigeonpea BRS Mandarin obtained greater productivity than the cultivation of single forage crops. The higher values of the productivity indicators state that the single-row planting arrangement is more effective than the double-row planting arrangement in the intercropped system of “Gigante” forage cactus and BRS Mandarin pigeon pea. Even with the moderate aggressiveness of the BRS Mandarin pigeonpea over the “Gigante” forage cactus, the productivity indices of the intercropped system were positive, with high gains in yield harvested in periods of 18 and 24 months.

Keywords: *Opuntia ficus-indica*; *Cajanus cajan* (L.) Millsp; agronomic performance; competitive ability; biological efficiency.

SUMÁRIO

1.0	INTRODUÇÃO.....	7
2.0	REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1	Caracterização do semiárido Brasileiro.....	8
2.2	Sistema consorciado de produção de forragem.....	9
2.3	Características agronômicas da palma forrageira.....	10
2.4	Características agronômicas do feijão guandu.....	12
2.5	Indicadores de mensuração da eficiência biológica em sistema consorciado.....	13
3.0	MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1	Local e delineamento experimental.....	16
3.2	Implantação e manejo das unidades experimentais.....	17
3.3	Determinação da produtividade.....	18
3.4	Análise estatística.....	21
4.0	RESULTADOS.....	21
5.0	DISCUSSÃO.....	26
6.0	CONCLUSÃO.....	29
7.0	REFERÊNCIAS.....	31

1.0 INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro possui extensão territorial de 1,03 milhões de km², contemplando cerca de 1.189 municípios, dentre nove estados, possuindo assim a maior extensão e com população estimada em 22 milhões de habitantes (Medeiros *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2020).

A região semiárida brasileira é caracterizada através de elevadas variabilidades temporais, onde ocorre grande irregularidade na distribuição das chuvas durante o ano, possuindo níveis de precipitação inferiores a 800 mm ano⁻¹, com altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar, resultando em déficit hídrico capaz de afetar o setor agrícola da região, uma vez que, a quantidade de água disponível durante o ano, se torna insuficiente para a maioria das cultivares (Alves *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2021).

Dentro do semiárido brasileiro torna-se de suma importância uma avaliação adequada para a escolha da cultura a ser cultivada, tendo em vista que, a mesma deve ser uma espécie adaptada as condições proporcionadas pela região, possuindo assim alta rusticidade, baixa exigência hídrica, apresentar aceitabilidade pelos animais e grande produção de biomassa (Araújo Júnior *et al.*, 2021).

As culturas de maiores potencialidades para o cultivo no semiárido brasileiro são aquelas que possuem o metabolismo ácido crassuláceo (MAC), devido à elevada eficiência do uso da água, elas conseguem se adaptar facilmente as condições adversas da região (Jardim *et al.*, 2020). A palma forrageira “Gigante” (*Opuntia ficus-indica*) é uma cultura bastante cultivada no semiárido, sendo utilizada para alimentação animal, devido sua aceitabilidade e facilidade digestiva para os ruminantes, contendo carboidratos e fonte de energética satisfatória, pois a mesma possui elevada eficiência para o uso efetivo da água (Diniz *et al.*, 2017).

Outra cultura bastante utilizada no semiárido brasileiro é o feijão guandu, muito conhecido popularmente como “andu”, obtendo produção satisfatória nesta região, possuindo finalidades alimentícias, tanto para alimentação animal e humana, sendo uma espécie que consegue se destacar devido à grande profundidade do seu sistema radicular, podendo efetuar a reciclagem dos nutrientes encontrados nas camadas mais profundas dos solos, além disso, possui elevado poder de absorção da água e grande rusticidade. Devido a estas características se torna de fácil adaptação para seu cultivo em sistema consorciado (Brazaca *et al.*, 1996; Silva *et al.*, 2020b).

O uso das folhas do feijão-guandu, principalmente como feno, pode complementar a deficiência de proteína bruta e fibra efetiva existentes em dietas para ruminantes à base de palma forrageira, uma vez que o feno desta cultivar possui teor de proteína bruta em torno de 24% (Mizubuti *et al.*, 2007).

O sistema consorciado consegue promover vantagens na produção de forragem, produzindo quantidade satisfatória de biomassa, melhorando as propriedades químicas, físicas e biológicas para a área plantada (Kahlon & Chawla, 2017). Um grande desafio que os produtores sofrem ao submeter-se em um sistema consorciado é conseguir determinar a quantidade correta para as culturas dentro da área determinada, fazendo com que o sistema proporcione produtividade elevada, com a diversificação produtiva e produtos de ótima qualidade (Lino *et al.*, 2021; Guerra *et al.*, 2022).

Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho, avaliar a eficiência do sistema consorciado entre a palma forrageira “Gigante”, colhida com 12, 18 e 24 meses após o plantio, com feijão guandu BRS Mandarin em dois arranjos de plantio, através de indicadores de produtividade, em região semiárida.

2.0 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização do semiárido Brasileiro

O semiárido brasileiro é uma região dominada pelo do bioma caatinga, contemplando uma farta vegetação de espécies xerófilas e espécies endêmicas, contemplando cerca de 1.262 municípios, dentre nove estados, sendo eles: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe (Figura 1) (Queiroz *et al.*, 2020; SUDENE, 2021). Possuindo assim a maior extensão e com população estimada em 22 milhões de habitantes (Silva *et al.*, 2020).

É uma região que possui extensão territorial de 1,03 milhões de km², correspondendo a quase 20% do território brasileiro, com precipitações pluviais que chegam a variar entre 400 a 800 mm ano⁻¹ (Medeiros *et al.*, 2020; Moura *et al.*, 2019). Esse território possui na maior parte do ano balanço hídrico negativo, possuindo evapotranspiração de 1.800 a 2.000 mm ano⁻¹ e solos de baixa fertilidade, devido às altas concentrações de sais (Paredes-Trejo, 2017).

As mudanças climáticas interferem diretamente no setor agrícola, provocando perdas econômicas de curto, médio e longo prazo, decorrente da alta redução de água presente no solo, provocando elevado déficit hídrico às culturas (Carlos *et al.*, 2019; Araújo Júnior *et al.*, 2021b). Devido a essas condições climáticas e a escassez de água, esse território condiciona

grande fragilidade lucrativa para as atividades agrícolas, em que, são apreciadas na maior parte das vezes por pequenos produtores, que possuem pequenas áreas, e utilizam as mesmas para efetuarem suas atividades sob condições de sequeiro (Costa *et al.*, 2021; Salvador *et al.*, 2021).

É uma região que adota modelo de produção agrícola dependente da regularidade das chuvas, que por sua vez detém grandes oscilações, fazendo com que o setor agropecuário venha a obter resultados econômicos negativos e bastantes significativos (Moraes *et al.*, 2019).



Figura 1. Delimitação do semiárido brasileiro. Fonte: SUDENE (2021)

2.2 Sistema consorciado de produção de forragem

O consórcio entre culturas fica definido através da forma de cultivo simultâneo entre duas, ou mais cultivares distintas ocupando mesma área de produção, proporcionando produtividade tanto para as culturas em evidência, quanto para o sistema de produção, que necessita obter benefícios de forma direta ou indireta (Sudo *et al.*, 1998).

A utilização do consórcio de diversas cultivares e plantas forrageiras estão sendo

uma prática muito importante para o sistema agroeconômico e cultural da região semiárida, ocorrendo o aproveitamento da área e proporcionando ao produtor quantidades maiores de volumosos e maximização dos lucros (Lira *et al.*, 2021).

Esse tipo de cultivo se destaca através de práticas agrícolas de produção, com redução nos impactos ambientais, proporcionando melhores condições de produtividade para pequenos produtores (agricultura familiar). É um sistema que traz harmonização para a área produtiva, devido à diversificação das cultivares, podendo promover rentabilidade com antecipação do retorno financeiro (Brito *et al.*, 2017).

O consórcio de culturas precisa ser avaliado através do ponto de vista agrônomo, ecológico e socioeconômico, reduzindo os riscos de perdas e proporcionando o aumento da produção, obtendo assim o retorno econômico e sucesso na atividade escolhida (Diniz *et al.*, 2017).

O sistema consorciado proporciona maiores retornos produtivo devido à eficiência no aproveitamento dos recursos naturais disponíveis: água, luz e nutrientes, quando comparado com o sistema de cultivo solteiro. É uma técnica que diminui expressivamente a incidência de erosão na propriedade, além de melhorar a comunidade microbiológica do solo, uma vez que, ocorre a diversificação de cultivares dentro da mesma área de produção, aumentando a quantidade de cobertura no solo, diminuindo conseqüentemente a evaporação da água dentro do sistema produtivo (Jião *et al.*, 2021; Jardim *et al.*, 2021; Javanmard *et al.*, 2020).

O consórcio é uma ferramenta que pode ser utilizada, para intensificar o adensamento dos sistemas de produção, melhorando o manejo de rotação entre as culturas, promovendo com isso elevada reciclagem de nutrientes incorporados ao solo, maximizando o aproveitamento das áreas de produção agrícola (Dominschek *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2021).

Para que ocorra equilíbrio nutricional da forragem e elevação na produtividade da mesma no semiárido brasileiro é recomendável que ocorra a utilização de sistema consorciado entre a palma e culturas forrageiras adaptadas as condições ambientais dessa região e que apresentem teores elevados de proteína e matéria seca, tal como o feijão-gaundu (Hiolanda *et al.*, 2018; Sousa *et al.*, 2019; Jardim *et al.*, 2020b).

2.3 Características agronômicas da palma forrageira

A palma forrageira é uma cultivar nativa mexicana, porém na atualidade é cultivada nos continentes americano, africano e europeu. No Brasil a mesma foi introduzida em meados do século XVIII, sendo utilizada naquela época para a produção de corantes, uma vez que, ocorria a presença de inseto em seus cladódios. Pois, as Cochonilhas-do-carmim,

(*Dactylopius sp.*) *Dactylopius opuntiae* e *Dactylopius coccus* (Hemiptera: *Datilopiidae*), causam danos aos cladódios da planta (Souza *et al.*, 2008; Simões *et al.*, 2005; Lira *et al.*, 2006).

No último censo agropecuário, feito através do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) realizado no ano de 2017, os dados levantados demonstraram que o território baiano possuía a maior produção de palma forrageira daquele período, com estimativa de 1.303,149 megagramas, seguido pelo território pernambucano, com produção estimada em 468,826 megagramas (IBGE, 2017).

Dentro do semiárido brasileiro, os gêneros mais cultivados são: *Opuntia* e *Nopaleia*. Esses gêneros possuem potencial adaptativo a essa região, uma vez que possibilita modificações morfofisiológicas através do MAC, realizando a absorção de CO₂ durante a noite devido a fosfoenolpiruvato carboxilase, com a abertura dos seus estômatos (Taiz *et al.*, 2017; Jardim *et al.*, 2021b).

O metabolismo MAC realiza o processo inverso, fechando os estômatos durante o dia para evitar a perda de água pela transpiração. Essa estratégia mantém a turgidez celular, permitindo o acúmulo de CO₂ e a produção enzimática e metabólica do processo fotossintético (Taiz *et al.*, 2017).

Dentre esses dois gêneros, duas espécies ganham papéis de destaque dentro da produção brasileira, sendo elas: *Opuntia ficus-indica* e *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck, distribuídas nas variedades: Orelha de elefante mexicana, Miúda, Gigante e Redonda. Essas variedades são mais produzidas devido à facilidade de manuseio no seu cultivo, embora não apresentem espinhos e dessa forma facilita a colheita, pois é feita de forma manual (Galvão Júnior *et al.*, 2014).

