



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA**

FRANCISCA KARLA KELLY DA SILVA LINO

**AVALIAÇÃO AGROECONÔMICA E DE QUALIDADE DE CENOURA E
FEIJÃO-CAUPI EM CONSÓRCIO SOB DOSES DE ADUBOS VERDES E
DENSIDADES POPULACIONAIS**

**MOSSORÓ/RN
2025**

FRANCISCA KARLA KELLY DA SILVA LINO

**AVALIAÇÃO AGROECONÔMICA E DE QUALIDADE DE CENOURA E
FEIJÃO-CAUPI EM CONSÓRCIO SOB DOSES DE ADUBOS VERDES E
DENSIDADES POPULACIONAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas culturais

Orientador: Francisco Bezerra Neto,
Prof. Ph. D.

Coorientadora: Elizangela Cabral dos
Santos, Prof^a. DSc.

**MOSSORÓ/RN
2025**

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L735a Lino, Francisca Karla Kelly da Silva.
Avaliação agroeconômica e de qualidade de
cenoura e feijão-caupi em consórcio sob doses de
adubos verdes e densidades populacionais /
Francisca Karla Kelly da Silva Lino. - 2025.
155 f. : il.

Orientador: Francisco Bezerra Neto Bezerra
Neto.
Coorientadora: Elizangela Cabral dos Santos.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2025.

1. Calotropis procera. 2. Cultivo consorciado.
3. Merremia aegyptia. 4. Otimização produtiva e
monetária. 5. Vigna unguiculata (L.) Walp.. I.
Bezerra Neto, Francisco Bezerra Neto, orient. II.
Santos, Elizangela Cabral dos , co-orient. III.
Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

FRANCISCA KARLA KELLY DA SILVA LINO

**AVALIAÇÃO AGROECONÔMICA E DE QUALIDADE DE CENOURA E
FEIJÃO-CAUPI EM CONSÓRCIO SOB DOSES DE ADUBOS VERDES E
DENSIDADES POPULACIONAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia.

Defendida em: 20/02/2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br FRANCISCO BEZERRA NETO
Data: 04/04/2025 11:24:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Francisco Bezerra Neto, Prof. Ph.D. (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente
gov.br ELIZANGELA CABRAL DOS SANTOS
Data: 09/04/2025 15:11:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Elizangela Cabral dos Santos, Profª. D.Sc. (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
gov.br VANIA CHRISTINA NASCIMENTO PORTO
Data: 07/04/2025 10:11:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Vania Christina Nascimento Porto, Profª. D.Sc. (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
gov.br JAILMA SUERDA SILVA DE LIMA
Data: 09/04/2025 10:33:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Jailma Suerda Silva de Lima, Profª. D.Sc. (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
gov.br JOSINALDO LOPES ARAUJO ROCHA
Data: 07/04/2025 09:02:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Josinaldo Lopes Araújo Rocha, Prof. D.Sc. (UFCEG/CTRN/UAEA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
gov.br GERLANI ALVES DA SILVA
Data: 04/04/2025 15:28:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Gerlani Alves da Silva, D.Sc. (Membro externo)
Membro Examinador

Ao meu esposo, Vitor Abel da Silva Lino, aos meus pais, Francisca Ildene e Jose Maria, aos meus irmãos, Ane Kelly e Paulo Henrique, e à minha sobrinha, Maria Alice, pelo amor, companheirismo, cumplicidade e compreensão durante todo esse percurso, dedico minhas conquistas e sonhos realizados.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Hoje, se concretiza uma promessa de Deus na minha vida, algo jamais imaginado por mim. Um feito do qual jamais julguei ser merecedora, mas como os planos de Deus são diferentes dos meus, ele me presenteou não somente com uma titulação, mas me refez uma pessoa diferente após todos esses anos de dedicação. Sou grata a Ele por ter me dado saúde e determinação para não desanimar durante a realização deste trabalho e por me ensinar que a verdadeira força vem da fé, e que com confiança e empenho nossos sonhos podem se realizar. Meus Deus, Obrigada!

Aos meus familiares: Jose Maria, Francisca Ildene, Ane Kelly, Paulo Henrique, Maria Alice, José Floriano e Maria Verlônia, sou grata, pois me apoiaram e estiveram sempre comigo, me incentivando, animando, revelando-me que sempre posso contar com vocês sempre que precisar. Por todas as vezes que compreenderam minha ausência quando eu me dedicava à realização deste trabalho, meu muito obrigada.

Ao meu esposo, Vitor Abel, pelo companheirismo, paciência e compreensão durante todos esses anos. Sua confiança em mim me faz querer ser melhor e me incentiva a sempre querer alçar voos ainda maiores. Seu apoio incondicional, amor e cuidado foram essenciais nos momentos em que quis desistir. Obrigada por sempre me reencontrar e me trazer à realidade quando estava me perdendo. Sua existência em meus dias é uma bênção de Deus em minha vida.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, corpo docente do curso de Doutorado, direção e administração por me facultarem esta oportunidade, me permitindo visualizar um horizonte mais elevado e por toda a estrutura e amparo ofertados durante a realização deste estudo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realizar o curso de Doutorado e pelo apoio que se tornou essencial para que o projeto fosse concluído.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo, fomento à pesquisa e por acreditarem na ciência. Sem esses apoios não seria possível a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Professor Ph. D. Francisco Bezerra Neto, por aceitar e confiar em mim para realizar esse trabalho, pela sua dedicação, conhecimento, compreensão, paciência, motivação e conselhos, sem os quais esse momento não seria possível. Deus te abençoe!

À Professora e coorientadora D. Sc. Elizangela Cabral dos Santos, pela confiança depositada em mim, pela amizade, ensinamentos e conselhos ofertados sempre que a procurei.

Aos membros participantes da banca examinadora – Professores: Ph.D. Francisco Bezerra Neto, D. Sc. Elizangela Cabral dos Santos, D. Sc. Vania Christina Nascimento Porto, D. Sc. Jailma Suerda Silva de Lima, D. Sc. Josinaldo Lopes Araújo Rocha e D. Sc. Gerlani Alves da Silva. Reconheço que as suas contribuições e experiências foram de grande valia neste trabalho. Reitero meus mais sinceros agradecimentos.

A todos os funcionários, técnicos administrativos (Vilma, Odonil, Bruno, Paulo, Juliana, Cristiane, Chagas e Renan), terceirizados e diaristas – Josivan (Nanã), Josimar, Isleique, Cosmildo, Francisco (Titico) e Alderi, pela disponibilidade, ânimo e alegria em ajudar, servir e contribuir na obtenção desses resultados. Obrigada pelas risadas, conversas e experiência trocada, levarei todos em minhas melhores memórias.

A toda a equipe do Grupo de Estudos e Pesquisa em Práticas Culturais e Pós-colheita para o Semiárido (GEPCS), pela ajuda na condução dos experimentos, companheirismo, cordialidade e risos durante as longas horas de trabalho. Aos bolsistas de Iniciação Científica Joaquim, Sidney, Glenda e Witor, por sempre poder contar com vocês. Obrigada pela parceria que viabilizou esse trabalho.

Às minhas amigas Gerlani Alves e Renata Damasceno, que foram tão essenciais em cada etapa desse curso. Obrigada por estarem sempre ao meu lado, por secarem minhas lágrimas, me ouvirem, aconselharem e pelas orações. Levo vocês em um lugar especial no meu coração.

E a todos aqueles que não foram citados, mas que de alguma forma contribuíram para o sucesso dessa conquista, quero reiterar a minha gratidão.

Muito obrigada!

“Não fui eu quem ordenou a você que seja forte e corajoso? Não tenha medo e não se sinta acovardado, porque o Senhor seu Deus vai estar com você por onde você andar”

Josué 1:9

“Que a cobrança para sair do lugar não me impeça de enxergar o quanto eu caminhei”.

Sofia Oliveira

BIOGRAFIA

Francisca Karla Kelly da Silva Lino, filha de Jose Maria da Silva e Francisca Ildene da Silva, irmã de Paulo Henrique da Silva e Ane Kelly da Silva, tia de Maria Alice Chagas da Silva, nasceu em Morada Nova-CE, em dois de novembro de 1994. Em 1999, iniciou os estudos na Escola de Educação Básica Ana Nogueira Maia, Distrito de Pedras- Morada Nova- CE, na qual concluiu o ensino fundamental no ano de 2007. Em 2008, iniciou o ensino médio na Escola de Ensino Fundamental e Médio Arsênio Ferreira Maia, em Limoeiro do Norte- CE, cursando o 1º e o 2º ano do ensino médio, e o 3º ano na Escola Estadual Maria Emília Rabelo- CEMER, em Morada Nova- CE, concluindo-o em dezembro de 2010. Em 2013, ingressou no Curso Superior Bacharelado em Agronomia no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará- IFCE, *campus* Limoeiro do Norte, concluindo-o em 2018. Em março de 2020, iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido- UFERSA, em Mossoró-RN, concluindo-o em fevereiro de 2022. Em março de 2022, iniciou o Curso de Doutorado em Fitotecnia na mesma Universidade, concluindo-o em fevereiro de 2025.

RESUMO

A consorciação de culturas é uma estratégia de manejo adotada por agricultores familiares para diversificar a produção de hortaliças e aumentar a produtividade sem expandir a área cultivada. Quando combinada à adubação verde e adequada densidade de plantio das culturas, otimiza o uso dos recursos e a disponibilidade de nutrientes no solo. O objetivo deste estudo é avaliar os benefícios produtivos e econômicos do consórcio de cenoura e feijão-caupi sob doses de biomassa de *Merremia aegyptia* e *Calotropis procera* (de 20, 36, 52 e 68 t ha⁻¹, em base seca), e de densidades de feijão-caupi (de 80, 120, 160 e 200 mil plantas ha⁻¹), em dois cultivos em ambiente semiárido. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 × 4, com quatro repetições. O primeiro fator consistiu das doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera*, e o segundo fator foram as densidades populacionais de feijão-caupi. As cultivares de cenoura e feijão-caupi plantadas foram “Brasília” e ‘BRS Tumucumaque’, respectivamente. Foram avaliadas as características agronômicas de ambas as culturas, os índices agronômicos, econômicos e os índices agrobioeconômicos do sistema consorciado. A produtividade máxima de cenoura no consórcio foi de 22,03 t ha⁻¹, usando-se 20 t ha⁻¹ de biomassa dos adubos verdes e densidade de 130 mil plantas de feijão-caupi ha⁻¹. A máxima produtividade de grãos de feijão-caupi verdes foi 2,47 t ha⁻¹ de feijão-caupi, adicionando-se ao solo 51,09 t ha⁻¹ de biomassa dos adubos verdes na densidade de 200 mil plantas ha⁻¹ de feijão-caupi. As maiores vantagens agroeconômicas foram obtidas com índice de produtividade do sistema (IPS) de 23,17 t ha⁻¹, coeficiente equivalente de terra (CET) de 0,82 e razão de equivalência monetária (REM) de 1,23, usando-se as doses de 68; 68 e 45,30 t ha⁻¹ de biomassa dos adubos verdes nas densidades de 164; 200 e 148 mil plantas de feijão-caupi ha⁻¹, respectivamente. Os maiores retornos agrobioeconômicos desse sistema foram obtidos com razão equivalente de terra (RET) de 1,83, índice de eficiência produtiva (IEP) de 0,97, escore da variável canônica (Z) de 2,90, razão competitiva (RC) de 2,43, perda de rendimento real (PRR) de 1,71, renda bruta (RB) de R\$ 165.657,79 ha⁻¹, renda líquida (RL) de R\$ 138.016,67 ha⁻¹ e taxa de retorno (TR) de 6,64 para cada real investido nas combinações de biomassa dos adubos verdes e densidades populacionais de feijão-caupi de 47,12 e 156; 68,00 e 124; 48,62 e 145; 52,48 e 188; 47,93 e 150; 43,99 e 164; 38,02 e 141 e 42,56 t ha⁻¹ e 165 mil plantas de feijão-caupi por hectare, respectivamente. As densidades populacionais e a aplicação de doses adequadas de adubação verde contribuíram para a melhoria da qualidade pós-colheita dos produtos das culturas. Esses dados reforçam o potencial do consórcio em promover a sustentabilidade e a viabilidade econômica de sistemas agrícolas em ambientes semiáridos.