Esses dois gêneros apresentam cladódios achatados em formato elíptico de cor verde e verde opaco, com comprimento entre 20-50 cm e largura entre 20-30 cm e espessura de 2 cm, possuindo flores hemarfroditas que variam dentre as cores rosa, laranja, amarelo, vermelha e branca, com estruturas suculentas, presença de aréolas entre 2-5 cm de distância para auxiliar na absorção dos gases dispersos na atmosfera, possuem espinhos e betalinas que proporcionam efeito no controle de oxidação (Pinheiro *et al.*, 2021; Melgar *et al.*, 2017; Jardim *et al.*, 2020b).

Essas cultivares apresentam estruturas em seus cladódios que reduzem a perda de água, tais como: estômatos reduzidos com aberturas limitadas, vacúolos grandes e cutículas espessas e cerosas, que também efetivam o papel de proteção a inimigos naturais. As mesmas possuem quatro tipos de raízes em seu sistema radicular (e.g. raízes absorventes, estruturais, esporão e aréolas), obtendo maior aproveitamento da água solos que possuem baixa umidade

(Jardim *et al.*, 2020b)

Essas características proporcionam a essas cultivares adaptação a ambientes secos, transformando os recursos naturais em acúmulo de biomassa, pois possuem eficiência de produtividade cinco vezes maior que as cultivares com metabolismo C3 e três vezes mais que as cultivares com metabolismo C4 (Iqbal *et al.*, 2020; Jardim *et al.*, 2020; Pinheiro *et al.*, 2021).

A palma forrageira é uma planta semi perene, que possibilita colheita a cada dois anos, podendo sofrer modificações no seu crescimento de acordo com as condições conduzidas em seu plantio, que sendo efetuado em condições de sequeiro, pode interferir no seu desenvolvimento e crescimento, devido às alterações sazonais e interanuais pelas condições ambientais (Silva *et al.* 2019; Pessoa *et al.*, 2022).

É uma forrageira muito importante para o semiárido brasileiro devido seu potencial propagatório e alto rendimento de biomassa fresca que fica em torno de 163 Mg.ha⁻¹ e de matéria seca de 12 Mg.ha⁻¹, apresentando potencial de déficit hídrico com uma composição energética entre 66 e 74% de nutrientes digestíveis totais, alta digestibilidade, possuindo carboidratos não fibrosos com valores entre 59 e 73% e alta reserva de água em torno de 80% em relação a matéria seca (Nascimento Junior Silva *et al.*, 2022).

A palma é uma cultivar que possui fonte de metabólitos secundários capazes de proporcionar benefícios para a saúde dos ruminantes, sendo utilizada também na alimentação humana, apresentando alto potencial para sua utilização na medicina, na produção de cosméticos, dentre outras utilidades (Oliveira *et al.*, 2021).

A palma forrageira é uma cultivar que possui elevado poder adaptativo e dessa forma pode ser utilizada em cultivos consorciados, favorecendo aproveitamento mais satisfatório na área cultivada, aumentando a microbiologia do solo e conseqüentemente a elevação na produtividade da mesma (Cardoso *et al.*, 2019).

2.4 Características agronômicas do feijão guandu

O feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) é uma leguminosa originária da região norte da Índia, pertencente à família *Fabaceae* possuindo ciclos anuais ou semiperenes com porte arbóreo, sendo de grande importância para países tropicais e subtropicais, com ciclo produtivo que possui uma variação entre 80 dias para as variedades com baixo porte de crescimento e estrutural (chamadas de anã) e 180 dias as que possuem portes normais (convencionais) (Araújo *et al.*, 2019; Pinheiro *et al.*, 2013; Salvador *et al.*, 2021).

É uma planta que apresenta características lenhosas em seu caule, raiz pivotante, que

podem alcançar mais de um metro de comprimento, exibindo raízes secundárias localizadas ao longo dos primeiros 30 cm do solo com a presença de nódulos acoplados com as bactérias do gênero *Rhizobium*, capazes de fixar o nitrogênio, através do meio simbiótico, melhorando assim a fertilidade do solo (Seiffert e Thiago, 1983; Pinheiro *et al.*, 2021).

O feijão guandu é de suma importância na produção de forragem, pois possui capacidade produtiva em torno de 20 a 40 megagrama de matéria verde quando produzida em condições de sequeiro, possuindo em sua composição um teor nutritivo, acompanhado de uma fonte de energética e proteica (Choudhary *et al.*, 2013; Khoury *et al.*, 2015).

Uma das características mais importantes do feijão guandu é a fixação biológica de nitrogênio com a presença de bactérias do grupo rizóbios no solo em que a planta está sendo cultivada (Aguiar & Lima, 2023). A relação de simbiose ocorre nas raízes das plantas hospedeiras causando melhor desenvolvimento para as estruturas nodulares, proporcionando meio adequado para a ocorrência das reações bioquímicas e enzimáticas, permitindo a fixação do N₂, disponibilizando o mesmo para a planta através do nitrogênio fixado, fazendo com que a cultivar supra sua necessidade pelo nutriente, sendo que, quanto maior o teor de nitrogênio no solo, maior será a produtividade (Souza, 2010; Aguiar & Lima, 2023).

As leguminosas mais importantes do mundo têm como característica alto teor proteico, sendo importante alimento na dieta de quem as consome, humanos ou animais ruminantes. As quatro principais espécies são: o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), a ervilha (*Pisum sativum* L.), o grão de bico (*Cicer arietinum* L.) e o feijão guando (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) (Buch *et al.*, 2020; Salvador *et al.*, 2021).

Diante de todas as características existentes para o feijão guandu, o mesmo demonstra alta capacidade para ser cultivado em sistema consorciado, proporcionando melhor aproveitamento de espaço no uso da terra, sendo indicado pra efetuar esse tipo de cultivo com cereais (milho e sorgo) e forrageira (palma) (Salvador *et al.*, 2021).

2.5 Indicadores de mensuração da eficiência biológica em sistema consorciado

O sistema de cultivo em consórcio proporciona algumas vantagens em comparação ao monocultivo, destacando-se entre eles maior densidade de planta/área, ao mesmo tempo reduzindo a quantidade de plantas invasoras, diminuindo o fator erosão, por proporcionar maior proteção ao solo, mais diversidade de alimentos por área produtiva, fazendo com que ocorra melhor aproveitamento na distribuição temporal da renda pelos produtores (Mattos *et al.*, 2005).

Este tipo de sistema está se tornando uma “Nova Revolução” agrícola, apresentando diversas vantagens ao meio ambiente, diminuindo a utilização de agrotóxicos e elevando a eficácia dos recursos naturais, melhorando assim as propriedades físico-químicas do solo e consequentemente a redução de plantas invasoras, pragas e doenças (Silva *et al.*, 2020).

Para efetuar uma análise de eficiência biológica é preciso calcular alguns indicadores capazes de determinar o comportamento de cada cultura dentro do consórcio, dentre eles estão: uso eficiente da terra (UET), razão de área equivalente no tempo (RAET), coeficiente equivalente da terra (CET), índice de produtividade do sistema (IPS), coeficiente de adensamento relativo (CAR), agressividade (A), perda ou ganho, atual de rendimento, (PGAR), razão de competitividade (RC). (Diniz *et al.*, 2017; Colombo *et al.*, 2018; Ferrazza *et al.*, 2016).

Diniz *et al.* (2017) avaliando a eficiência biológica no consórcio palma-sorgo irrigado com diferentes lâminas de água no Semiárido brasileiro, utilizou-se dos seguintes índices agroeconômicos: uso eficiente da terra (UET), Razão de área equivalente no tempo (RAET), coeficiente equivalente da terra (CET) e índice de produtividade do sistema (IPS). Os autores explicam que $UET > 1$, demonstram que o sistema consorciado é vantajoso, se $UET = 1$, os dois sistemas se igualam e $UET < 1$, significa que existe desvantagem no sistema consorciado.

Gerra *et al.* (2022), avaliando o consórcio alface-beterraba sob adubação verde no semiárido, utilizou-se dos seguintes indicadores: coeficiente equivalente da terra (CET), razão de área equivalente no tempo (RAET) e perda e ganho atual de rendimento real (PGAR). Para determinar o coeficiente equivalente da terra (CET). Os autores afirmaram que esse tipo de consórcio promove maior aproveitamento das cultivares, conseguindo alcançar a máxima eficiência agrônômica do sistema.

Colombo *et al.* (2018), analisando a eficiência de sistema consorciado entre o inhame (*Colocasia esculenta* L. Schott) e pepino, utilizou os seguintes indicadores agrônômicos: índice de uso eficiente da terra (UET), em que foi determinado através junção da produtividade das culturas solteiras e consorciadas. Ou seja, a produtividade do inhame solteiro dividido pela produtividade do inhame consorciado, mais a produtividade do pepino solteiro, dividido pela produtividade do pepino consorciado. Foram obtidos resultados relevantes quando comparado o sistema consorciado com o sistema solteiro, tendo em vista que, o inhame não afetou a produtividade dos frutos do pepino quando utilizado um arranjo de duas plantas por cova, em as obtiveram produtividades superiores ao sistema solteiro.

Brito *et al.* (2017), afim de avaliar a eficiência biológica dos consórcios inhame com brócolis, couve-chinesa, berinjela, jiló, pimentão e maxixe, utilizou-se dos seguintes

indicadores: o índice de Uso Eficiente da Terra (UET). Assim como Colombo *et al.* (2018), que utilizaram da mesma forma de cálculo para obter seus resultados.

Diniz *et al.* (2017) calcularam o RAET, devido o UET não demonstrar o fator tempo na sua composição, podendo superestimar os valores e determinar uma vantagem no sistema consorciado, esse tipo de resultado ocorre com mais frequência em sistemas em que as culturas possuem ciclos distintos. Pinto & Pinto (2012), afirma que esse indicador tende a promover um resultado mais real sobre o sistema consorciado de produção em relação ao sistema convencional (solteiro), pois o mesmo considera o tempo em que as cultivares passam durante o sistema de produtivo, até o tempo real da colheita.

Silva *et al.* (2021), analisando as vantagens em sistema consorciado de cenoura e feijão-caupi, utilizaram os seguintes indicadores de eficiência biológica: índice de uso eficiente da terra (UET), razão de área equivalente no tempo (RAET), perda e ganho atual de rendimento (PGAR),

Adetiloye *et al.* (1983) para determinar o CET, desenvolveram a seguinte equação: $CET = UETa \times UETb$, ou seja, é a multiplicação do UET da palma, pelo UET do sorgo e afirmam que pra o CET ser vantajoso, ele precisar apresentar resultado a cima de 25%. O índice de produtividade do sistema (IPS) é calculado para determinar a padronização do rendimento da cultura que possui o ciclo mais curto, em relação à cultura principal de ciclo mais longo. Este índice é a divisão da produtividade das culturas solteiras, multiplicada pela produtividade da cultura secundária (consorte) com relação à cultura primária (Odo, 1991).

Experimento realizado por Chaves *et al.* (2020), como o consórcio de caupi e beterraba sob arranjo espacial e densidade populacional de caupi, utilizou-se dos seguintes indicadores: índice de produtividade do sistema (IPS), coeficiente equivalente de terra (CET). Ao determinar o IPS e o CET, os autores utilizaram as mesmas equações que estão descritas no trabalho logo acima citado por Diniz *et al.* (2017).