Palavras-chave: *Calotropis procera*. Cultivo consorciado. *Merremia aegyptia*. Otimização produtiva e monetária. *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

ABSTRACT

Intercropping is a management strategy adopted by family farmers to diversify vegetable production and increase productivity without expanding the cultivated area. When combined with green manuring and adequate crops density, it optimizes resource use and nutrient availability in the soil. The objective of this study was to evaluate the productive and economic benefits intercropping carrot and cowpea under biomass doses of *Merremia aegyptia* and *Calotropis procera* (of 20, 36, 52 and 68 t ha⁻¹, on dry basis), and cowpea densities (of 80, 120, 160 and 200 thousand plants ha⁻¹), in two cultivations in semiarid environment. The experimental design used was randomized block in a 4 × 4 factorial scheme with four replications. The first factor consisted of the equitable biomass doses of *M. aegyptia* and *C. procera* and the second factor consisted of the cowpea population densities. The carrot and cowpea cultivars planted were 'Brasilia' and 'BRS Tumucumaque', respectively. The agronomic characteristics of both crops, as well as the agronomic and economic indices and the agro-bioeconomic indices of the intercropping system were evaluated. The maximum carrot productivity in the intercropping system was of 22.03 t ha⁻¹, using 20 t ha⁻¹ of the green manures biomass at a density of 130,000 cowpea plants ha⁻¹. The maximum green cowpea grains productivity was of 2.47 t ha⁻¹, adding to the soil 51.09 t ha⁻¹ of the green manures biomass at a density of 200,000 cowpea plants ha⁻¹. The maximum green cowpea grains productivity was of 2.47 t ha⁻¹, adding to the soil 51.09 t ha⁻¹ of the green manures biomass at a density of 200,000 cowpea plants ha⁻¹. The greatest agro-economic advantages were obtained with a system productivity index (SPI) of 23.17 t ha⁻¹, land equivalent coefficient (LEC) of 0.82 and monetary equivalence ratio (MER) of 1.23, using the doses of 68; 68 and 45.30 t ha⁻¹ of the green manures biomass at densities of 164; 200 and 148 thousand cowpea plants ha⁻¹, respectively. The highest agro-bioeconomic returns of the intercropping system were obtained with a land equivalent ratio (LER) of 1.83, productive efficiency index (PEI) of 0.97, canonical variable (Z) score of 2.90, competitive ratio (CR) of 2.43, actual yield loss (AYL) of 1.71, gross income (GI) of BRL 165,657.79 ha⁻¹, net income (NI) of BRL 138,016.67 ha⁻¹ and rate of return (RR) of 6.64 for each real invested, in the combinations of green manures biomass and cowpea population densities of 47.12 and 156; 68.00 and 124; 48.62 and 145; 52.48 and 188; 47.93 and 150; 43.99 and 164; 38.02 and 141 and 42.56 t ha⁻¹ and 165 thousand cowpea plants per hectare, respectively. The population densities and the application of adequate doses of the green manures contributed to the improvement of the post-harvest quality of the crops products. These data reinforce the potential of the intercropping to promote the sustainability and economic viability of agricultural systems in semiarid.

Keywords: *Calotropis procera*. Intercropping. *Merremia aegyptia*. Productive and monetary optimization. *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 - BENEFÍCIOS PRODUTIVOS E MONETÁRIOS DO CONSÓRCIO CENOURA E FEIJÃO-CAUPI SOB DOSES EQUITATIVAS DE ADUBOS VERDES E DENSIDADES POPULACIONAIS

- Figura 1.** Dados climáticos diários médios das temperaturas máximas e mínimas e da umidade relativa média nos anos de cultivos do consórcio cenoura × feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025 29
- Figura 2.** Detalhe das parcelas de plantio do consórcio de feijão-caupi e cenoura nas densidades populacionais de feijão-caupi de 80 (A), 120 (B), 160 (C) e 200 (D) mil plantas ha⁻¹. Mossoró-RN, UFERSA, 2025..... 32
- Figura 3.** Detalhe das parcelas dos monocultivos da cenoura (A) e do feijão-caupi (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2025..... 33
- Figura 4.** Altura de plantas (A), número de vagens verdes por planta (B), comprimento de vagens verdes (C), produtividade de vagens verdes (D), peso de 100 grãos verdes (E) e produtividade de grãos verdes (F) de feijão-caupi consorciado com cenoura em diferentes doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi nos cultivos de 2022 e 2023. Mossoró-RN, UFERSA, 2025..... 39
- Figura 5.** Altura de plantas (A), número de folhas por planta (B), massa verde da parte aérea (C) e massa seca de raízes (D) de cenoura consorciada com feijão-caupi em diferentes doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi nos cultivos de 2022 e 2023. Mossoró-RN, UFERSA, 2025. 44
- Figura 6.** Produtividade de raízes curtas (A), produtividade de raízes médias (B), produtividade de raízes longas (C), produtividade de raízes refugo (D), produtividade de raízes comerciais (E) e produtividade total de raízes (F) de cenoura consorciada com feijão-caupi em diferentes doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi nos cultivos de 2022 e 2023. Mossoró-RN, UFERSA, 2025..... 45
- Figura 7.** Índice de produtividade do sistema (IPS) (A), coeficiente equivalente de terra (CET) (B) e razão de equivalência monetária (REM) (C) de cenoura consorciada com feijão-caupi em doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi nos cultivos de 2022 e 2023. Mossoró-RN, UFERSA, 2025..... 48

CAPÍTULO 2 - OTIMIZAÇÃO DE ÍNDICES AGROBIOECONÔMICOS EM CONSÓRCIO DE FEIJÃO-CAUPI × CENOURA EM FAIXAS

- Figura 1.** Dados climáticos diários médios sobre temperaturas máximas e mínimas e da umidade relativa do consórcio cenoura × feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025 58
- Figura 2.** Detalhe das parcelas de plantio do consórcio de feijão-caupi e cenoura nas densidades populacionais de feijão-caupi de 80 (A), 120 (B), 160 (C) e 200 (D) mil plantas ha⁻¹. Mossoró-RN, UFERSA, 2025..... 60
- Figura 3.** Detalhe das parcelas dos monocultivos da cenoura (A) e do feijão-caupi (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2025..... 61
- Figura 4.** Razão equivalente de terra (RET) (A), vantagem do consórcio (VC) (B), índice de eficiência produtiva (IEP) (C) e escore da variável canônica (Z) (D) da cenoura consorciada com feijão-caupi em doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025. 70
- Figura 5.** Índice de superação da cenoura sobre o feijão-caupi – ISc (A), índice de superação do feijão-caupi sobre a cenoura – ISf (B), razão competitiva – RC (C) e perda de rendimento real – PRR (D) da cenoura consorciada com feijão-caupi em doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025..... 73
- Figura 6.** Renda bruta (RB) (A), renda líquida (RL) (B), taxa de retorno (TR) (C) e índice de lucratividade (IL) (D) da cenoura consorciada com feijão-caupi em doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025..... 76

CAPÍTULO 3 - QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE RAÍZES DE CENOURA E DE GRÃOS VERDES DE FEIJÃO-CAUPI VERDES EM CONSÓRCIO SOB ADUBAÇÃO VERDE E DENSIDADES POPULACIONAIS

- Figura 1.** Dados climáticos diários médios das temperaturas máximas e mínimas e da umidade relativa média nos anos de cultivos do consórcio cenoura × feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025 87
- Figura 2.** Detalhe das parcelas de plantio do consórcio de feijão-caupi e cenoura nas densidades populacionais de feijão-caupi de 80 (A), 120 (B), 160 (C) e 200 (D) mil plantas ha⁻¹. Mossoró-RN, UFERSA, 2025..... 89
- Figura 3.** Detalhe das parcelas dos monocultivos da cenoura (A) e do feijão-caupi (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2025..... 90
- Figura 4.** Potencial hidrogeniônico (pH) (A), sólidos solúveis totais (SS) (B), acidez titulável (AT) (C), açúcares solúveis totais (AST) (D), vitamina C (Vit C) (E) e carotenoides totais (CT) (F) em raízes de cenoura consorciadas com feijão-caupi em doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025..... 98
- Figura 5.** Parâmetros de cor *a** (A), *b** (B) e L* (C) (luminosidade) em cenoura consorciada com feijão-caupi em doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025. 101
- Figura 6.** Representação da seção do espaço de cores das raízes da cenoura adubadas com biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* a partir das médias das coordenadas L*, *a**, *b** e das coordenadas C* e h°. Mossoró-RN, UFERSA, 2025 103
- Figura 7.** Teores de carotenoides totais (CT) e clorofila total (CLOT), potássio (K), fósforo (P) e sódio (Na) dos grãos verdes de feijão-caupi em consórcio com cenoura adubado com doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi. Mossoró- RN, UFERSA, 2025..... 105

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 - BENEFÍCIOS PRODUTIVOS E MONETÁRIOS DO CONSÓRCIO CENOURA E FEIJÃO-CAUPI SOB DOSES EQUITATIVAS DE ADUBOS VERDES E DENSIDADES POPULACIONAIS

Tabela 1. Análises químicas dos solos das áreas experimentais antes da incorporação dos adubos verdes nos cultivos de 2022 (1) e 2023 (2). Mossoró-RN, UFERSA, 2025. 30

Tabela 2. Descrição das densidades populacionais e dos espaçamentos da cenoura e do feijão-caupi utilizados nos experimentos no sistema consorciado e no monocultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2025. 31

Tabela 3. Análise química de macronutrientes da biomassa seca de *M. aegyptia* e *C. procera* incorporada ao solo no consórcio cenoura e feijão-caupi nos dois anos de cultivos. Mossoró-RN, UFERSA, 2025. 33

Tabela 4. Valores de F para a altura de plantas (AP), número de vagens verdes por planta (NVVP), comprimento de vagens verdes (CVV), produtividade de vagens verdes (PVV), peso de 100 grãos verdes (P100GV) e produtividade de grãos verdes (PGV) de feijão-caupi consorciado com cenoura em diferentes doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi nos cultivos de 2022 e 2023. Mossoró-RN, UFERSA, 2025. 37

Tabela 5. Valores de F de altura de planta (AP), número de folhas por planta (NFP), massa verde da parte aérea (MVPA), massa seca de raízes (MSR), e produtividade classificada de raízes curta (PRC), média (PRM), longa (PRL), refugo (PRR), produtividade comercial (PC) e produtividade total (PT) de raízes de cenoura consorciadas com feijão-caupi em diferentes doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi nos cultivos de 2022 e 2023. Mossoró-RN, UFERSA, 2025. 42

Tabela 6. Valores de F para o índice de produtividade do sistema (IPS), coeficiente equivalente de terra (CET) e razão de equivalência monetária (REM) da cenoura consorciada com feijão-caupi em diferentes doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025. 47

CAPÍTULO 2 - OTIMIZAÇÃO DE ÍNDICES AGROBIOECONÔMICOS EM CONSÓRCIO DE FEIJÃO-CAUPI × CENOURA EM FAIXAS

Tabela 1. Análises químicas dos solos das áreas experimentais antes da incorporação dos adubos verdes nos cultivos de 2022 (1) e 2023 (2). Mossoró-RN, UFERSA, 2025. 59

Tabela 2. Descrição das densidades populacionais e dos espaçamentos da cenoura e do feijão-caupi utilizados nos experimentos no sistema consorciado e em monocultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2025. 61

Tabela 3. Análise química de macronutrientes da biomassa seca de *M. aegyptia* e *C. procera* incorporada ao solo no consórcio cenoura e feijão-caupi nos dois anos de cultivos. Mossoró-RN, UFERSA, 2025. 62

Tabela 4. Valores de F para a razão equivalente de terra (RET), vantagem do consórcio (VC), índice de eficiência produtiva (IEP), escore da variável canônica (Z), índice de superação da cenoura sobre o feijão-caupi (IS_c), índice de superação do feijão-caupi sobre a cenoura (IS_r), razão competitiva (RC), perda de rendimento real (PRR), e para as regressões desses índices no consórcio feijão-caupi × cenoura sob doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades de plantas de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025..... 69

Tabela 5. Valores de F para renda bruta (RB), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) da cenoura consorciada com feijão-caupi e para as regressões desses indicadores sob doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades de plantas de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025..... 75

CAPÍTULO 3 - QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE RAÍZES DE CENOURA E DE GRÃOS VERDES DE FEIJÃO-CAUPI VERDES EM CONSÓRCIO SOB ADUBAÇÃO VERDE E DENSIDADES POPULACIONAIS

Tabela 1. Análises químicas dos solos das áreas experimentais antes da incorporação dos adubos verdes nos cultivos de 2022 (1) e 2023 (2). Mossoró-RN, UFERSA, 2025. 88

Tabela 2. Descrição das densidades populacionais e dos espaçamentos da cenoura e do feijão-caupi utilizados nos experimentos no sistema consorciado e no monocultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2025. 90

Tabela 3. Análise química de macronutrientes da biomassa seca de *M. aegyptia* e *C. procera* incorporada ao solo no consórcio cenoura e feijão-caupi nos dois anos de cultivos. Mossoró-RN, UFERSA, 2025. 92

Tabela 4. Valores de F para potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), açúcares solúveis totais (AST), e os teores de vitamina C (Vit C) e de carotenoides totais (CT) em raízes da cenoura consorciadas com feijão-caupi sob doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* incorporadas ao solo e densidades populacionais de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025..... 96

Tabela 5. Valores de F para os parâmetros de cor L*, a* e b* da cenoura consorciada com feijão-caupi em doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025..... 100

Tabela 6. Valores de F para carotenoides totais (CT), clorofila total (CLOT) e para os teores de potássio (K), fósforo (P) e sódio (Na) em grãos de feijão-caupi consorciados com cenoura em doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025..... 104

LISTA DE TABELAS DO APÊNDICE

Tabela 1. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 20 t ha ⁻¹ de doses equitativas de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> em base seca na densidade populacional de 80 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2025.	106
Tabela 2. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 36 t ha ⁻¹ de doses equitativas de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> em base seca na densidade populacional de 80 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2025.	108
Tabela 3. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 52 t ha ⁻¹ de doses equitativas de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> em base seca na densidade populacional de 80 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2025.	110
Tabela 4. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 68 t ha ⁻¹ de doses equitativas de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> em base seca na densidade populacional de 80 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2025.	112
Tabela 5. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 20 t ha ⁻¹ de doses equitativas de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> em base seca na densidade populacional de 120 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2025.	114
Tabela 6. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 36 t ha ⁻¹ de doses equitativas de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> em base seca na densidade populacional de 120 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2025.	116
Tabela 7. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 52 t ha ⁻¹ de doses equitativas de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> em base seca na densidade populacional de 120 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2025.	118
Tabela 8. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 68 t ha ⁻¹ de doses equitativas de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> em base seca na densidade populacional de 120 plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2025.....	120
Tabela 9. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 20 t ha ⁻¹ de doses equitativas de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> em base seca na densidade populacional de 160 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2025.	122

Tabela 10. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 36 t ha ⁻¹ de doses equitativas de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> em base seca na densidade populacional de 160 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2025	124
Tabela 11. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 52 t ha ⁻¹ de doses equitativas de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> em base seca na densidade populacional de 160 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2025.	126
Tabela 12. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 68 t ha ⁻¹ de doses equitativas de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> em base seca na densidade populacional de 160 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2025.	128
Tabela 13. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 20 t ha ⁻¹ de doses equitativas de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> em base seca na densidade populacional de 200 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2025.	130
Tabela 14. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 36 t ha ⁻¹ de doses equitativas de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> em base seca na densidade populacional de 200 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2025.	132
Tabela 15. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 52 t ha ⁻¹ de doses equitativas de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> em base seca na densidade populacional de 200 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2025.	134
Tabela 16. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 68 t ha ⁻¹ de doses equitativas de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> em base seca na densidade populacional de 200 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2025.	136
Tabela 17. Custos de produção por hectare do feijão-caupi em monocultivo adubado com 50 t ha ⁻¹ de doses equitativas de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> em base seca na densidade populacional de 200 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2025.....	138
Tabela 18. Custos de produção por hectare da cenoura em monocultivo adubada com 50 t ha ⁻¹ de doses equitativas de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> em base seca na densidade populacional de 500 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2025.....	140
Tabela 19. Tabela de médias das características avaliadas na cultura do feijão-caupi: altura de plantas (AP), número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens verde (CVV), produtividade de vagens verdes (PVV), peso de 100 grãos verdes (P100GV), produtividade de grãos verdes (PGV) e dos índices agromonetários: índice de produtividade do sistema (IPS), coeficiente de equivalência de terra (CET) e razão	

de equivalência monetária (REM) avaliados no consórcio cenoura × feijão-caupi sob doses de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi em ambiente semiárido. Mossoró, UFRSA, 2025..... 142

Tabela 20. Tabela de médias da cultura da cenoura: altura de plantas (AP), número de folhas por planta (NFP), massa verde da parte aérea (MVPA), massa seca de raízes (MSR), produtividade total (PT), produtividade comercial (PC), produtividade de raízes longas (PRL), médias (PRM), curtas (PRC) e refugo (PRR) avaliados no consórcio cenoura × feijão-caupi sob doses de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi em ambiente semiárido. Mossoró, UFRSA, 2025. 143

Tabela 21. Tabela de médias dos índices agrobiológicos: razão equivalente de terra (RET), vantagem do consórcio (VC), índice de eficiência produtiva e escore da variável canônica (Z) e de competição: índice de superação da cenoura sobre o feijão-caupi (IS_c), índice de superação do feijão-caupi sobre a cenoura (IS_f), razão competitiva (RC) e perda de rendimento real (PRR) avaliados no consórcio cenoura × feijão-caupi sob doses de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi em ambiente semiárido. Mossoró, UFRSA, 2025. 144

Tabela 22. Tabela de médias dos indicadores de eficiência econômica: renda bruta (RB), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) avaliados no consórcio cenoura × feijão-caupi sob doses de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi em ambiente semiárido. Mossoró, UFRSA, 2025..... 145

Tabela 23. Tabela de médias dos indicadores pós-colheita de grãos de feijão-caupi: carotenoides totais (CT), clorofila total (CLOT) e os minerais potássio (K), fósforo (P) e sódio (Na) avaliados no consórcio cenoura × feijão-caupi sob doses de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi em ambiente semiárido. Mossoró, UFRSA, 2025. 146

Tabela 24. Tabela de médias dos parâmetros de cor na cenoura: luminosidade (L), (a^*) e (b^*) e índices de qualidade pós-colheita: potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solveis (SS), acidez titulável (AT) açúcares solúveis totais (AST), vitamina C (Vit C) e carotenoide total (CT) avaliados no consórcio cenoura × feijão-caupi sob doses de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi em ambiente semiárido. Mossoró, UFRSA, 2025. 147

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	22
REFERÊNCIAS	24

CAPÍTULO 1 - BENEFÍCIOS PRODUTIVOS E MONETÁRIOS DO CONSÓRCIO CENOURA E FEIJÃO-CAUPI SOB DOSES EQUITATIVAS DE ADUBOS VERDES E DENSIDADES POPULACIONAIS..... 25

1 INTRODUÇÃO.....	27
2 MATERIAL E MÉTODOS	29
2.1 LOCALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS	29
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	30
2.3 PREPARO DO SOLO E MANEJO DAS CULTURAS	33
2.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS	34
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	35
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
3.1 DESEMPENHO DA CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI.....	37
3.2 DESEMPENHO DA CULTURA DA CENOURA	42
3.3 INDICADORES AGRONÔMICOS E MONETÁRIOS	47
4 CONCLUSÕES.....	50
5 REFERÊNCIAS.....	51

CAPÍTULO 2 - OTIMIZAÇÃO DE ÍNDICES AGROBIOECONÔMICOS EM CONSÓRCIO DE FEIJÃO-CAUPI × CENOURA EM FAIXAS..... 54

1 INTRODUÇÃO.....	56
2 MATERIAL E MÉTODOS	58
2.1 LOCALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS	58
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	59
2.3 PREPARO DO SOLO E MANEJO DAS CULTURAS	61
2.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS	63
2.5 INDICADORES DE EFICIÊNCIA ECONÔMICA	67
2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	67
3 RESULTADOS E DISCUSÃO.....	69
3.1 VANTAGENS AGROBIOLÓGICAS	69

3.2	VANTAGENS ECONÔMICAS	75
4	CONCLUSÕES.....	78
5	REFERÊNCIAS.....	79

CAPÍTULO 3 - QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE RAÍZES DE CENOURA E DE GRÃOS DE FEIJÃO-CAUPI VERDES EM CONSÓRCIO SOB ADUBAÇÃO VERDE E DENSIDADES POPULACIONAIS..... 83

1	INTRODUÇÃO.....	85
2	MATERIAL E MÉTODOS	87
2.1	CLIMA, SOLO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	87
2.2	MANEJO DA ÁREA EXPERIMENTAL	91
2.3	CARACTERÍSTICAS AVALIADAS	92
2.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	94
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	96
3.1	PARÂMETROS DE QUALIDADE PÓS-COLHEITA DA CULTURA DA CENOURA.....	96
3.2	PARÂMETROS DE COR DA CENOURA	100
3.3	PARÂMETROS DE QUALIDADE PÓS-COLHEITA DA CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI	103
4	CONCLUSÕES.....	107
5	REFERÊNCIAS.....	108
	CONCLUSÃO GERAL	1112

INTRODUÇÃO GERAL

O consumo de hortaliças é a primeira opção da cadeia alimentar quando se menciona alimentação saudável. O aumento do consumo de legumes e verduras frescas é essencial para uma dieta saudável, pois fornecem vitaminas, minerais, antioxidantes e outros compostos importantes para a saúde (Machado & Dias, 2021). Portanto, faz-se necessário o uso de técnicas que otimizem a produção, atendam a demanda do mercado e promovam a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

O sistema convencional de produção de hortaliças caracteriza-se como atividade intensiva no uso de recursos naturais, como solo, água e nutrientes, o que resulta em um aumento significativo do investimento necessário por unidade de área explorada (Brito *et al.*, 2017). Em contrapartida, o sistema de cultivo consorciado apresenta uma estratégia mais sustentável para a produção de alimentos, ao reduzir significativamente a demanda por insumos e a capacidade de alcançar rendimentos equiparáveis aos obtidos em monocultivos. Essa técnica oferece benefícios ambientais relevantes, uma vez que suas práticas são fundamentadas em metodologias de cultivos agroecológicos (Brooker *et al.*, 2015).