Lino *et al.* (2021), analisando o consórcio de beterraba e rúcula sob adubação verde e densidade de plantio, avaliaram os seguintes indicadores de eficiência biológicas: índice de produtividade do sistema (IPS) e coeficiente equivalente de terra (CET). Todos os índices foram analisados através das metodologias descritas no parágrafo anterior.

Diniz *et al.* (2017), afim de avaliar a capacidade competitiva do consórcio entre a palma forrageira e o sorgo, utilizaram a seguinte equação: $CAR = CARab \times CARba$ ou $CAR = \{(Yab \times Zba) / [(Yaa - Yab \times Zab)]\} \times \{(Yba \times Zab) / [(Ybb - Yba \times Zba)]\}$. Na equação, o Zba , está representando a proporção da cultura da palma, que ficou determinado em 8% da área em consórcio e a cultura do sorgo ocupou 92% da área restante. Assim como outros índices, o CAR precisa ser $>$ que 1, para que o consórcio possua vantagem produtiva, se o

$CAR_{ab} > CAR_{ba}$, significa que a cultura principal possui grande competição interespecífica em relação a cultura secundária.

A avaliação da agressividade (A), que serve para medir a variação da produtividade das culturas produzidas em consórcio, avaliando a competição interespecífica com relação às mudanças produtivas entre as culturas e é efetuada através da seguinte equação: $A_{ab} = [Y_{ab} / (Y_{aa} \times Z_{ab})] - [Y_{ba} / (Y_{bb} \times Z_{ba})]$ e $A_{ba} = [Y_{ba} / (Y_{bb} \times Z_{ba})] - [Y_{ab} / (Y_{aa} \times Z_{ab})]$. Neste caso se $A_{ab} = 0$, as culturas possuem o teor de competitividade igualitário, se $A_{ab} > 0$, a cultura principal possui maior capacidade de cultivo no consórcio e se $A_{ba} > 0$ a cultura secundária se sobressai diante da cultura principal (Willey, 1979; *Diniz et al.*, 2017)

A perda ou ganho atual de rendimento (PGAR) tem como base em seu cálculo o UET e Z_{ab} e Z_{ba} , que é o espaço proporcional que cada cultura ocupa no cultivo consorciado e no monocultivo, dessa forma, a fórmula utilizada para efetuar esse cálculo, fica descrita da seguinte forma: $PGAR = [UET_a \times (100/Z_{ab}) - 1] + [UET_b \times (100/Z_{ba}) - 1]$. Neste caso se $PGAR > 0$, ocorre vantagem acumulada dentro do consórcio em relação à produção solteira e se $PGAR < 0$, existe uma desvantagem na produção consorciada (Pinto & Pinto, 2012).

A RC é calculada para expressar a quantidade de vezes em que uma cultura possui mais competitividade que a outra, sendo expressada através da seguinte equação: $RC_a = (UET_a / UET_b) \times (Z_{ba} / Z_{ab})$ e $RC_b = UET_b / UET_a \times (Z_{ab} / Z_{ba})$. Se o resultado for $<$ que 1, as culturas podem ser cultivadas em consórcio, e se for $>$ 1, ocorre um efeito negativo, demonstrando alta competitividade entre as culturas, não sendo recomendável o cultivo associado (*Diniz et al.* 2017).

3.0 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e delineamento experimental

O experimento foi realizado nas instalações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus* Santa Inês, município de Santa Inês-BA, coordenadas geográficas 13° 16' 22" S e 39° 48' 38" O, com 481 m.

A fim de mensurar os dados meteorológicos, como os índices pluviométricos e temperatura ambiente dentro da área do experimento, instalou-se uma estação meteorológica datalogger, efetuando a aferição dos parâmetros entre abril de 2019 e dezembro de 2020, observando acúmulo de 1.151mm de chuva ao longo do período experimental, com média pluviométrica de 89,5mm e temperatura média de 25,5 °C (Figura 2).

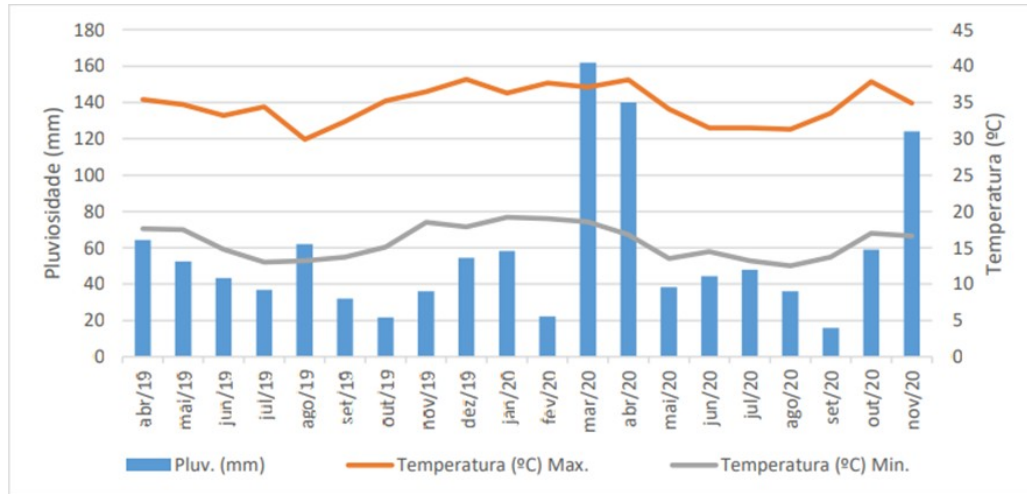


Figura 2 - Médias mensais de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima de abril 2019 a novembro de 2020, na área experimental.

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados, com três repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram definidas em um arranjo com fileiras simples e duplas, combinado com o plantio consorciado e solteiro das cultivares de palma forrageira cv. Gigante (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill), e o feijão guandu cv. BRS Mandarin (*Cajanus cajan*): Palma fileira simples; Feijão Guandu fileira simples; Palma fileira dupla; Feijão Guandu fileira dupla; Palma consorciada com Feijão Guandu fileira simples; Palma consorciada com Feijão Guandu fileira dupla. As subparcelas ficaram determinadas pela época de colheita da palma forrageira e do feijão guandu, sendo colhida aos 12, 18 e 24 meses pós-plantio. Foi definida para os tratamentos uma densidade populacional de 20.000 plantas ha⁻¹ de palma e 12.500 plantas ha⁻¹ de feijão guandu.

3.2 Implantação e manejo das unidades experimentais

Para se conhecer a condição de fertilidade do solo foi realizada coleta de amostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm e de forma aleatória, mas que abrangesse todo o terreno. Após a coleta as amostras foram submetidas à análise química em laboratório. pH (água) = 5,1; P = 2 e K = 0,17 mg/dm³; Ca = 0,77; Mg = 0,66; AL = 0,025; Na = 0,035; H+AL = 2,14; SB = 1,64; CTC = 3,78 cmolc dm⁻³; V = 43,5% e M_O = 9,25 g kg⁻¹. Após a obtenção da referida análise, foi efetuada a correção da acidez utilizando-se de 1,4 Mg. ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 85%). Para a fertilização utilizou-se pó de rocha como fonte de fósforo (5,6 Mg. ha⁻¹), casca de cacau (5,4 Mg. ha⁻¹) para suprir as necessidades do potássio, cama de frango (3,6 Mg. ha⁻¹) e esterco bovino (13,8 Mg. ha⁻¹) como fontes nitrogenadas, sendo aplicadas na época do plantio e uma adubação de cobertura no primeiro ano do plantio.

Para realização do plantio foi feito a gradagem e abertura dos sulcos com

determinados espaçamentos de cultivo solteiro: palma em fileira simples (2,0 x 0,25); feijão guandu fileira simples (2,0 x 0,40 m); palma fileira dupla (3,0 x 1,0 x 0,25 m); feijão guandu fileira dupla (3,0 x 1,0 x 0,40 m). Para o cultivo consorciado: palma/feijão guandu fileira simples (2,0 x 0,25 m + 2,0 x 0,40 m); palma/feijão guandu fileira dupla (3,0 x 1,0 x 0,25 m + 3,0 x 1,0 x 0,40 m). No dia 09 de novembro de 2018 foi efetuado o plantio da palma forrageira “Gigante” (*Opuntia ficus indica*), período antecedente a temporada chuvosa na região. Já o plantio do feijão guandu BRS Mandarin (*Cajanus cajan*) foi efetuado em 05 de maio do ano seguinte, correspondente ao período chuvoso na região.

B3	Palma fileira dupla	Guandu fileira dupla	Palma fileira simples	Consortio fileira simples	Guandu fileira simples	Consortio fileira dupla
B2	Consortio fileira simples	Palma fileira simples	Palma fileira dupla	Guandu fileira dupla	Consortio fileira dupla	Guandu fileira simples
B1	Guandu fileira dupla	Consortio fileira dupla	Palma fileira dupla	Palma fileira simples	Consortio fileira simples	Guandu fileira simples

Figura 3 – Disposição esquemática entre os blocos e arranjos de plantio.

3.3 Determinação da produtividade

Para determinar a produtividade da palma forrageira, efetuaram-se três cortes, sendo que o primeiro foi efetuado no dia 06/11/2019, 12 meses após a implantação do sistema. O segundo e terceiro cortes, foram efetuados nos dias 15/06 e 09/11/2020, 18 meses e 24 meses após a implantação respectivamente. Com o a utilização de uma faca, foram coletadas todas as plantas da parcela útil, mantendo o cladódio “mãe” e o primário, sendo que, cada corte foi efetuado na junção dos cladódios, evitando danos para o cladódio fixado. Após a colheita, o material foi acondicionado em caixas e pesados em balança digital determinando produtividade e biomassa da palma forrageira.

No corte do feijão guandu, se adotou o parâmetro de 50% do florescimento da cultivar no *stand*, sendo realizado a partir da altura do resíduo pós corte, 30 cm de altura, conforme tratamentos, cortes realizados do plantio até 12 meses, período I; do plantio a 18 meses, período II; e do plantio a 24 meses, período III. Assim que foram efetuados os cortes, as plantas do guandu foram pesadas para determinação da produtividade da biomassa da

mesma (PBF) (Mg ha^{-1}). As subamostras de cada tratamento foram coletadas e levadas ao laboratório da instituição, a fim de efetuar a determinação do teor de matéria seca (MS).

Para efetuar o teor de matéria seca da palma forrageira e do feijão guandu, as subamostras das cultivares foram submetidas à secagem em estufa de ventilação e forçadas a 55°C durante 72 horas. Após esse procedimento, as amostras foram trituradas em moinho faca tipo Willey, com peneira de 1mm e uniformizadas e avaliado o teor de matéria seca das amostras, sob metodologia decrita no AOAC (Associação de químicos agrícolas oficiais). Após os resultados de produtividade de biomassa e matéria seca das espécies (Método, 934.01), se determinou a produtividade de matéria seca das amostras em todos os tratamentos.

Indicadores de produtividade

A eficiência dos sistemas consorciados foi medida de acordo com Diniz *et al.*, (2017) e Liu *et al.*, (2018) através dos seguintes indicadores:

Uso eficiente da terra (UET)

$$\text{UET} = (Y_{pg}/Y_{pp}) + (Y_{gp}/Y_{gg})$$

Em que:

Y_{pg} é a produtividade do consórcio palma/guandu

Y_{pp} é a produtividade da palma solteira

Y_{gp} é a produtividade do guandu/palma e

Y_{gg} é a produtividade sorgo solteiro

$\text{UET} > 1$, demonstra que o sistema consorciado é vantajoso, se $\text{UET} = 1$, os dois sistemas se igualam e $\text{UET} < 1$, significa que existe desvantagem no sistema consorciado.