Entretanto, para se obter o potencial máximo produtivo nesse sistema é necessário o correto manejo de alguns fatores de produção, como densidade populacional e quantidade de adubo, que influenciam na produtividade final e no desempenho das culturas consorciadas. A eficiência do sistema consorciado está condicionada à complementaridade entre as culturas, bem como à redução dos efeitos negativos de uma cultura sobre a outra, tornando-se fundamental a escolha dessas culturas para maximizar o rendimento econômico (Lopes & Lima, 2015; Sá *et al.*, 2021).

A densidade populacional, definida como o número de plantas por unidade de área a serem utilizadas no cultivo, é uma das técnicas que podem aumentar a eficiência do sistema consorciado. O manejo adequado dessa prática favorece a máxima interceptação da radiação solar, otimizando o seu uso e potencializando o rendimento das culturas. Assim, a densidade populacional promove uma série de modificações no crescimento e no desenvolvimento das plantas, eleva a competição por espaço, luz e outros recursos do ambiente, interferindo no crescimento, no rendimento e na qualidade dos cultivos (Nascimento *et al.*, 2018; Chaves *et al.*, 2020).

Associada à densidade, outro fator favorável à eficiência do sistema é a utilização de adubo verde na produção de hortaliças, estratégia eficaz para aumentar a matéria orgânica do solo, melhorar suas condições físicas, como estrutura, porosidade e capacidade de retenção de água, a fim de aumentar a disponibilidade de nutrientes para as culturas consorciadas e proteger o solo (Silva *et al.*, 2013). Além disso, a adubação pode impactar positivamente as características físico-químicas de tuberosas,

promovendo o aumento da concentração de sólidos solúveis e firmeza das raízes (Figueiredo Neto *et al.* 2011).

Pesquisas em ambiente semiárido utilizando espécies do bioma Caatinga, tais como a jitirana (*Merremia aegyptia*) e a flor-de-seda (*Calotropis procera*), como adubo verde têm apresentado resultados promissores. Estudando o consórcio de beterraba com alface adubado com *M. aegyptia*, Silva *et al.* (2018) obtiveram maior desempenho agroeconômico do consórcio dessas hortaliças com a incorporação de aproximadamente 35,30 t ha⁻¹ de biomassa desse adubo verde. Por sua vez, Moraes *et al.* (2019), utilizando *C. procera* como fonte de adubação no consórcio de feijão-caupi × beterraba, obtiveram maior eficiência produtiva do sistema consorciado com a incorporação de 65 t ha⁻¹ de biomassa desse adubo verde ao solo.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agroeconômico do consórcio cenoura × feijão-caupi sob quantidades equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi em dois anos de cultivos em ambiente semiárido.

REFERÊNCIAS

- BRITO, A. U. *et al.* Viabilidade agroeconômica dos consórcios taro com brócolis, couve-chinesa, berinjela, jiló, pimentão e maxixe. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 12, n. 3, p. 296-302, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v12i3a5452>.
- BROOKER, R. W. *et al.* Improving intercropping: A synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. **New Phytologist**, v. 206, n. 1, p. 107-117, 2015. DOI: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/nph.13132>.
- CHAVES, A. P. *et al.* Cowpea and beet intercropping agro-economic dynamics under spatial arrangement and cowpea population density. **Horticultura Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 192-203, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620200212>.
- FIGUEIREDO NETO, A. *et al.* Influência de composto orgânico nas características físico-químicas de cenoura “Brasília” no município de Petrolina (PE). **Revista Semiárido De Visu**, v. 1, n. 1, p. 3-9, 2011. DOI: <https://doi.org/10.31416/rsdv.v1i1.204>.
- LOPES, N. F. & LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. Viçosa: Editora UFV, 2015.
- MACHADO, T. & DIAS, J. P. Pós-colheita de hortaliças: inovações e perspectivas. 2021. In: **Perspectivas na agricultura**. Editora UEMG. 1ª ed. 2021. DOI: <https://doi.org/10.36704/9786586832099>.
- MORAES, E. C. *et al.* Effects of different roostertree (*Calotropis procera*) amounts and spatial arrangements on the performance of the beet-cowpea intercropping system. **Australian Journal of Crop Science** v. 13, n. 4, p. 486-493, 2019.
- NASCIMENTO, C. S. *et al.* Effect of population density of lettuce intercropped with rocket on productivity and land-use efficiency. **Plos One** v. 13, n. 4, p. 1-14, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194756>.
- SÁ, J. M. *et al.* Agro-economic efficiency in radish-arugula intercropping as a function of green manuring and population density. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, p. e5310514867, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14867>.
- SILVA, M. L. *et al.* Produção de cenoura adubada com flor-de-seda (*Calotropis procera* (Ait.) R.Br.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 44 n. 4, p. 732-740, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000400009>.
- SILVA, I. N. *et al.* Green manure and spatial arrangement in the sustainability improvement of lettuce-beet intercrops. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v. 22, n. 7, p. 451-457, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n7p451-457>.

CAPÍTULO 1 - BENEFÍCIOS PRODUTIVOS E MONETÁRIOS DO CONSÓRCIO CENOURA E FEIJÃO-CAUPI SOB DOSES EQUITATIVAS DE ADUBOS VERDES E DENSIDADES POPULACIONAIS

RESUMO

Entre os maiores desafios para o sucesso do consórcio está a escolha das culturas e do manejo adequado de fatores de produção como adubação verde e densidades populacionais. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar benefícios produtivos e monetários do consórcio cenoura e feijão-caupi sob adubação verde com *Merremia aegyptia* e *Calotropis procera* e densidades populacionais de feijão-caupi em ambiente semiárido durante dois cultivos. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 4×4, com quatro repetições. O primeiro fator consistiu das doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* de 20, 36, 52 e 68 t ha⁻¹ em base seca, e o segundo fator das densidades populacionais de feijão-caupi de 80, 120, 160 e 200 mil plantas ha⁻¹. As cultivares de feijão-caupi e cenoura plantadas foram ‘BRS Tumucumaque’ e ‘Brasília’, respectivamente. As maiores vantagens agroeconômicas do consórcio de cenoura × feijão-caupi foram alcançadas com um índice de produtividade do sistema (IPS) de 23,17 t ha⁻¹, coeficiente equivalente de terra (CET) de 0,82 e razão de equivalência monetária (REM) de 1,23, respectivamente, nas combinações das doses equitativas de biomassa dos adubos verdes de 68; 68 e 45,30 t ha⁻¹ nas densidades populacionais de feijão-caupi de 164; 200 e 148 mil plantas ha⁻¹. A produtividade máxima de raízes comerciais da cenoura no consórcio com feijão-caupi foi de 22,03 t ha⁻¹ obtida na dose de 20 t ha⁻¹ de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* na densidade populacional de feijão-caupi de 130 mil plantas por hectare e a produtividade de grãos de feijão-caupi verdes foi de 2,47 t ha⁻¹ na dose de 51,09 t ha⁻¹ de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* na densidade populacional de feijão-caupi de 200 mil plantas por hectare.

Palavras-chave: Adubação verde. Associação de culturas. *Daucus carota* L. *Vigna unguiculata* (L) Walp.

CHAPTER 1 - PRODUCTIVE AND MONETARY BENEFITS OF CARROT AND COWPEA INTERCROPPING UNDER EQUITABLE AMOUNTS OF GREEN MANURES AND DIFFERENT POPULATION DENSITIES

ABSTRACT

Among the greatest challenges for the success of the intercropping is the choice of crops and the adequate management of production factors such as green manure and population densities. Thus, the objective of this study was to evaluate the productive and monetary benefits of the intercropping of carrot and cowpea under green manuring with *Merremia aegyptia* and *Calotropis procera* and cowpea population densities in a semiarid environment during two cultivations. The experimental design used was randomized blocks, with the treatments arranged in a 4×4 factorial scheme, with 4 replications. The first factor consisted of the equitable doses of biomass of *M. aegyptia* and *C. procera* of 20, 36, 52, and 68 t ha⁻¹, on a dry basis, and the second factor by cowpea population densities of 80, 120, 160 and 200 thousand plants ha⁻¹. The cowpea and carrot cultivars planted were 'BRS Tumucumaque' and 'Brasília', respectively. The greatest agro-economic advantages of the carrot $\times$ cowpea intercropping were achieved with a system productivity index (SPI) of 23.17 t ha⁻¹, land equivalent coefficient (LEC) of 0.82 and monetary equivalence ratio (MER) of 1.23, respectively, in the combinations of equitable doses of green manures biomass of 68; 68 and 45.30 t ha⁻¹ at cowpea population densities of 164; 200 and 148 thousand plants ha⁻¹. The maximum productivity of commercial carrot roots in the intercrop with cowpea was 22.03 t ha⁻¹, obtained at a dose of 20 t ha⁻¹ of *M. aegyptia* and *C. procera* biomass at a cowpea population density of 130 thousand plants per hectare, and the productivity of green cowpea grains was 2.47 t ha⁻¹ at a dose of 51.09 t ha⁻¹ of *M. aegyptia* and *C. procera* biomass at a cowpea population density of 200 thousand plants per hectare.

Keywords: Crop association. Green manuring. *Daucus carota* L. *Vigna unguiculata* (L) Walp.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a agricultura familiar é responsável pela produção de parcela significativa do volume de hortaliças produzidas (Brasil, 2018). Desse modo, se faz necessário o uso de sistemas de produção visando a proporcionar aos produtores, um incremento na produtividade por unidade de área e mitigação de perdas frente às oscilações do mercado. Neste sentido, a técnica da consorciação de culturas pode ser vantajosa, além de constituir alternativa para contornar essa problemática.

O sistema de produção em consórcio consiste na produção de duas ou mais espécies de culturas de interesse econômico cultivadas numa mesma área de forma simultânea (Araújo *et al.*, 2018). Essa técnica permite melhor aproveitamento do uso dos recursos naturais disponíveis, como água, radiação solar e nutrientes, pois as culturas que compõem o sistema possuem diferentes ciclos e exigências (Sá *et al.*, 2021). Além disso, demonstra maior estabilidade em sua produção quando comparado ao monocultivo, apresentando mecanismos mais eficientes no fornecimento e fixação de nutrientes (Bezerra Neto *et al.*, 2012; Gebru, 2015).