Razão de área equivalente da terra (RAET)

$$\text{RAET} = [(UET_p \times t_p) + (UET_g \times t_g)] / t_{pg}$$

Sendo que:

t_p é o tempo de duração do ciclo da palma

t_g o tempo de duração do ciclo do guandu.

Assim como o UET, os valores de RAET foram determinados em $\text{RAET} > 1$, $\text{RAET} = 1$ e $\text{RAET} < 1$, todos calculados por hectare (Diniz *et al.*, 2017 ; Xiao *et al.*, 2018).

Coeficiente equivalente da terra (CET)

$$CET = UET_p \times UET_g$$

Para que o CET seja vantajoso, ele precisa apresentar resultado acima de 0,25 (Diniz et al., 2017; Xiao et al., 2018).

Índice de produtividade do sistema (IPS)

$$IPS = [(Y_{pp} / Y_{gg}) \times Y_{gp}] + Y_{pg}$$

O índice de produtividade do sistema (IPS) é calculado para determinar a padronização do rendimento da cultura que possui o ciclo mais curto, em relação à cultura principal de ciclo mais longo (Diniz et al., 2017; Xiao et al., 2018).

Coefficiente de adensamento relativo (CAR)

$$CAR = \{(Y_{pp} \times Z_{pg}) / [(Y_{pp} - Y_{pg} \times Z_{gp})]\} \times \{(Y_{gp} \times Z_{gp}) / [(Y_{gg} - Y_{gp}) \times Z_{pg}]\}.$$

Z_{pg} representa a proporção da cultura da palma, que nesse trabalho ficou determinado em 61,5% da área em consórcio com a cultura do guandu, que ocupou 38,5% da área restante. Para determinar a porcentagem das plantas por área ocupada, utilizou-se a seguinte equação: $\%P (Y_p + Y_g) / 100 = Y_p / X$ e $\%G (Y_g + Y_p) / 100 = Y_g / X$. Em que: Y_p é a quantidade de plantas da palma e Y_g é a quantidade de plantas do guandu, sendo que X é a variável.

O CAR é utilizado para determinar o quanto uma cultura é mais dominante que a outra. Assim como outros índices, o CAR precisa ser $>$ que 1, para que o consórcio possua vantagem produtiva, se o $CAR_{pg} > CAR_{gp}$, significa que a cultura principal possui grande competição interespecífica em relação a cultura secundária (Diniz et al., 2017; Xiao et al., 2018).

Agressividade (A)

$$A_{pg} = [Y_{pg} / (Y_{pp} \times Z_{pg})] - [Y_{gp} / (Y_{gg} \times Z_{gp})]$$

$$A_{ba} = [Y_{gp} / (Y_{gg} \times Z_{gp})] - [Y_{pg} / (Y_{pp} \times Z_{pg})].$$

A avaliação da agressividade (A), que serve para medir a variação da produtividade das culturas produzidas em consórcio. Neste caso se $A_{pg} = 0$, as culturas possuem o teor de competitividade igualitário, se $A_{pg} > 0$, a cultura principal possui maior capacidade de cultivo no consórcio e se $A_{gp} < 0$ a cultura secundária se sobressai diante da cultura principal (Diniz et al., 2017; Xiao et al., 2018).

Perda e ganho atual de rendimento (PGAR)

$$PGAR = [UET_p \times (100/Z_{pg}) - 1] + [UET_g \times (100/Z_{gp}) - 1].$$

O PGAR tem como base em seu cálculo o UET e Z_{pg} e Z_{gp} , que é o espaço proporcional que cada cultura ocupa dentro do consórcio. Neste caso se $PGAR > 0$, informa que ocorre vantagem acumulada dentro do consórcio em relação a produção solteira e se $PGAR < 0$, existe uma desvantagem na produção consorciada (Diniz et al., 2017; Xiao et al., 2018).

Razão de competitividade (RC)

$$RC_p = (UET_p / UET_g) \times (Z_{pg} / Z_{gp})$$

$$RC_g = UET_g / UET_p \times (Z_{gp} / Z_{pg}).$$

A RC é calculada para expressar a quantidade de vezes em que uma cultura possui mais competitividade que a outra. Se o resultado for < 1 , as culturas podem ser cultivadas em consórcio, e se for > 1 , ocorre um efeito negativo, demonstrando alta competitividade entre as culturas, não sendo recomendável o cultivo associado (Diniz et al., 2017; Xiao et al., 2018).

3.4 Análise estatística

Os indicadores de produtividade foram submetidos à análise estatística segundo delineamento em blocos casualizados no esquema de parcelas subdivididas utilizando-se o PROC MIXED do SAS 9.1 de acordo com o modelo abaixo:

$$Y_{ijkl} = \mu + b_i + A_j + SP_k + (A \times SP)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Onde Y_{ijklmn} é o valor variável dependente, μ é a média geral, b_i é o efeito aleatório de bloco ($i = 1, 2$ e 3), A_j = efeito fixo de arranjo ($j =$ fileira simples ou dupla); SP_k é o efeito fixo do tratamento aplicado na subparcela (época de colheita); $(A \times SP)_{jk}$ efeito fixo da interação entre arranjo e a subparcela; ϵ_{ijk} = erro aleatório para os tratamentos na parcela pressuposto $NID \sim (0, \sigma^2)$.

Os resultados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância a

5% de probabilidade, com desdobramento da interação quando significativo, com as médias testadas pelo teste Tukey.

Já os valores de produtividade em Kg.h⁻¹, utilizados para dar suporte aos indicadores foram apresentados como médias para arranjos e épocas de colheitas, com os respectivos erros padrões das médias.

4.0 RESULTADOS

A interação arranjo de plantio x época de colheita não promoveu efeito significativo sobre as variáveis de indicadores produtivos estudadas ($P>0,05$), exceto para Agressividade da palma sobre o guandu ($P=0,0100$) e Agressividade do guandu sobre a palma ($P=0,0100$) (Tabela 1). Também não foi registrado efeito significativo para Uso Eficiente da Terra da cultura da palma forrageira, Coeficiente de Adensamento Relativo e Razão de Área Equivalente da Terra, nas condições de arranjo e época de plantio ($P>0,05$).

Tabela 1. Indicadores de produtividade: Médias, Erro padrão da média (EPM) e valor de P para os arranjos de plantio, épocas e períodos de colheitas para palma forrageira “Gigante” consorciado com feijão-guandu “BRS Mandarin” sob condições semiáridas

Variável	Arranjo de Plantio		EPM	Épocas (palma) e Períodos (Feijão-Guandu) de colheitas				Valor de P		
	F. Simples	F. Dupla		Época 1	Época 2	Época 3	EPM	Arranjo	Época	Arranjo x Época
UET	2,62	1,83	0,23	1,89	2,56	2,23	0,29	0,0070	0,1230	0,3930
UETp	1,03	1,07	0,09	1,18	1,02	0,95	0,11	0,6530	0,1400	0,4740
UETg	1,48	0,73	0,14	0,72 b	1,32 a	1,28 a	0,16	0,0010	0,0120	0,0710
RAET	1,28	1,01	0,17	1,28	1,16	1,00	0,17	0,0840	0,2830	0,2650
CET	1,53	0,78	0,24	0,80	1,52	1,38	0,29	0,0120	0,0980	0,4310
IPS	23,6	14,7	4,00	6,16 b	23,04	28,26	4,77	0,0500	0,0050	0,3920
PGAR	3,35	1,59	0,33	1,61 b	2,98 a	2,82 a	0,40	<0,0001	0,0018	0,1100
CAR	2,30	1,52	0,49	1,80	1,92	2,01	0,60	0,1510	0,9460	0,9460
RCp	1,29	2,95	0,61	2,46	2,09	1,80	0,74	0,0230	0,692	0,3840
RCg	1,13	0,46	0,13	0,48 b	0,93 a	0,96 a	0,16	<0,0001	0,0280	0,0740
Apg	-0,023	-0,001	0,003	0,00006	-0,019	-0,018	0,004	<0,0001	0,0010	0,0100
Agp	0,023	0,001	0,003	-	0,019	0,018	0,004	<0,0001	0,0010	0,0100
				a	b	b				
				0,00006	a	a				
				b						

UET= Uso eficiente da terra; UETp = Uso eficiente da terra da cultura da palma forrageira; UETg = Uso eficiente da terra da cultura do feijão-guandu; RAET = Razão de área equivalente da terra; CET = Coeficiente equivalente da terra; IPS = Índice de produtividade do sistema; PGAR = Perda e ganho atual de rendimento; CAR = Coeficiente de Adensamento Relativo; RCp = Razão de competitividade da palma forrageira; RCg = Razão de competitividade do feijão-guandu; Apg = Agressividade da palma sobre o guandu e Agp =

Agressividade do guandu sobre a palma.

O consórcio foi superior no uso eficiente da terra nos arranjos de plantio em fileira simples e dupla, respectivamente (Tabela 1), com vantagem significativa do cultivo consorciado em fileira simples sobre o de fileira dupla ($P=0,0070$), sendo o cultivo consorciado em fileira simples 1,95 vezes superior no uso eficiente da terra. Em condições de época de colheita, não houve efeito significativo do uso eficiente a terra, entre os tratamentos ($P=0,1230$). Não obstante, o cultivo consorciado foi superior ao solteiro no uso eficiente da terra em 89, 156 e 123%, respectivamente para as épocas de colheita até 12, 18 e 24 meses (Tabela 1).

Em condições de cultivo dentro do consórcio somente o feijão guandu apresentou efeito significativo para arranjo produtivo ($P=0,0010$), sendo cultivo em fileira simples superior ao de fileira dupla (Tabela 1) em 2,03 vezes. Inclusive no arranjo de plantio em fileira simples, o feijão guandu foi 48% superior no cultivo consorciado, o que não ocorreu para o cultivo em fileira dupla, sendo 27% inferior ao cultivo solteiro. Para período de colheita do feijão guandu houve efeito significativo ($P=0,0120$), com uma vantagem nos períodos de colheita de 18 ($P=0,0180$) e 24 ($P=0,0200$) meses sobre o período de 12 meses de colheita, não havendo diferença ($P=0,9720$) entre os períodos de 18 e 24 meses para o uso eficiente da terra na cultura do feijão guandu em consórcio. O cultivo consorciado foi superior ao solteiro no uso eficiente da terra na cultura do feijão guandu em 32% e 28%, respectivamente para as épocas de colheita até 18 e 24 meses pós plantio (Tabela 1), já épocas de colheita até 12 meses pós plantio, o cultivo consorciado foi 28% inferior ao cultivo solteiro.

O Coeficiente equivalente da terra, tanto para arranjo em fileira simples quanto para fileira dupla, obtido no consórcio, apresentou vantagem sobre o cultivo solteiro, com $CET > 0,25$ (Tabela 1). Houve efeito para arranjo de plantio ($P=0,0120$), no coeficiente equivalente da terra, com vantagem para o arranjo em fileira simples (Tabela 1), correspondente a 1,96 vezes a mais em vantagem produtiva. Independente da época de colheita (12, 18 ou 24 meses pós plantio), houve vantagem produtiva no consórcio em detrimento do cultivo solteiro (Tabela 1). consórcio.