Entre os desafios para o sucesso desse sistema, podemos citar a escolha das culturas, bem como o manejo de fatores de produção como adubação e densidades populacionais das culturas componentes, pois eles interferem no crescimento e desenvolvimento das plantas (Liu *et al.*, 2023). A adubação verde é uma técnica milenar com características agroecológicas e sustentável visando a melhorar os parâmetros físicos, químicos e biológicos do solo. A tendência atual é de crescimento e valorização dessa técnica, à medida que os agricultores e consumidores buscam alimentos produzidos de forma sustentável (Embrapa, 2022). Estudos vêm sendo desenvolvidos no intuito de possibilitar o uso de espécies espontâneas do ecossistema Caatinga como adubos verdes, tais como a jitrana (*Merremia aegyptia* L.) e a flor-de-seda (*Calotropis procera* (Ait.) R.Br.) (Moraes *et al.*, 2018; Linhares *et al.*, 2021).

Pesquisas realizadas comprovam a eficiência da utilização dessas espécies em folhosas e tuberosas. Silva *et al.* (2018a), estudando o consórcio de beterraba com alface adubado com *M. aegyptia*, obtiveram o maior desempenho agroeconômico do consórcio dessas hortaliças com a incorporação de 35,30 t ha⁻¹. Por outro lado, Lino *et al.* (2022a) obtiveram máxima produtividade comercial de raízes de rabanete de 8,45 t ha⁻¹ em sistema consorciado com alface quando incorporaram ao solo 20 t ha⁻¹ dos adubos verdes jitrana e flor-de-seda na densidade populacional de 300 mil plantas ha⁻¹ de alface, e máxima produtividade de folhas de alface (17,72 t ha⁻¹) quando utilizada a combinação de 65 t ha⁻¹ dos adubos verdes e densidade populacional de 300 mil plantas ha⁻¹ de alface.

O fator de produção densidade populacional das culturas componentes de um sistema consorciado é definido como o número de plantas por unidade de área a serem utilizadas (Lino *et al.*,

2022b). A alta ou baixa densidade de plantas das culturas componentes pode resultar em competição intra e interespecífica por recursos como água, luz e nutrientes, além de influenciar o rendimento, massa verde e arquitetura das plantas (Balbinot Júnior *et al.*, 2018).

Estudos vêm sendo realizados no intuito de avaliar a influência da densidade populacional de plantas na redução da competição e do aumento na eficiência produtiva de consórcios na região semiárida do nordeste brasileiro com hortaliças como: rabanete e rúcula (Sá *et al.*, 2022) e beterraba e rúcula (Lino *et al.*, 2021). Os resultados obtidos têm sido promissores, pois mesmo em altas densidades a produtividade das culturas não tem sido afetada negativamente, mantendo produções que se equiparam às produções em sistemas de monocultivo.

Diante disso, o objetivo desse estudo foi avaliar o desempenho produtivo e monetário do consórcio cenoura × feijão-caupi sob doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* em densidades populacionais do feijão-caupi em condições semiárida em dois anos de cultivos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

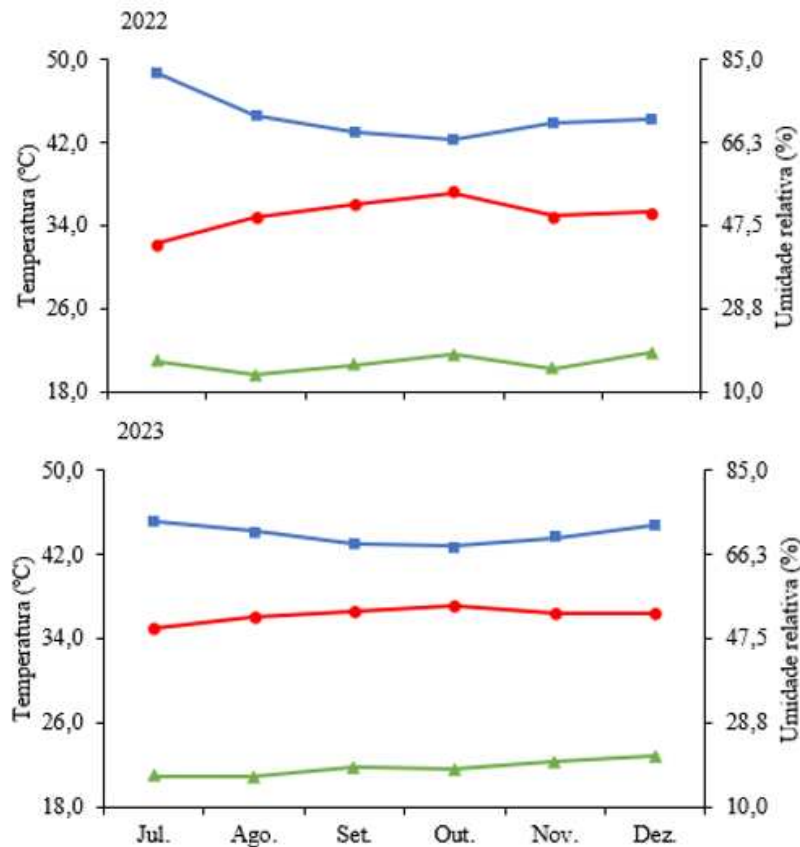
2.1 LOCALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Dois experimentos foram conduzidos nos períodos de julho a dezembro de 2022 e 2023, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no Distrito de Alagoinha, nas coordenadas geográficas 5° 03' 37" na latitude sul e 37° 23' 50" e na longitude oeste, na altitude aproximada de 80 m.

Segundo a classificação de Köppen, esse local apresenta clima BSh, ou seja, seco, muito quente e com duas estações distintas, com estação seca de junho a janeiro e estação chuvosa de fevereiro a maio (Oliveira *et al.*, 2012; Alvares *et al.*, 2014).

Durante o período de realização dos experimentos nos anos de 2022 e 2023, as médias de temperaturas máximas foram de 35,1 e 36,3 °C, de umidade relativa 72,2 e 70,9 % e de pluviosidade 107,4 e 94 mm, respectivamente. Na Figura 1, podemos observar os valores diários médios das temperaturas máximas e mínimas e da umidade relativa em cada ano de cultivo do consórcio cenoura × feijão-caupi.

Figura 1. Dados climáticos diários médios das temperaturas máximas e mínimas e da umidade relativa média nos anos de cultivos do consórcio cenoura × feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025



Fonte: LABIMC, 2024.

Os solos das áreas experimentais foram classificados como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (Santos *et al.*, 2018). Foram coletadas em cada área experimental amostras simples de solos na camada de 0-20 cm, em seguida homogeneizadas, obtendo-se amostra composta e representativa da área. Essas amostras foram enviadas para o Laboratório de Solos, Água e Tecidos Vegetais (LABSAT) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – *Campus* Limoeiro do Norte, para análises químicas, cujos resultados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Análises químicas dos solos das áreas experimentais antes da incorporação dos adubos verdes nos cultivos de 2022 (1) e 2023 (2). Mossoró-RN, UFERSA, 2025.

Solos	C	MO	pH	CE	K	Ca	Mg	Na	P	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	---g kg ⁻¹ ---		(H ₂ O)	dS m ⁻¹		-----mmol _c dm ⁻³ -----				-----mg dm ⁻³ -----				
1	7,20	12,41	7,10	0,19	1,16	20,10	6,10	0,43	7,00	0,20	6,80	12,70	7,70	0,48
2	7,68	13,25	5,80	0,41	1,77	8,40	2,70	1,49	6,00	0,20	8,7	4,90	0,60	0,44

Fonte: Elaboração própria (2025). C: carbono; MO: Matéria orgânica; pH: Potencial hidrogeniônico; CE: Condutividade elétrica; P: Fósforo; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; Na: Sódio; Cu: Cobre; Fe: Ferro; Mn: Manganês; Zn: Zinco; B: Boro.

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental usado foi em blocos completos casualizados em esquema fatorial 4 × 4, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído das doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* de 20, 36, 52 e 68 t ha⁻¹ em base seca, ao passo que o segundo fator consistiu das densidades populacionais de feijão-caupi de 80, 120, 160 e 200 mil plantas por hectare. Em cada bloco, foram semeadas duas parcelas com os monocultivos da cenoura e do feijão-caupi, adubados com 48,87 e 50,48 t ha⁻¹ de biomassa dos adubos verdes, jitirana e flor-de-seda, otimizadas pela pesquisa na região, para obtenção dos índices agromonetários (Desravines *et al.*, 2022; Freitas *et al.*, 2023). Os espaçamentos da cenoura e do feijão-caupi utilizados nas parcelas do consórcio e no monocultivo estão apresentados na Tabela 2.

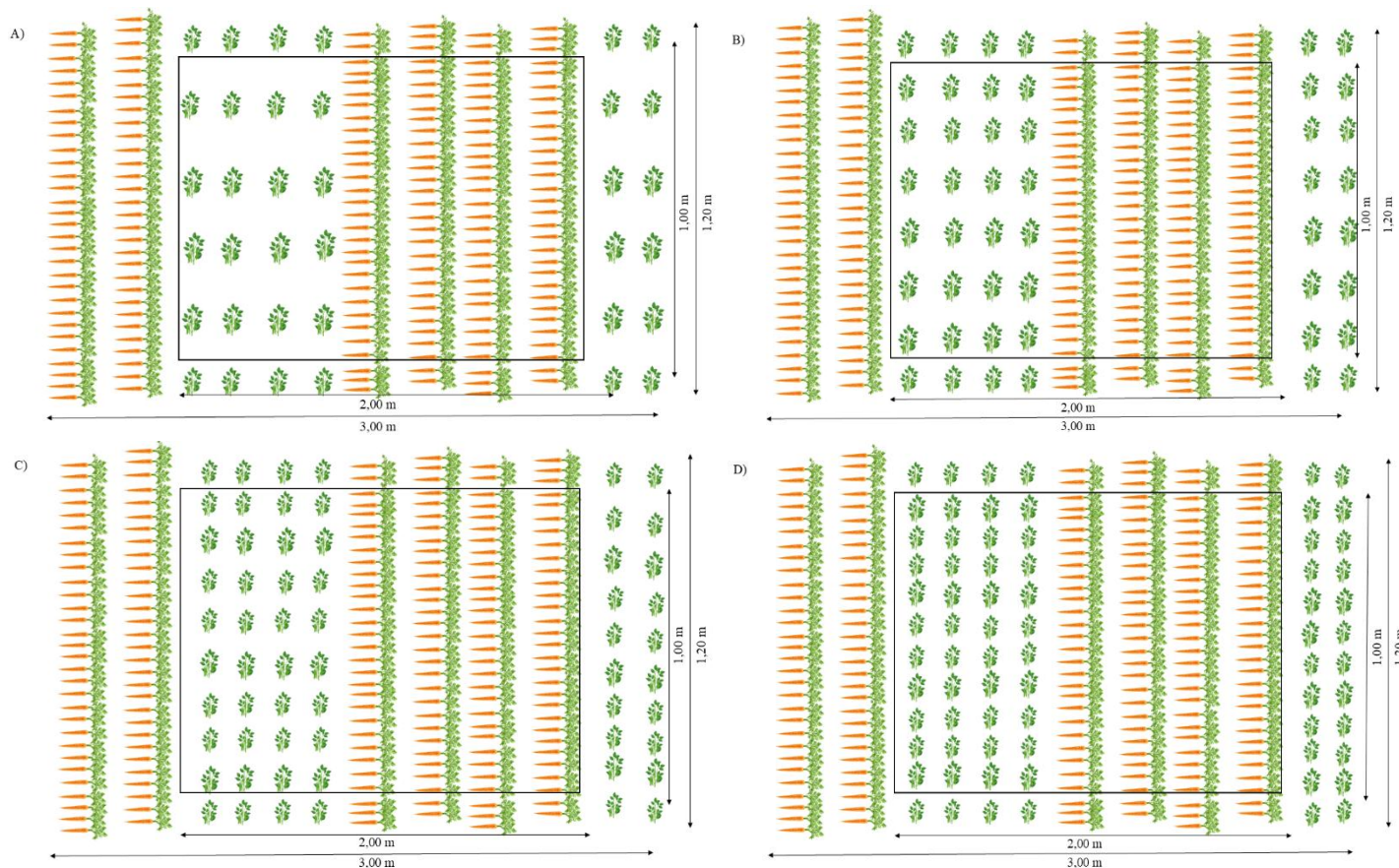
Tabela 2. Descrição das densidades populacionais e dos espaçamentos da cenoura e do feijão-caupi utilizados nos experimentos no sistema consorciado e no monocultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.

Densidade populacional das culturas no consórcio		Espaçamentos (m)	
(mil plantas ha⁻¹)			
Cenoura	Feijão-caupi	Cenoura	Feijão-caupi
500	80	0,25 × 0,04	0,25 × 0,250
500	120	0,25 × 0,04	0,25 × 0,166
500	160	0,25 × 0,04	0,25 × 0,125
500	200	0,25 × 0,04	0,25 × 0,100
Densidade populacional das culturas no monocultivo			
(mil plantas ha⁻¹)			
Cenoura	500	0,20 × 0,10	
Feijão-caupi	200		0,50 × 0,10

Fonte: Elaboração própria (2025).

O cultivo consorciado foi realizado em faixas alternadas das culturas, onde 50% da área foram destinados ao feijão-caupi e 50% à cenoura. Cada parcela foi composta por quatro fileiras de feijão-caupi intercaladas com quatro fileiras de cenoura e ladeadas por duas fileiras de cenoura de um lado e duas fileiras de feijão-caupi pelo outro lado, constituindo-se as bordaduras laterais da parcela. A área total da parcela foi de 3,60 m² (3,00 × 1,20 m), com área útil de 2,00 m² (2,00 × 1,00 m), como mostra a Figura 2.

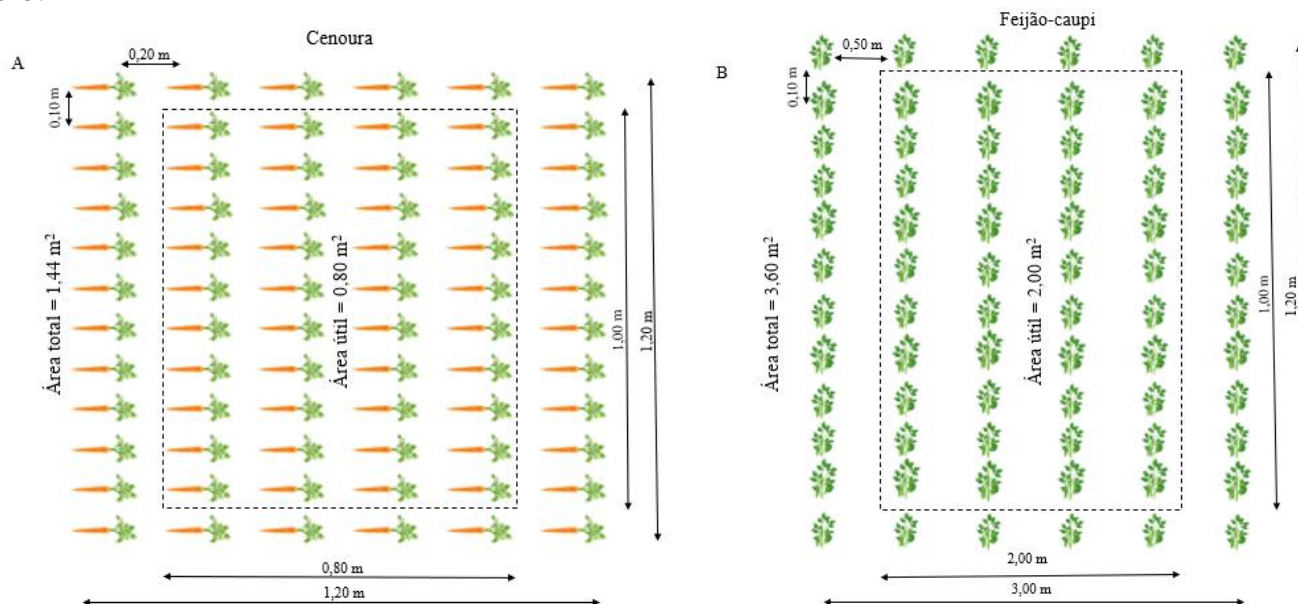
Figura 2. Detalhe das parcelas de plantio do consórcio de feijão-caupi e cenoura nas densidades populacionais de feijão-caupi de 80 (A), 120 (B), 160 (C) e 200 (D) mil plantas ha^{-1} . Mossoró-RN, UFERSA, 2025.



Fonte: Elaboração própria (2025).

O monocultivo da cenoura foi estabelecido em uma área total de $1,44 \text{ m}^2$ ($1,20 \text{ m} \times 1,20 \text{ m}$), contendo seis fileiras, e uma área útil de $0,80 \text{ m}^2$ ($0,80 \text{ m} \times 1,00 \text{ m}$), contendo quatro fileiras, no espaçamento de plantio de $0,20 \text{ m} \times 0,10 \text{ m}$. Por outro lado, o monocultivo do feijão-caupi foi implantado em uma área total de $3,60 \text{ m}^2$ ($3,00 \text{ m} \times 1,20 \text{ m}$), contendo seis fileiras, e uma área útil de $2,00 \text{ m}^2$ ($2,00 \text{ m} \times 1,00 \text{ m}$), contendo quatro fileiras, no espaçamento de $0,50 \text{ m} \times 0,10 \text{ m}$ (Figura 3). As colheitas das culturas, tanto no sistema consorciado quanto no monocultivo, foram realizadas nas quatro linhas centrais das culturas, excluindo-se as linhas laterais, bem como as primeiras e últimas plantas de cada linha, consideradas bordaduras. A população recomendada para o monocultivo do feijão-caupi na região é de $200.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ (Pereira *et al.*, 2016) e a da cenoura é de $500.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ (Batista *et al.*, 2016).

Figura 3. Detalhe das parcelas dos monocultivos da cenoura (A) e do feijão-caupi (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2025.



Fonte: Elaboração própria (2025).

2.2 PREPARO DO SOLO E MANEJO DAS CULTURAS

As espécies utilizadas como adubos verdes foram coletadas nas proximidades da cidade de Mossoró-RN e na zona rural. Após a coleta, as espécies foram levadas para o Laboratório de Hortaliças Orgânicas da UFERSA e trituradas em forrageira convencional para obtenção de fragmentos de 3 a 5 cm. Em seguida, esse material foi desidratado sob a luz solar até se obter um teor de aproximadamente de 10% de umidade. Uma amostra de cada espécie foi encaminhada ao Laboratório de Solos, Água e Tecidos Vegetais (LABSAT) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, *Campus* Limoeiro do Norte, para análises químicas. Os resultados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Análise química de macronutrientes da biomassa seca de *M. aegyptia* e *C. procera* incorporada ao solo no consórcio cenoura e feijão-caupi nos dois anos de cultivos. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.

Adubo verde	N	P	K	Mg	Ca	C:N
	-----g kg ⁻¹ -----					
Cultivo 2022 (A1)						
<i>M. aegyptia</i>	20,56	2,83	37,08	7,07	19,35	25:1
<i>C. procera</i>	15,14	2,96	24,84	9,20	17,00	27:1
Cultivo 2023 (A2)						
<i>M. aegyptia</i>	18,56	2,58	32,80	4,48	17,88	25:1
<i>C. procera</i>	14,66	1,27	31,00	5,40	11,60	27:1

Fonte: Elaboração própria (2025).

As áreas experimentais foram limpas com uma aração e uma gradagem, seguidas do levantamento dos canteiros de plantio utilizando um rotoencanteirador. Em seguida, foi realizada uma

solarização pré-plantio utilizando plástico do tipo Vulca Bril Flex® de 30 micras, por um período de 30 dias na camada de 0-20 cm do solo, com o objetivo de obter o controle de nematoides e fitopatógenos do solo (Sá *et al.*, 2021).

Após o período de solarização, o material foi incorporado ao solo em duas etapas. Primeiramente, incorporou-se 30% das doses testadas nas parcelas experimentais. Vinte dias após essa primeira incorporação, realizou-se o plantio das culturas em 16 e 05 de agosto de 2022 e 2023, respectivamente. Trinta dias após o plantio, ocorreu a segunda incorporação com os 70% restantes das doses dos adubos verdes, em 15 e 04 de setembro de 2022 e 2023, em sulcos abertos entre as linhas de plantas (Desravines *et al.*, 2022).

A cultivar de feijão-caupi plantada foi a “BRS Tumucumaque” e da cenoura foi a “Brasília”. Ambas foram semeadas em covas de aproximadamente 3 cm de profundidade, com três a cinco sementes por cova. O desbaste nas culturas do feijão-caupi e na cenoura foi realizado aos cinco e dez dias após a semeadura, respectivamente. Durante todo o período de condução dos experimentos, foram realizadas capinas manuais e amontoa na cenoura sempre que necessário. Nenhum controle químico de pragas ou doenças foi utilizado.

Irrigações foram realizadas diariamente pelo sistema de irrigação de microaspersão, divididas em dois turnos (manhã e tarde). O volume de água fornecido foi baseado no coeficiente da cultura da cenoura (cultura principal) obtido na região (Kc médio de 0,965) (Santos *et al.*, 2021), fornecendo uma lâmina de água de aproximadamente 8 mm dia⁻¹.

Na cultura do feijão-caupi, foram realizadas três colheitas em cada ano de cultivo. No primeiro ano, a primeira colheita ocorreu em 25 de outubro de 2022, ao passo que no segundo ano foi em 13 de outubro de 2023. As colheitas subsequentes sempre ocorreram três dias após a primeira colheita. No primeiro ano, a primeira colheita do feijão-caupi ocorreu 70 dias após a semeadura, e no segundo ano, aos 69 dias após a semeadura. Quanto à cenoura, as colheitas aconteceram em 22 de novembro de 2022 e 03 de novembro de 2023, exatamente 98 e 90 dias após a semeadura, respectivamente.

2.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

As características avaliadas no feijão-caupi foram: altura de plantas (cm), número de vagens por planta, comprimento de vagens verdes (cm), produtividade de vagens verdes (t ha⁻¹), peso de 100 grãos verdes (g) e produtividade de grãos verdes (t ha⁻¹), segundo a metodologia de Desravines *et al.* (2022).

Na cultura da cenoura, foram avaliadas: altura de plantas (cm), número de folhas por planta, massa verde da parte aérea (t ha⁻¹), massa seca de raízes (t ha⁻¹), produtividades total e comercial de

raízes e produtividade classificada de raízes – longas, médias, curtas e refugo ($t\ ha^{-1}$), seguindo a metodologia usada por Silva *et al.* (2020a).