O índice de produtividade do feijão-guandu em cultivo consorciado se mostrou estável no rendimento. O IPS, foi superior a produtividade da palma em cultivo solteiro (Tabela 3), tanto para o arranjo de plantio em fileira simples, quando em fileira dupla (Tabela 1). No cultivo consorciado, o IPS em fileira simples foi superior ao de fileira dupla ($P=0,0500$). Não houve diferença no IPS quando as colheitas, no cultivo consorciado,

ocorreram com 18 e 24 meses ($P=0.5360$), já com colheita realizada aos 12 meses, apresentou IPS inferior em relação a 18 ($P=0.0170$) e 24 ($P=0.0050$) meses (Tabela 1). Nas diferentes épocas de colheitas, o índice de produtividade de sistema, se mostrou estável (Tabela 1), sendo superior às produtividades da palma em sistema exclusivo (Tabela 3).

A partir do índice de perda ou ganho atual de rendimento, pode-se afirmar que as produtividades obtidas com a adoção dos sistemas consorciados foram satisfatórias nos arranjos de plantio em fileira simples e dupla (Tabela 1), uma vez que os valores de PGAR foram maiores que 0 (zero). Entretanto, ocorreu efeito para arranjo de plantio ($P<0,0001$), com o índice no arranjo em fileira simples superior ao arranjo em fileira dupla. Já na época de colheita foi observado diferenças significativas ($P=0,0018$), quando a colheita foi realizada aos 12 meses, o índice de perda ou ganho atual de rendimento foi inferior em relação as colheitas realizadas aos 18 ($P=0,0240$) e 24 ($P=0,00350$) meses, não havendo diferença ($P=0,9150$) entre as duas últimas épocas de colheitas (Tabela 1).

Não houve efeito significativo para o coeficiente de adensamento relativo (CAR) entre os arranjos de plantio ($P=0,1510$) e nem para as épocas de colheitas ($P=0,9460$). Contudo, é possível afirmar que, tanto nas condições de arranjo de plantio quanto nas diferentes épocas de colheitas, apresenta vantagem produtiva no consórcio, em relação ao cultivo exclusivo (Tabela 01), pois os valores de CAR são maiores que 1 (um).

A Razão de competitividade da palma foi superior a razão de competitividade do feijão guandu nos diferentes arranjos de plantio, com valores superiores a 1 (um) (Tabela 1). Sendo essa competitividade maior no arranjo de plantio em fileira dupla ($P=0,0230$) em detrimento do arranjo em fileira simples. Nas diferentes épocas de colheita, a palma forrageira se mostra mais competitiva que o feijão guandu. Contudo, não há diferença entre as épocas de colheitas ($P=0,6920$) (Tabela 1). Quando avaliado a razão de competitividade do feijão guandu sobre a palma (Tabela 1), observa-se uma competição moderada ($RCg=1,13$) do feijão guandu sobre a palma no arranjo de fileira simples. Já no arranjo de fileira dupla, reforça o domínio da palma sobre o feijão guandu com razão de competitividade menor que 1. Ratifica-se essa situação com efeito significativo ($P<0,0001$) entre os arranjos (Tabela 1). Houve efeito significativo ($P=0,0280$) entre as épocas de colheita (Tabela 1), com a menor razão de competitividade na colheita realizada com 12 meses, em relação as colheitas realizadas com 18 ($P=0,0480$) e 24 ($P=0,0360$) meses. Entretanto, em todas as épocas de colheitas, a razão de competitividade do feijão guandu é inferior a palma forrageira (Tabela 1).

As variáveis agressividade da palma forrageira Gigante sobre o feijão guandu e do feijão guandu sobre a palma forrageira Gigante foram significativas ($P<0,0500$) para as interações época de colheita e arranjo de plantio (Tabela 1).

Em arranjo de fileira simples, o feijão guandu apresenta agressividade sobre a palma forrageira em todas as épocas de colheita (Tabela 2), com maior intensidade no período de 12 meses de colheita pós-plantio.

Tabela 2. Interação época de colheita e arranjo de para agressividade da palma forrageira Gigante sobre o feijão guandu e do feijão guandu sobre a palma forrageira Gigante

Agressividade de palma Gigante sobre o feijão guandu				
Época de colheita	Fileira Simples	Fileira Dupla	Valor de P	EPM
12 meses	-0,0021 a	0,0033 a	0,9120	0,0048
18 meses	-0,0371 b	0,0000 a	0,0010	
24 meses	-0,0300 b	-0,0067 a	0,0011	
EPM	0,0048			
Agressividade feijão guandu sobre a palma Gigante				
Época de colheita	Fileira Simples	Fileira Dupla	Valor de P	EPM
12 meses	0,0021 b	-0,0033 a	0,9120	0,0048
18 meses	0,0371 a	0,0000 a	0,0010	
24 meses	0,0300 a	0,0067 a	0,0011	
EPM	0,0048			

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem entre pelo teste Tukey ($P < 0,05$). Médias nas linhas diferem entre si, conforme valor de P.

Em arranjo de plantio em fileira dupla não ocorreu diferença entre as épocas de colheita (Tabela 2).

A produtividade de matéria seca ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), de feijão guandu BRS Mandarin (PMSG) e palma forrageira Gigante (PMSP) e Biomassa de forragem (PMSBM), sob plantio solteiro e consorciado, nos arranjos de fileira simples e duplas, colhidos com 12, 18 e 24 meses após o plantio são apresentados na forma de média (Tabela 3).

Tabela 3. Erro padrão das médias e médias de produtividade de matéria seca ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), de feijão guandu BRS Mandarin (PMSG) e palma forrageira Gigante (PMSP) e Biomassa de forragem (PMSBM), sob plantio solteiro e consorciado, nos arranjos de fileira simples e duplas, colhidos com 12, 18 e 24 meses após o plantio em condições semiáridas

Variável	Arranjo de Plantio			Épocas (palma) e Períodos (Feijão-Guandu) de colheitas			
	F. Simples	F. Dupla	EPM	Época 1	Época 2	Época 3	EPM
	Solteiro						
PMSG	3.177	5.345	480	1.131	5.177	6.475	632
PMSP	8.524	7.906	804	3.404	8.576	12.665	947
PMSBM	11.701	13.251	693	4535	13753	19140	849
	Consórcio						
PMSG	5575	4044	518	1246	5927	7256	611
PMSP	9176	8213	773	3954	9018	13112	947
PMSBM	14751	12257	980	5200	14945	20368	1200

5.0 DISCUSSÃO

5.1. Efeito do arranjo de plantio sobre os indicadores produtivos no consórcio de palma forrageira e feijão guandu em condições semiáridas

Mesmo que na literatura científica existam vários relatos sobre as vantagens produtivas e melhor eficiência no uso dos recursos ambientais (Costa et al., 2024; Alves et al., 2022; Bezerra et al., 2022) no cultivo consorciado, a aplicação de indicadores de eficiência produtiva na avaliação de sistemas dessa natureza, contribuem na compreensão de como se comportam as espécies nos diferentes arranjos de plantio e épocas de colheita, pós-plantio, diante de suas habilidades competitivas.

Nessa premissa, no cultivo consorciado de palma forrageira, cultivar Gigante e feijão guandu, BRS Mandarin, o uso eficiente da terra (UET) foi 162% e 83%, superior ao cultivo solteiro nos arranjos de plantio em fileira simples e dupla, respectivamente (Tabela 1). Demonstrando a vantagem do cultivo consorciado, independente do arranjo de plantio. É provável que a superioridade do UET no arranjo de plantio em fileira simples, esteja associado ao uso eficiente da terra pelo feijão guandu (UETg), uma vez que, mesmo que o uso eficiente da terra pela palma (UETp) tenha sido vantajoso para o consórcio, não houve diferença significativa entre os arranjos de plantio (Tabela 1). Já a UETg em fileira simples, demonstra a necessidade de 0,48 hectares a mais no cultivo solteiro para se igualar ao consorciado, diferente a do arranjo em fileira dupla, que reflete o oposto, sendo necessário 0,27 hectares a mais no consórcio para se igualar ao cultivo solteiro (Tabela 1).

Mesmo não havendo diferença entre plantio em fileira dupla e simples para a razão de área equivalente da terra (RAET), a mesma apresenta vantagem para o cultivo consorciado (Tabela 1). A RAET possibilita verificar, de forma mais precisa, a relação entre o consórcio e cultivo exclusivo, uma vez que considera a relação temporal entre as espécies consorciados do plantio a colheita (Diniz et al., 2017), endossando a vantagem produtiva do consórcio em ambos arranjos produtivos. Os resultados da UET e RAET, confirmam a importância e viabilidade no cultivo consorciado de palma forrageiras cv. Gigante e feijão guandu BRS Mandarin em condições semiáridas, com eficiência no uso dos recursos biofísicos (Jardim, et al 2021) e proporcional aumento na produtividade (Tabela 3).

O coeficiente equivalente da terra (CET), endossa a afirmativa da viabilidade do cultivo consorciado de palma forrageira cv. Gigante com feijão guandu, BRS Mandarin (Tabela 1), uma vez que o CET possibilita inferir sobre a viabilidade econômica do sistema consorciado (Diniz et al., 2017; Jardim et al., 2021). O cultivo consorciado em fileira simples,

registrou 153% de vantagem produtiva, em detrimento do cultivo solteiro. Condizente com o índice de produtividade do sistema (IPS), que foi de 23,6 Mg MS.ha⁻¹ no sistema consorciado em fileira simples (Tabela 1), verificando a estabilidade no rendimento desse sistema, com superioridade a produtividade da palma forrageira (Tabela 3) em cultivo solteiro (8,5 Mg MS.ha⁻¹), bem como do feijão guandu na mesma condição (3,2 Mg MS.ha⁻¹).

As resposta de eficiência biológica dos sistemas de cultivos consorciados, estão associadas às habilidades competitivas das plantas que compõem o sistema. Diante desse pressuposto, fica evidente a superioridade do consórcio, com destaque para o arranjo em fileira simples, sobre o cultivo solteiro. A variável perda ou ganho atual de rendimento (PGAR), auxilia nesse indicativo, demonstrando se há perda ou ganho proporcional no rendimento no sistema consorciado em relação ao monocultivo (Diniz et al., 2017; Jardim et al., 2021). Nessa pesquisa, ficou evidenciado a vantagem dos consórcios sobre o cultivo e solteiro (Tabela 1) e do arranjo em fileira simples, em relação a fileira dupla, uma vez que houve ganho proporcional no rendimento. Esses resultados são confirmados pelo coeficiente de adensamento relativo (CAR), que em ambos os arranjos, foi maior que 1 (Tabela 1).

Entretanto, faz-se necessário entender melhor as relações interespecíficas entre as culturas dentro do sistema de consórcio. A razão de competitividade (RC), possibilita avaliar o grau de disputa entre as culturas, em função de suas produtividades no consórcio e cultivo exclusivo, bem como a área de cultivo usada por ambas. A razão de competitividade demonstrou que a palma forrageira é mais competitiva que o feijão-guandu obtendo $RC_p > RC_g$ para o arranjo de plantio, demonstrando que a palma forrageira quando cultivada em fileira dupla, se mostrou duas vezes mais competitiva (Tabela 1). Possivelmente esteja associado ao manejo de colheita, tendo em vista que o feijão guandu sofria o estresse de corte com mais frequência que a palma forrageira.