Foram avaliados ainda os índices agromonetários dos sistemas consorciados de cenoura e feijão-caupi: índice de produtividade do sistema (IPS), coeficiente de equivalência de terra (CET) e razão de equivalência monetária (REM).

a) O IPS é um índice utilizado para avaliar o consórcio, pois padroniza a produtividade da cultura principal (cenoura) em relação à cultura secundária (feijão-caupi), seguindo a expressão (Amanullah *et al.*, 2020): $IPS = [(P_c/P_f) \times P_{fc}] + P_{cf}$, onde: P_c representa a produtividade comercial de raízes de cenoura em monocultivo, em $t\ ha^{-1}$ e P_f é a produtividade de grãos de feijão-caupi verdes em monocultivo, em $t\ ha^{-1}$; P_{fc} é a produtividade de grãos de feijão-caupi verdes no sistema consorciado com a cenoura, em $t\ ha^{-1}$; P_{cf} é a produtividade comercial de raízes de cenoura no consórcio com feijão-caupi, em $t\ ha^{-1}$. Quanto maior for o valor desse índice, mais eficiente será o sistema consorciado.

b) O CET é utilizado para identificar se houve vantagem produtiva. Foi determinado pela fórmula seguinte (Diniz *et al.*, 2017; Yesuf *et al.*, 2022): $CET = RET_c \times RET_f$. $RET_c = Y_{cf}/Y_c$ e $RET_f = Y_{fc}/Y_f$, onde Y_{cf} e Y_{fc} representam as razões parciais de equivalência de terra da cenoura e feijão-caupi em consórcio, respectivamente. Y_c e Y_f representam as produtividades de raízes comerciais da cenoura e de grãos de feijão-caupi verdes em monocultivos. O CET é definido como a área relativa de terra em condições de monocultivo, que é requerida para proporcionar as produtividades alcançadas no consórcio (Silva *et al.*, 2018b). Para o sistema consorciado, o valor mínimo de CET é de 0,25, significando dizer que uma vantagem de produção é obtida se os valores de CET no sistema consorciado ultrapassar o valor de 0,25.

c) Por fim, o REM mede a superioridade (ou não) monetária do consórcio sobre o monocultivo da cultura mais econômica. Foi determinado pela fórmula (Ribeiro *et al.*, 2020): $REM = (RB_{cf} + RB_{fc})/RB_c$, onde: RB_{cf} é a renda bruta da cenoura em consórcio com o feijão-caupi, em $R\$ ha^{-1}$. RB_{fc} é a renda bruta do feijão-caupi em consórcio com a cenoura, em $R\$ ha^{-1}$, e RB_c é a maior renda bruta da cenoura em monocultivo, quando comparada com a do feijão-caupi, em $R\$ ha^{-1}$. A renda bruta (RB) foi determinada pelo produto das produtividades das culturas (ha^{-1}) a partir da média de preços médios pagos aos produtores nos cultivos de 2022 e 2023 (Lino *et al.*, 2023). Os valores dos preços médios foram de $R\$ 11,00\ kg^{-1}$ e $R\$ 6,35\ kg^{-1}$ para o feijão e para a cenoura, respectivamente. A viabilidade desse índice é verificada pelo seu valor. Quanto maior for o valor, mais viável será o sistema de cultivo.

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Uma análise univariada de variância foi realizada com o objetivo de verificar a homogeneidade das variâncias entre os cultivos em cada variável estudada, por meio do *software* SAS (SAS, 2015).

Foi observado que a relação entre o maior e o menor quadrado médio do residual dos anos de cultivos não foi maior que 7. Diante disso, uma média de cada tratamento foi calculada entre os cultivos (Silva *et al.*, 2021). O teste F foi usado para verificar se houve diferença significativa ou não entre os sistemas de cultivos testados. Em seguida, uma análise de regressão foi realizada para cada variável, seguida pelo ajuste de uma superfície de resposta em função dos fatores-tratamentos testados (doses dos adubos verdes e densidades populacionais do feijão-caupi) por meio do software *Table Curve 3D* (SYSTAT SOFTWARE, 2021). Os modelos de equações foram obtidos utilizando os seguintes critérios: lógica biológica da variável; significância do quadrado médio da regressão; alto valor do coeficiente de determinação e significância dos parâmetros da equação de regressão (Ferreira *et al.*, 2022).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 DESEMPENHO DA CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI

Os resultados das análises de variância e de regressão das características agrônômicas avaliadas no feijão-caupi estão apresentados na Tabela 4. Não foi observada interação significativa entre os fatores-tratamentos, doses de adubos verdes e densidades populacionais do feijão-caupi na altura de plantas (AP), número de vagens por planta (NVP), produtividade de vagens verdes (PVV), peso de 100 grãos verdes (P100GV) e produtividade de grãos verdes (PGV). Para a característica comprimento de vagens verdes (CVV), foi registrada interação significativa entre os fatores de produção estudados. Por outro lado, foi possível observar diferenças significativas entre os sistemas de produção estudados na produtividade de vagens verdes (PVV) e na produtividade de grãos verdes (PGV), com o monocultivo sobressaindo-se ao consorciado (Tabela 4).

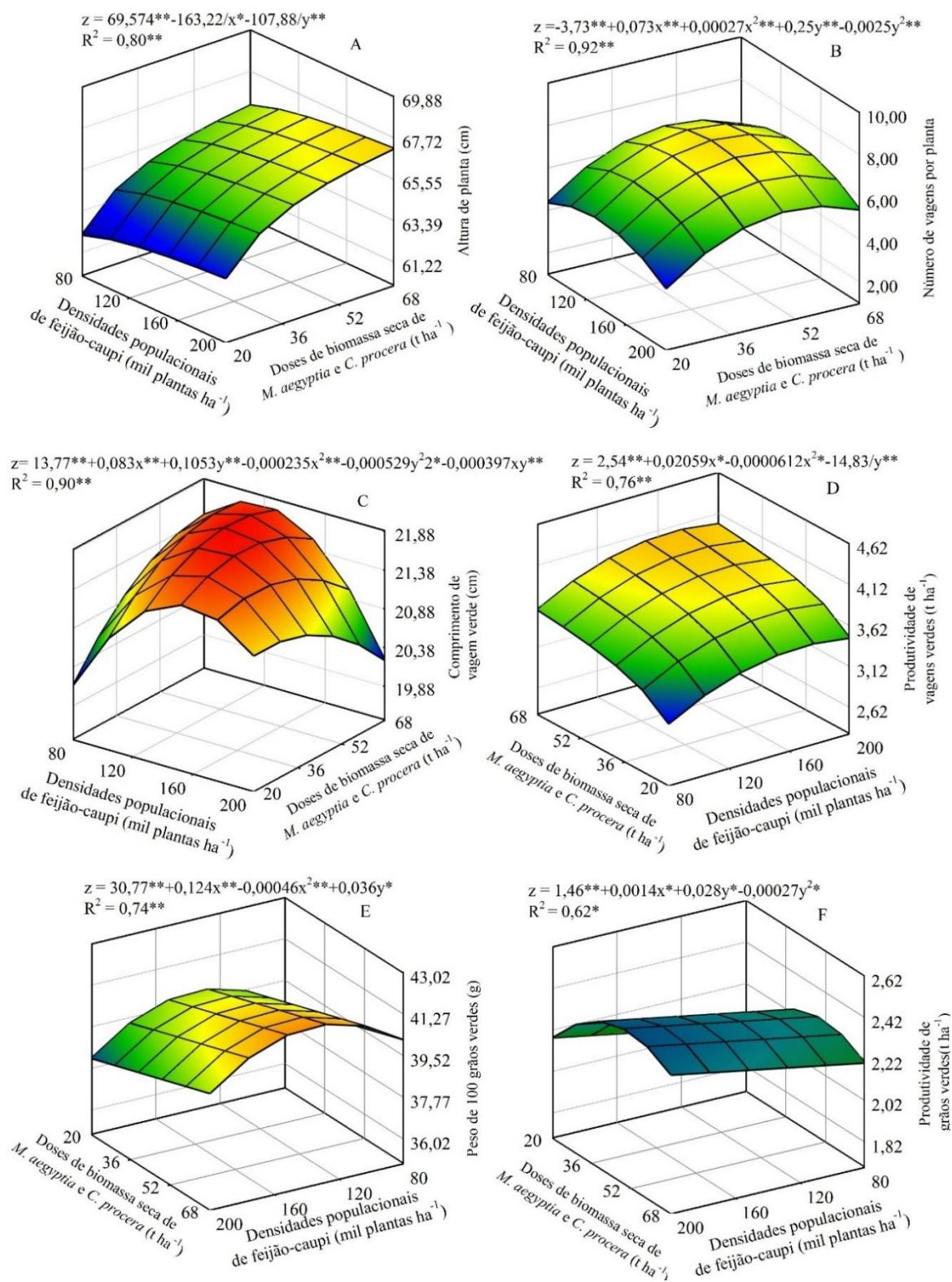
Tabela 4. Valores de F para a altura de plantas (AP), número de vagens verdes por planta (NVVP), comprimento de vagens verdes (CVV), produtividade de vagens verdes (PVV), peso de 100 grãos verdes (P100GV) e produtividade de grãos verdes (PGV) de feijão-caupi consorciado com cenoura em diferentes doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi nos cultivos de 2022 e 2023. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.

Fontes de variação	GL	AP	NVVP	CVV	PVV	P100GV	PGV
Blocos	3	0,59 ^{ns}	5,66**	2,16 ^{ns}	1,90 ^{ns}	2,39 ^{ns}	0,27 ^{ns}
Doses de biomassa de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> (D)	3	10,81**	29,67**	1,61 ^{ns}	3,20*	0,50 ^{ns}	5,03**
Densidades populacionais de feijão-caupi (P)	3	1,54 ^{ns}	9,90**	4,94**	2,05 ^{ns}	1,98 ^{ns}	3,42*
D × P	9	0,54 ^{ns}	0,74 ^{ns}	2,17*	0,31 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,93 ^{ns}
Monocultivo × Consórcio	1	1,50 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,01 ^{ns}	4,31*	1,29 ^{ns}	51,62**
Regressão	2	26,63**	30,05**	18,39**	12,62**	11,57**	6,57**
Erro	13	0,7098	0,1274	0,0460	0,0313	0,4328	0,0100
Sistemas de cultivos		cm		Cm	t ha ⁻¹	g	t ha ⁻¹
Consórcio		65,25a	5,97a	21,21a	3,67b	40,16a	2,26b [†]
Monocultivo		66,61a	6,07a	25,25a	4,27a	41,60a	3,03a
CV (%)		3,25	12,25	3,23	15,51	6,27	9,00

Fonte: Elaboração própria (2025). *, **, ns. **=P<0,01; *=P<0,05; ns=P>0,05. [†]Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente teste F no nível de 5% de probabilidade.