Por outro lado, quando avaliou-se a agressividade das culturas, se pode observar que o feijão-guandu possuiu maior capacidade de cultivo dentro do consórcio para o arranjo de plantio em fileira simples, uma vez que obteve resultado maior que zero (Tabela 2). Nesse caso, mediu-se a variação da produtividade das culturas produzidas em consórcio, demonstrando que a cultura do feijão-guandu (cultura secundária) se sobressaiu diante da cultura da palma forrageira (cultura primária), principalmente o arranjo em fileira simples, colhido aos 18 e 24 meses pós-plantio. Essa agressividade pode ser atribuída ao sombreamento que o feijão-guandu causou sobre a palma em seu estágio mais arbustivo, antes de ser colhido. O arranjo de cultivo do feijão-guandu com outras culturas provoca o sombreamento das mesmas, causando estresse na cultivar associada e, conseqüentemente, tende a provocar redução da produtividade da cultura (Neres *et al.*, 2012). Ademais, a palma

forageira sob condições de sombreamento, sofre influência na interceptação da luz, diminuindo a sua eficiência fotossintetizante, inteferindo diretamente no seu desenvolvimento e na sua produtividade (Peixoto *et al.*, 2018).

Não obstante, observa-se que a agressividade entre as culturas não é tão desigual, com valores próximos a zero. Essa característica possibilita que haja coexistências entre as espécies, com baixa condição de supressão.

5.2. Efeito da época de colheita sobre os indicadores produtivos no consórcio de palma forrageira e feijão guandu em condições semiáridas

O uso eficiente da terra do feijão guandu (UETg), correspondente aos períodos de colheita entre 18 e 24 meses pós-plantio foram relevantes para o desempenho global do sistema consorciado, com a contribuição de 32 e 28% na produção do sistemas (Tabela 1). No UET global, esses índices se elevam para 156 e 123% a mais na produtividade do sistema, respectivamente para 18 e 24 meses pós-plantio. Ou seja, faz-se necessário plantar 1,56 e 1,23 hectares a mais, no cultivos exclusivo, para igualar a produtividade do consórcio colhido aos 18 e 24 meses pós-plantio. Esses resultados, reforçam, que esse tipo de sistema proporciona aumento da produtividade, garantindo maior aproveitamento do sistema produtivo, principalmente para as regiões semiáridas (Azevedo *et al.*, 2007; Li *et al.*, 2014).

Segundo Jagannath & Sunderaraj (1987), quando se efetua uma comparação entre os sistemas de produção, o sistema de consorciação tende a obter vantagem devido a duas fontes existentes neste processo, em que, uma delas é área ocupada pelas culturas e a outra fica determinada pelo fator biológico/agronômico. Essa afirmativa, se confirma com os valores de produtividades de matéria seca obtitos nos sistemas (Tabela 3).

Em média, a razão de área equivalente da terra (RAET) foi de 1,15 independente da época de colheita pós-plantio, é vantajoso implantar o cultivo consorciado entre palma forrageira cv Gigante e feijão guandu BRS Mandarin. Condição confirmada pelo coeficiente equivalente da terra (CET) que em média foi de 123% de eficiência produtiva para o cultivo consorciado. Para que ocorra vantagem produtiva do sistema consorciado, o valor de CET precisa exceder 25% (Pinto *et al.*, 2011). Com (CET > 0,25), o demonstra que a competição intraespecífica tende a se assemelhar com a interespecífica, proporcionando ótimo rendimento no cultivo consorciado (Chaves *et al.* 2020).

O índice de produtividade do sistema comprova que colheita pós-plantio da palma forrageira e os períodos de colheita do feijão guandu, realizada aos 18 e 24 meses são mais eficientes que aos 12 meses (Tabela 1). Possivelmente pelo fato da produtividade acumulada

dos cortes realizados no feijão guandu, como também da maturidade fisiológica da palma forrageira, com maior deposição de cladódio após 12 meses pós-plantio. Bem como, observa-se que aos 18 e 24 meses o IPS foi em médias 2,42 vezes maior no consórcio (Tabela 1) em detrimento do cultivo exclusivo para palma forrageira e 4,39 vezes que o cultivo exclusivo do feijão guandu (Tabela 3). A biomassa produzida no cultivo consorciado é superior ao cultivo exclusivo (Chaves *et al.*, 2020).

Na avaliação efetuada para a perda ou ganho atual de rendimento (PGAR), observou-se que no plantio consorciado da palma forrageira e feijão-guandu em três épocas diferentes, ocorreram resultados positivos para as três épocas analisadas (Tabela 1). Assim como no IPS, a vantagem acumulada dentro do consórcio em relação à produção solteira é mais eficiente aos 18 e 24 meses pós-plantio. Esse resultado, se justifica quando se observa as variáveis do uso eficiente da terra (que é a base do cálculo para a obtenção da PGAR), com registros superiores para as colheitas realizadas aos 18 e 24 meses.

A densidade populacional, ao arranjo e a época de colheita das culturas, interferem diretamente na produtividade das mesmas devido à competitividade por água, luz e nutrientes, de acordo com a capacidade produtiva de cada uma das espécies cultivadas (Heredia *et al.*, 2005). Entretanto, a razão de competitividade demonstrou que a palma forrageira é mais competitiva que o feijão guandu obtendo $RC_p > RC_g$, independente da época de colheita (Tabela 1). Importante salientar que se trata do consórcio entre um espécie MAC e outra C3, que mesmo possuindo tolerância ao déficit hídrico, principalmente pelo investimento tanto no crescimento rápido quanto no acúmulo de matéria seca total das raízes (Likoswe e Lawn, 2008), o feijão guandu, ainda está em desvantagem em relação aos recursos morfofisiológicos da palma forrageira. Ademais, o manejo adotado para colheita da parte aérea do feijão guandu para produção de feno, quando o mesmo atingia 50% do florescimento, favoreceu a palma forrageira com períodos curtos sob sombreamento.

Mesmo o feijão guandu apresentou agressividade sobre palma forrageira no consórcio (Tabela 2), mais significativa aos 18 e 24 meses pós-plantio, uma vez que as duas culturas já se encontravam bem estabelecidas, os valores estiveram muito próximo de zero, o que reforça mais uma vez a harmonia da coexistências entre as duas culturas no consórcio. Possibilitando o cultivo consorciado da palma forrageira com o feijão guandu em condições semiáridas, com colheitas da palma a partir do 18 meses pós-plantio e colheitas da parte aérea do feijão guandu para produção de feno com 50% de florescimento pós-rebrotação.

6.0 CONCLUSÃO

O sistema consorciado da palma forrageira cv.Gigante e feijão guandu BRS Mandarin, proporcionam maior vantagem produtiva, quando comparado com o cultivo solteiro das mesmas cultivares.

Os valores mais elevados dos indicadores de produtividade, afirma que o arranjo de plantio em fileira simples é mais eficaz que o arranjo de plantio em fileira dupla no sistema consorciado da palma forrageira “Gigante” e feijão guandu BRS Mandarin.

Mesmo com agressividade moderada do feijão guandu BRS Mandarin sobre a palma forrageira “Gigante” os índices de produtividade do sistema consorciado, foram positivos com elevados ganhos de rendimentos colhidos nos períodos de 18 e 24 meses.

Portanto, recomenda-se o cultivo consorciado de palma forrageira cv. Gigante e feijão guandu BRS Mandarin em fileira simples em regiões semiáridas. Com realização de colheitas do feijão guandu quando estiver com 50% de florescimento, colhido com altura de resíduo de 30 cm. Bem como, a colheita da palma podendo ser realizada a partir dos 18 meses pós plantio, com a manutenção do cladódio secundário.

- Aguiar, P. H. S.; Lima, R. A. - Fabaceae: importância ecológica do feijão guandu (*Canajus cajan* L.) Revista EDUCAmazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente, Humaitá, lapesam/gisrea/ufam/cnpq/edua – issn 1983-3423 – impressa – issn 2318 – 8766 – cdroom – issn 2358-1468 - digital on line. Vol XVI, Núm 1, pág. 172-180. jan-jun, 2023.
- Adetiloye, P.O., Ezedima, F. O. C., Okigbo, B. N. A land equivalent coefficient (LEC) concept for the evaluation of competitive and productive interactions in simple to complex crop mixtures. *Ecological Modelling*, v.19, n.1, p.27-39, 1983.
- Alves, C. P., Jardim, A. M. D. R. F., Araujo Junior, G. N., Pinheiro, A. Resiliência agrícola no cultivo consorciado palma-sorgo em ambiente semiárido: uma revisão. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.14, n.7, 3932-3952. 2021.
- Alves, C. P., Silva, T. G. F., Alves, H. K. M. N., Jardim, A. M. D. R. F., de Souza, L. S. B., da Cruz Neto, J. F., & de Souza Santos, J. P. A., Consórcio palma-sorgo sob lâminas de irrigação: balanço de água no solo e coeficientes da cultura. *Agrometeoros*, 27. 2020.
- AOAC, A. I. de Q. A. *Official Methods of Analysis*. Associação de Químicos Analíticos Oficiais Inc, p. 1028–1039, 1990.
- Araújo Júnior, G. do N., Silva, T. G. F., Souza, L. S. B., Araújo, G. G. L., Moura, M. S. B. de, Alves, C. P., Salvador, K. R. S., Souza, C. A. A., Montenegro, A. A. A., & Silva, M. J., Phenophases, morphophysiological indices and cutting time in clones of the forage cacti under controlled water regimes in a semiarid environment. *Journal of Arid Environments Journal*, 190, 145510. 2021.
- Araújo Júnior, G. do N., Jardim, A. M. da R. F., Silva, M. J., Alves, C. P., Souza, C. A. A. de, Costa, S. A. T., Cunha, M. V., Simões, A. do N., Silva, J. R. I., Souza, L. S. B. de, & Silva, T. G. F., Growth dynamics and accumulation of forage mass of forage cactus clones as affected by meteorological variables and water regime. *European Journal of Agronomy*, 131, 126-375. 2021b.
- Araújo, B.A., Moreira, F.J.C., Guedes, F.L. Emergência e crescimento inicial de feijão guandu em função dos substratos e salinidade da água de irrigação. *Revista Agraria Acadêmica*, 2, 90–101. 2019.
- Arco-Verde, M. F, Amaro G., *Análise financeira de sistemas produtivos integrados*. Embrapa Colombo- PR, 2014.
- Bentes-Gama, M. M. et al., *Análise econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia ocidental, Machadinho d'Oeste- RO*. *Rev. Árvore, Viçosa*, v. 29, n. 3, p. 401-411, junho, 2005.
- Bezerra, R. C. A., Santos, A. R. M., Cordeiro, L. R. B. A., Souza, J. C. G., Nascimento, D. B., Nogueira, J. C., Calaça, J. S. G., Fonsêca, G. R. F., Lucena, L. R. R., Leite, M. L. M. V. Indicadores de eficiência biológica e habilidade competitiva em sistemas consorciados de plantas forrageiras xerófilas: uma revisão. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 15, e258111537107, 2022 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i15.37107>.
- Brazaca, S. G. C., Salgado, J. M., Mancini Filho, J., Novaes, N. J. Avaliação física, química, bioquímica e agrônômica de cultivares de feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L) Mill). *Alimentos e Nutrição*, 7(1), 37-45. 1996.
- Brito, A. U., Puiatti, M., Cecon, P. R., Finger, F. L., Mendes, D. C. Viabilidade agroeconômica dos consórcios taro com brócolis, couve-chinesa, berinjela, jiló, pimentão e maxixe. *Rev. Brasileira de Ciências Agrárias, Recife*, v.12, n.3, p.296-302, 2017.

- Brito, A. U., Puiatti, M., Cecon, P. R., Puiatti, G. A. Viabilidade agroeconômica do consórcio mangarito com milho verde em quatro épocas de associação. *Rev. Ceres, Viçosa*, v. 65, n.4, p. 364-372, jul/ago, 2018.
- Buch, D.U., Sharma, O.A., Pable, A.A., Barvkar, V.T.,. Characterization of microRNA genes from Pigeonpea (*Cajanus cajan* L.) and understanding their involvement in drought stress. *Journal of Biotechnology*, 321, 1–12. 2020.
- Cardoso, D.B., Carvalho, F.F.R., Medeiros, G.R., Guim, A., Cabral, A.M.D., Vêras, R.M.L., Santos, K.C., Dantas, L.C.N., Nascimento, A.G.O. Levels of inclusion of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in the diet of lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 247, 23–31. 2019.
- Carlos, S. D. M., Cunha, D. A. D., & Pires, M. V., Conhecimento sobre mudanças climáticas implica em adaptação? Análise de agricultores do Nordeste brasileiro. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 57, 455-471. 2019.
- Chaves, A. P., Bezerra neto, F., Lima, J. S. S., Silva, J. N., Nunes, R. L. C., Barros júnior, A. P. Lima, G. K. L., Santos, E. C. Cowpea and beet intercropping agro-economic dynamics under spatial arrangement and cowpea population density. *Horticultura Brasileira* 38: 192-203. 2020. DOI - <http://doi.org/10.1590/S0102-053620200212>
- Choudhary, A.K., Kumar, S., Patil, B.S., Bhat, J.S., Sharma, M., Kemal, S., Ontagodi, T.P., Datta, S., Patil, P., Chaturvedi, S.K., Sultana, R., Hegde, V.S., Choudhary, S., Kamannavar, P.Y., Vijayakumar, A.G. Narrowing yield gaps through genetic improvement for Fusarium wilt resistance in three pulse crops of the semi-arid tropics. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*, 45, 341–370. 2013.
- Colombo, J. N., Puaiatti, M., Silva Filho, J. B., Vieira, J. C. B., Silva, G. C. C. Viabilidade agroeconômica do consórcio de taro (*Colocasia esculenta* L.) e pepino em função do arranjo de plantas. *Rev. Ceres, Viçosa*, v. 65, n.1, p. 056-064, jan/fev, 2018.
- Costa, L. C., Lambrecht, D. M., Freitas, C. P. O., Simões, G. P., Santos, N. N., Zanon, A. J., Streck, N. A. Consórcio de mandioca e feijão na potencialização da Agricultura Familiar do Rio Grande do Sul, Brasil. *Research, Society and Development*, v. 13, n. 1, e3413144731, 2024 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v13i1.44731>.
- Costa, M. da S., Oliveira-Júnior, J.F. de, Santos, P.J. dos, Correia Filho, W.L.F., Gois, G. de, Blanco, C.J.C., Teodoro, P.E., Silva Junior, C.A. da, Santiago, D. de B., Souza, E. de O., Jardim, A.M. da R.F. Rainfall extremes and drought in Northeast Brazil and its relationship with El Niño–Southern Oscillation. *Int. J. Climatol.* 1–25. 2021.
- Cunha, F. F.; Soares, A. A.; Sedyama, G. C.; Mantovani, E. C. Avaliação do sistema radicular do capim-tanzânia submetido a diferentes níveis de irrigação e turnos de rega. *Engenharia na Agricultura*, v. 15, n. 3, p. 200–211, 2007.
- Diniz, W. J. S.; Silva, T. G. F.; Ferreira, J. M. S.; Santos, D. C.; Moura, M. S. B.; Araújo, G. G. L.; Zolnier, S., Forage cactus-sorghum intercropping at different irrigation water depths in the Brazilian Semiarid Region. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52, (9), 724-733. 2017.
- Ferraza, R. A., Lopes, M. A., Albuquerque, C. J. B. Avaliação bioeconômica do consórcio de sorgo com diferentes espécies forrageiras para sistema de integração lavoura-pecuária em nova porteirinha, MG. *Bol. Ind. Anim.*, Nova Odessa, v.73, n.2, p.94-102, 2016.
- Galvão Júnior, J. G. B.; Silva, J. B. A. da.; Morais, J. H. G.; Lima, R. N. de. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: Cultivo e utilização. *Acta Veterinária Brasilica*, v.8, n.2, p.79, 2014.

- Guerra, N. M., Bezerra neto, F., Lima, J. S. S., Santos, E. C., Nunes, R. L. C., Porto, V. C. N., Queiroga, R. C. F., Lino, V. A. S., Sá, J. M. Agroecomic viability of lettuce-beet intercropping under green manuring in the semi-arid region. *Horticultura Brasileira* 40: 082-091. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536-20220111>
- Heredia, Z. N. A., Vieira, M. C. & Pontim, B. C. A. Arranjo de plantas na produção do mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott) 'Comum'. *Acta Scientiarum Agronomy*, 27:409-413. (2005).
- Hiolanda, R., Dalchiavon, F.C., Biezu, E., Iocca, A.F.S., Carvalho, C.G.P. Contributo para o estudo do desempenho agronómico de híbridos na principal região produtora de girassol no Brasil (Chapadão do Parecis). *Revista de Ciências Agrárias*, 41, 14–22. 2018.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Semiárido brasileiro. Brasília: IBGE, 2018. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15974-semiarido-brasileiro.html?=&t=sobre> >. Acesso em 03 de maio de 2023.
- Iqbal, M. A., Hamid, A., Imtiaz, H., Rizwan, M., Imran, M., Sheikh, U. A. A., & Saira, I. Cactus Pear: a Weed of Dry-Lands for Supplementing Food Security Under Changing Climate. *Planta Daninha*, 38. 2020.
- Jagannath, M. K., Sunderaraj, N. Productivity equivalent ratio and statistical testing of its advantage in intercropping. *Journal of the Indian Society of Agricultural Statistics* 39: 289-300. 1987.
- Jardim, A. M. R. F., Silva, T. G. F., Souza, L. S. B., Souza, M. S., Morais, J. E. F., Araújo Júnior, G. N., Multivariate analysis in the morphoyield evaluation of forage cactus intercropped with sorghum. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 24, 756-761. 2020.
- Jardim, A.M.R.F., Silva, T.G.F., Souza, L.S.B., Souza, M.S. Interaction of agroecosystem intercropped with forage cactus-sorghum in the semi-arid environment: a review. *Journal of Environmental Analysis and Progress* 5, 069-087. 2020b.
- Jardim, A.M.R.F., Silva, T.G.F., Souza, L.S.B., Araújo júnior, G.N., Alves, H.K.M.N., Souza, M.S., Araújo, G.G.L., Moura, M.S.B. Intercropping forage cactus and sorghum in a semi-arid environment improves biological efficiency and competitive ability through interspecific complementarity. *Journal of Arid Environments*, 188, 1–11. 2021.
- Jardim, A.M.R.F., Santos, H.R.B., Alves, H.K.M.N., Ferreira-Silva, S.L., Souza, L.S.B., Araújo Júnior, G.N., Souza, M.S., Araújo, G.G.L., Souza, C.A.A., Silva, T.G.F. Genotypic differences relative photochemical activity, inorganic and organic solutes and yield performance in clones of the forage cactus under semi-arid environment. *Plant Physiology and Biochemistry* 162, 421-430. 2021b.
- Javanmard, A., Machiani, M.A., Lithourgidis, A., Morshedloo, M.R., Ostadi, A. Intercropping of maize with legumes: A cleaner strategy for improving the quantity and quality of forage. *Cleaner Engineering and Technology*, 1, 1–10. 2020. 3.
- Jiao, N., Wang, J., MA, C., Zhang, C., Guo, D., Zhang, F., Jensen, E.S. The importance of aboveground and belowground interspecific interactions in determining crop growth and advantages of peanut/maize intercropping. *The Crop Journal*, 1–10. 2021.
- Kahlon, M. S., Chawla, K. Effect of tillage practices on least limiting water range in Northwest India. *International Agrophysics*, v. 31, n. 1, p. 183-194, 2017.
- Khoury, C.K., Castañeda-Alvarez, N.P., Achicanoy, H.A., Sosa, C.C., Bernau, V., Kassa, M.T., Norton, S.L., Maesen, L. J. G.V.D., Upadhyaya, H.D., Ramírez-Villegas, J., Jarvis, A., Struik, P.C. Crop wild relatives of

- pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.]: Distributions, ex situ conservation status, and potential genetic resources for abiotic stress tolerance. *Biological Conservation*, 184, 259–270. 2015.
- Likoswe ,A. A.; Lawn, R. J. Response to terminal water deficit stress of cowpea, pigeonpea, and soybean in pure stand and in competition. *Australian Journal of Agricultural Research*, Victoria, v. 59, n. 1, p. 27- 37, 2008.
- Li, L., Tilman, D., Lambers, H., & Zhang, F. S. Plant diversity and overyielding: insights from belowground facilitation of intercropping in agriculture. *New phytologist*, 203(1), 63-69. 2014.
- Lima, L. R., Silva, T. G. F., Pereira, P. C., Morais, J. E. F., Assis, M. C. S., Productive-economic benefit of forage cactus-sorghum intercropping systems irrigated with saline water. *Rev. Caatinga*, Mossoró, v. 31, n. 1, p. 191 – 201, jan. – mar., 2018.
- Lino, V. A. S., Bezerra Neto, F., Lima, J. S. S., Santos, E. C., Nunes, R. L. C., Guerra, N. M., Lino, F. K. K. S., Sá, J. M., Silva, J. N. Beet-arugula intercropping under green manuring and planting density induce to agro-economic advantages. *Horticultura Brasileira* 39: 432-443. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536-20210413>
- Lira, M. A.; Santos, M. V. F. dos; Dubeux, J. C. B.; Farias, I.; Cunha, M. V.; Santos, D. C. dos. Meio século de pesquisa com a palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*): ênfase em manejo. In: Congresso brasileiro de zootecnia, 16.; congresso internacional de zootecnia, 8.; reunião nacional de ensino de zootecnia, 12.; fórum de entidades de zootecistas, 29.; fórum de coordenadores de cursos de zootecnia das universidades brasileiras, 2.; fórum de estudantes de cursos de zootecnia das universidades brasileiras, 2., 2006, Recife. Anais... Recife: ABZ UFRPE, 2006. 22 f.
- Lira, E. C., Araújo, J. S., Felix, E. S., Nascimento, G. V., Oliveira Filho, T. J., Souza, J. T. A., Pereira, D. D., Produtividade de culturas anuais em sistema de consórcio com a palma forrageira resistente à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell). *HOLOS*, Ano 37, v.2, e11212, 2021.
- Mattos, P. L. P., Souza, L. S., Souza, J. S., Caldas, R. C. Consorciação da mandioca plantada em fileiras duplas e simples com culturas de ciclo curto. I. mandioca x caupi x milho. *Revista Brasileira de Mandioca*, Cruz das Almas, v.18, n.1, p.25-30, 2005.
- Medeiros, A.S., Maia, S.M.F., Santos, T.C., Gomes, T.C.A., Soil carbon losses in conventional farming systems due to land-use change in the Brazilian semi-arid region. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 287, 1–9. 2020.
- Melgar, B.; Pereira, E.; Oliveira, M. B. P. P.; Garcia-Castello, E. M.; Rodriguez-Lopez, A. D.; Sokovic, M.; Barros, L.; Ferreira, I. C. F. R. Extensive profiling of three varieties of *Opuntia* spp. fruit for innovative food ingredients. *Food Research International*, 101, 259-265. 2017.
- Mizubuti, I. Y., Ribeiro, E. L. A., Rocha, M. A., Moreira, F. B., Khatounian, C. A., Pereira, E. S., Fernandes, W. C., Souza, L. W. O., Pinto, A. P. Consumo médio e digestibilidade do feno de capim “Coast cross” (*Cynodon dactylon* (L.) pers.) e feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) em carneiros submetidos a dois regimes alimentares. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 28, n. 3, p. 513-520, jul./set. 2007.
- Moraes, G. S. O., Guim, A., Tabosa, J. N., Chagas, J. C. C., Almeida, M. de P., & Ferreira, M. A. Cactus [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] cladodes and corn silage: How do we maximize the performance of lactating dairy cows reared in semiarid regions? *Livestock Science*, 221, 133–138. 2019.
- Moura, M. S. B., Espínola Sobrinho, J., Silva, T. G. F., & Souza, W. M. Aspectos meteorológicos do Semiárido brasileiro. In: Luciano Feijão Ximenes, Maria Sonia Lopes da Silva, Luiza Teixeira de Lima Brito.

- (Org.). Tecnologias de convivência com o Semiárido brasileiro. 1ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1, 85-104. (2019).
- Nascimento Júnior, J. R. S., Magalhães, A. L. R., Sousa, D. R., Bezerra, J. D. C., Melo, A. A. S., Gois, G. C., Campos, F. S., Santos, K. C; Pereira, K. D., Azevedo, O. S., & Santos, L. M. Bean meal and cactus pear in Santa Inês lamb rations for meat production: Intake, digestibility, performance, carcass yield, and meat quality. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 20(2), 2022.
- Neres, M. N., Castagnara, D. D., Silva, F. B., Oliveira, P. S. R., Mesquita, E. E., Bernardi, T. C., & 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*, 42(5). 2012.
- Odo, P.E. Evaluation of Short and Tall Sorghum Varieties in Mixtures with Cowpea in the Sudan Savanna Of Nigeria: Land Equivalent Ratio, Grain Yield and System Productivity Index. *Experimental Agriculture*, v.27, n.4, p. 435-441, 1991.
- Oliveira, J. F. F., Valença, R. L., Cunha, G. L. C., Araújo, F. S., & Magalhães, A. L. R. Metabólitos secundários presentes na palma forrageira: benefícios e potencialidades. *Research, Society and Development*, 10(2), 1-16. 2021.
- Paredes-Trejo, F.J., Barbosa, H.A., Lakshmi Kumar, T. V. Validating CHIRPS-based satellite precipitation estimates in Northeast Brazil. *J. Arid Environ. J.* 139, 26–40. 2017.
- Peixoto, M.J.A.; Carneiro, M.S.deS.; Amorim, D.S.; Edvan, R.L.; Pereira, E.S.; Costa, M.R.G.F. Características agrônomicas e composição química da palma forrageira em função de diferentes sistemas de plantio. *Archivos de Zootecnia*. 67 (257): 35-39. 2018.
- Pinati, C. C.; Gomes, V. M.; Angelini, P. B.; Garcia, L. I.; Bosi, C.; Brunetti, H. B.; Barbério, A.; Santos, S. A.; Ricardo, J. Biomassa de capim-piatã e feijão-guandu consorciados em um sistema integrado com árvores nativas. *Anais da 14ª Jornada Científica – Embrapa São Carlos – Embrapa Instrumentação e Embrapa Pecuária Sudeste – São Carlos – SP – Brasil*. 14 de Set. 2022.
- Pinheiro, A. G.; Souza, L. S. B.; Jardim, A. M. R. F.; Araújo Júnior, G. N.; Alves, C. P.; Souza, C. A. A.; Leite, R. M. C.; Silva, T. G. F. Lacunas de produtividades e estratégias de cultivo na melhoria da produção de forragem para a região semiárida brasileira – Revisão. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.14, 04, 2403-2426. 2021.
- Pinheiro, G.G., Zanotti, R.F., Paiva, C.E.C., Lopes, J.C., Gai, Z.T. Efeito do estresse salino em sementes e plântulas de feijão guandu. *Enciclopédia Biosfera*, 9, 901–912. 2013.
- Pinto, C. M., Pinto, O. R. O. Avaliação da eficiência biológica e habilidade competitiva nos sistemas de consorciação de plantas. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. 2012.
- Pinto, C. M., Sizenando Filho, F. A., Cysne, J. R. B., Pitombeira, J. B. Produtividade e índices competição da mamona consorciada com gergelim, algodão, milho e feijão caupi. *Revista Verde* 6: 75-85. 2011.
- Queiroz, J. F., Maneschy, R. Q., Filgueiras, G. C., Homma, A. K. O., Indicadores de viabilidade econômica para sistemas agroflorestais pecuários no Sudeste do Pará. *REUMAM*, V. 5, N. 1, 2020.
- Rassele, R. L., Freitas, S. P., Colombo, J. N., Krause. M. R., Brath, H., Barth, H. T. Agroeconomic viability of grape-common bean intercropping. *Comunicata Scientiae. Horticultural Journal*. Dez. 2020.

Ribeiro, G. M.; Neto, F. B., Lima, J. S. S., Silva, M. L., Barros Junior, A. P., Santos, E. C. Agro-economic efficiency of the intercropping of carrot x cowpea-vegetable under different spatial arrangements and population densities. *Revista Caatinga*, v.30, n.4, p.847-854. 2017.

Sá, J. M., Neto, B. F., Queiroga, R. C. F., Chaves, A. P., Lima, J. S. S., Santos, E. C., Nunes, R. L. C., Guerra, N. M., Porto, V. C. N., Lino, V. A. S., Gomes, C. D. L. Agro-economic efficiency in radish-arugula intercropping as a function of green manuring and population density. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 5, e5310514867, 2021. (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14867>

Salvador, K.R.S., Jardim, A.M.R.F., Araújo Júnior, G.N., Alves, C.P., Pinheiro, A.G., Pereira, R.C.G., Souza, L.S.B., Silva, T.G.F. Intensificação de sistemas de produção de palma forrageira por meio de consorciação rotativa com gramíneas, leguminosas e oleaginosas: uma revisão. *Rev. Bras. Geogr. Física* 14, 2369–2390. 2021.

Silva, M. L., Fontes, A. A., Discussão sobre os Critérios de Avaliação Econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra (VET). *R. Árvore*, Viçosa-MG, v.29, n.6, p.931-936, 2005.

Seiffert, N. F., & Thiago, L. R. L. Legumineira: cultura forrageira para produção de proteína. Campo Grande: Embrapa-CNPQC, 52p. Circular Técnica, 13. 1983.

Schuck, M. L.; Oliveira, J. R.; Pasinato, R. F.; Antoniak, J. A. Partição de massa no consórcio de milho, *Brachiaria ruziziensis* e feijão guandu. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v.35, n.2, p.17-20, 2022 - Ahead of print 22 jun. 2022.

Silva, A. P. G.; Souza, C. C. E.; Ribeiro, J. E. S.; Santos, M. C. G.; Pontes, A. L. S.; Madruga, M. S. Características físicas, químicas e bromatológicas de palma gigante (*opuntia ficus-indica*) e miúda (*nopalea cochenillifera*) oriundas do estado da paraíba. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR Campus Ponta Grossa - Paraná - Brasil ISSN: 1981-3686/v.9, n.2: p.1810-1820, 2015.

Silva, A. L., Sousa, D. B., Amorim, D. S., Santos, M. S., Silva, K. B., & Nascimento, R. R. Caracterização morfológica, frequência de colheita e ensilagem de palma forrageira: uma revisão. *Nucleus Animalium*, 11(1), 13-24. 2019.

Silva, G.I.N., Jardim, A.M.R.F., Alves, H.K.M.N., Souza, M.S., Souza, C.A.A., Araújo Júnior, G.N., Alves, C.P., Pinheiro, A.G., Salvador, K.R.S., Leite, R.M.C., Costa, S.A.T., Silva, M.J., Silva, T.G.F., Cultivo de plantas forrageiras de apelo regional para o Semiárido brasileiro sob a perspectiva de técnicas agrometeorológicas para melhoria da resiliência: uma revisão. *Research, Society and Development* 9. 2020.

Silva, B. M. C., Oliveira, D. E. C. de, Farias, B. de L., Costa, V. S., Ferreira, V. B., Nunes, M. R. G., Resende, O. Influência da secagem na qualidade fisiológica e coloração das sementes de feijão guandu. *Research, Society And Development*, 9(7), 1-12. 2020b.

Silva, M. V., Pandori, H., Jardim, A. M. R. F., Oliveira-Júnior, J. F., Di vincula, J. S., Giono, P. R., & Lopes, P. M. O., Spatial modeling of rainfall patterns and groundwater on the coast of northeastern Brazil. *Urban Climate*, 38, 100911. 2021.

Simões, D. A.; Santos, D. C.; Dias, F. M. Introdução da palma forrageira no Brasil. IN: Menezes, R. S. C.; Simões, D. A.; Sampaio, E. V. S. B. (Ed.). In: A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005.

Souza, L. S. B. de; Moura, M. S. B. de; Silva, T. G. F. da; Soares, J. M.; Carmo, J. F. A. do; Brandão, E. O. Indicadores climáticos para o zoneamento agrícola da palma forrageira (*Opuntia* sp.). In: Jornada de iniciação

científica da Embrapa semiárido, 3, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa SemiÁrido, Documentos, 210, p. 23. 2008.

Souza, L.A.G. Levantamento da habilidade nodulífera e fixação simbiótica de N₂ nas Fabaceae da região amazônica. Enciclopédia Biosfera, v.6, n.10, p.1-11, 2010.

Souza, M.S., Silva, T.G.F., Souza, L.S.B., Jardim, A.M.R.F., Araújo Júnior, G.N., Alves, H.K.M.N. Practices for the improvement of the agricultural resilience of the forage production in semiarid environment: a review. Amazonian Journal of Plant Research 3, 417- 430. 2019.

Souza, J. A. A.; Santos, D. B.; Donato, S. L. R. Yield and survival rate of ‘ Gigante ’ cactus pear under regulated deficit irrigation using wastewater. Research Square, v. 1, p. 23, 2020.

SUDENE. Delimitação do semiárido. (2021). <https://www.gov.br/sudene/pt-br/assuntos/projetos-e-iniciativas/delimitacao-do-semiarido>. Acessado em: 21/04/2023.

Sudo, A.; Guerra, J. G. M.; Almeida, D. L.; Ribeiro, R. L. D. Cultivo consorciado de cenoura e alface sob manejo orgânico. Seropédica: CNPAB, 4 p. 1998. (Recomendação Técnica, 2).

Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. Casteiló de la Plana :La Universitat Jaume I, p. 848-848. 2009.

Taiz, L., Zeiger, E. Moller, I.M., Murphy, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal (6° ed). Editora Artmed. 2017.

Tavora, F. J., Silva, C., & Bleicher, E. Sistemas de consórcio do milho, sorgo e feijão-caupi em séries de substituição. Current Agricultural Science and Technology, 13(3). 2007.

Willey, R.W. Intercropping - its importance and research needs. Part I. Competition and yield advantages. Field Crop Abstracts, v.32, p.1-10, 1979.