No entanto, uma superfície de resposta foi ajustada em todas essas características do feijão-caupi em função dos fatores-tratamentos, doses de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de plantas de feijão-caupi consorciadas com cenoura (Figura 4). Os maiores valores de AP, PVV e P100GV foram de 67,17 cm, 4,05 t ha⁻¹ e 41,69 g, respectivamente, alcançados nas combinações da dose equitativa de biomassa dos adubos verdes de 68 t ha⁻¹ com as densidades populacionais de feijão-caupi de 200; 168 e 137 mil plantas ha⁻¹, respectivamente (Figuras 4A, 4D e 4E). Para NVP, CVV e PGV, os valores máximos obtidos foram de 7,4; 21,94 cm e 2,47 t ha⁻¹, nas combinações das doses equitativas de biomassa dos adubos verdes de 50,33; 49,21 e 51,09 t ha⁻¹ com as densidades populacionais de feijão-caupi de 133, 134 e 200 mil plantas ha⁻¹, respectivamente (Figuras 4B, 4C e 4F).

Figura 4. Altura de plantas (A), número de vagens verdes por planta (B), comprimento de vagens verdes (C), produtividade de vagens verdes (D), peso de 100 grãos verdes (E) e produtividade de grãos verdes (F) de feijão-caupi consorciado com cenoura em diferentes doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi nos cultivos de 2022 e 2023. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Pelos resultados obtidos, pode-se observar que a altura de plantas foi afetada por ambos os fatores-tratamentos testados, pois seu ponto de máximo foi alcançado na dose máxima dos adubos e na maior densidade de feijão-caupi estudada. Por sua vez, a produtividade de vagens verdes e peso de 100 grãos verdes foram mais afetados pelas doses dos adubos verdes testadas, pois a obtenção de seus valores máximos foi alcançada na dose mais alta dos adubos testada, porém em densidades de plantas de feijão-caupi menores do que a máxima testada.

O

número de vagens verdes por planta e o comprimento de vagens verdes aumentaram com a combinação dos fatores-tratamentos, porém seus pontos máximos foram alcançados muito aquém da dose mais alta dos adubos verdes testadas e da maior densidade populacional de feijão-caupi avaliada. A produtividade de grãos verdes foi mais afetada pela densidade populacional de feijão-caupi, alcançando o valor máximo na mais alta densidade testada, mas em dose dos adubos verde menor do que a máxima incorporada.

Esses diferentes resultados evidenciam que o feijão-caupi “BRS Tumucumaque” é uma planta de razoável adaptabilidade em diferentes situações de densidade populacional e de doses de adubos testadas em condições edafoclimáticas do semiárido do Nordeste brasileiro. Assim, as variáveis produtivas atingiram valores otimizados promovendo aumento na produtividade da planta até um ponto máximo, mesmo com aumento na densidade de plantas de feijão-caupi. De acordo com Shimada *et al.* (2000), estes valores máximos de produção por unidade de área determinam a população ideal da cultura.

Características produtivas como número de vagens por planta, produtividade de vagens verdes e de grãos verdes na produção de feijão-caupi são consideradas importantes, sendo afetadas pelo aumento da população, em decorrência do ambiente de competição por radiação solar, água e nutrientes. Entretanto, sabe-se que quando o espaçamento diminui dentro das fileiras a densidade populacional aumenta, e dentro de certos limites, a produção poderá ficar estável ou com baixa variação, devido ao nível de competição não ser forte a ponto de alterar o seu comportamento (Chaves *et al.*, 2020).

As características avaliadas do feijão-caupi tiveram médias maiores no monocultivo em comparação ao sistema consorciado. Esses resultados se devem ao tipo de competição dos dois sistemas. No monocultivo, o tipo de competição registrado é a intraespecífica, e no sistema consorciado são intraespecíficas e interespecíficas. Espera-se nos sistemas consorciados maximização do grau de complementaridade entre as culturas componentes, minimizando os tipos de competição entre elas, promovendo vantagens ao sistema consorciado (Barot *et al.*, 2017).

3.2 DESEMPENHO DA CULTURA DA CENOURA

Não houve interação significativa entre densidades populacionais e doses de *M. aegyptia* e *C. procera* incorporada ao solo para nenhuma das características estudadas na cultura da cenoura (Tabela 5). Entretanto, avaliando os sistemas de produção estudados, foi possível observar diferenças significativas entre eles na massa verde da parte aérea (MVPA), massa seca de raízes (MSR), produtividade de raízes refugo (PRR) e produtividade total de raízes (PTR), com o monocultivo diferindo do consorciado, exceto para produtividade total de raízes de cenoura, onde apresentou comportamento inverso.

Tabela 5. Valores de F de altura de planta (AP), número de folhas por planta (NFP), massa verde da parte aérea (MVPA), massa seca de raízes (MSR), e produtividade classificada de raízes curta (PRC), média (PRM), longa (PRL), refugo (PRR), produtividade comercial (PC) e produtividade total (PT) de raízes de cenoura consorciadas com feijão-caupi em diferentes doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi nos cultivos de 2022 e 2023. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.

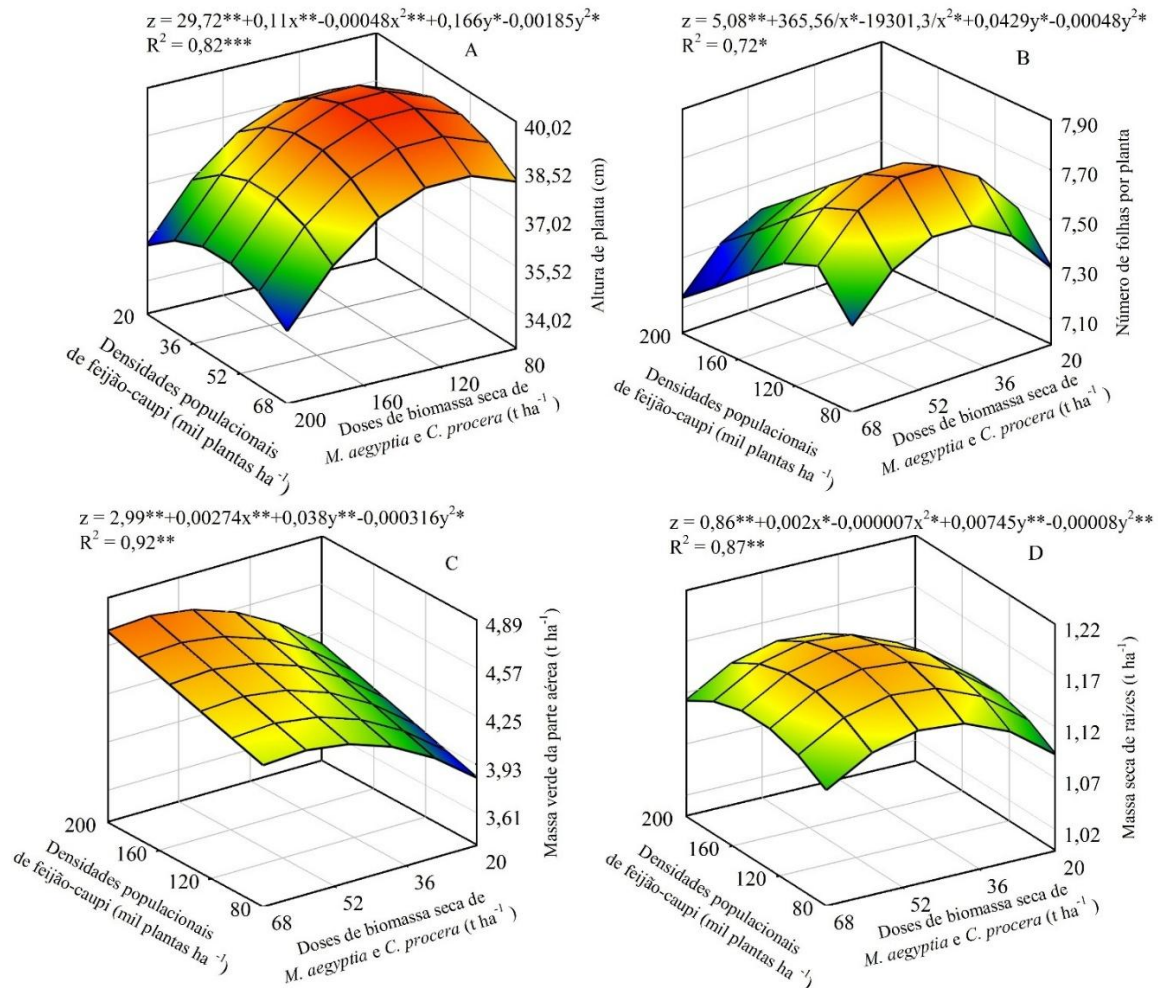
Fontes de variações	GL	AP	NFP	MVPA	MSR	PRC	PRM	PRL	PRR	PC	PT
Blocos	3	0,038*	1,86 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,41 ^{ns}	2,07 ^{ns}	2,25 ^{ns}	3,96*	1,01 ^{ns}	5,15**	0,52 ^{ns}
Doses de biomassa de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> (D)	3	1,11 ^{ns}	2,17 ^{ns}	12,28**	0,79 ^{ns}	5,90**	4,90**	1,16 ^{ns}	0,83 ^{ns}	1,20 ^{ns}	1,93 ^{ns}
Densidades populacionais de feijão-caupi (P)	3	8,47**	2,09 ^{ns}	4,70**	0,29 ^{ns}	5,41**	0,63 ^{ns}	1,24 ^{ns}	3,60*	4,69**	8,67**
D × P	9	0,29 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,63 ^{ns}	1,89 ^{ns}
Monocultivo × Consórcio	1	2,25 ^{ns}	0,02 ^{ns}	59,57**	16,68**	0,76 ^{ns}	1,42 ^{ns}	2,73 ^{ns}	8,10**	0,34 ^{ns}	11,42**
Regressão	2	27,66**	7,05**	45,51**	17,72**	28,93**	27,27**	38,93**	86,18**	10,79*	14,67**
Erro	13	0,2907	0,0179	0,0065	0,00014	0,0655	0,0628	0,0217	0,01769	0,02018	0,3915
Sistemas de cultivos		cm				t ha ⁻¹					
Consórcio		37,89a	7,43a	4,34b	1,14b	6,20a	9,23a	5,49a	1,59b	20,93a	22,27a
Monocultivo		36,24a	7,46a	5,39 ^a	1,38a	5,70a	8,50a	6,35a	2,59a	20,55a	20,07b [†]
CV (%)		5,61	5,44	6,12	10,45	1378	12,23	17,28	43,39	6,22	5,87

Fonte: Elaboração própria (2025). *, **, ns. **=P<0,01; *=P<0,05; ns=P>0,05. [†]Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente teste F no nível de 5% de probabilidade.

Ajuste de superfície de respostas foi realizado em cada característica agronômica avaliada na cenoura. Nas características AP e NFP (Figuras 5A e 5B), a combinação das densidades de feijão-caupi com as doses testadas apresentou maximização e otimização do grau de complementaridade entre as culturas, registrando valores máximos de 39,75 cm e 7,8 folhas por plantas nas densidades de 115 e 106 mil plantas ha⁻¹ de feijão-caupi nas doses de 44,74 e 44,92 t ha⁻¹ de biomassa dos adubos verdes, respectivamente.

De acordo com Oliveira *et al.* (2015), a intensidade da competição intraespecífica e interespecífica no consórcio se eleva com a redução do espaçamento entre as plantas. Diante disso, o sombreamento mútuo pode diminuir a interceptação luminosa para as plantas, reduzindo os processos fotossintéticos e, conseqüentemente, a capacidade competitiva das plantas, promovendo, dessa forma, plantas mais baixas e com menor número de folhas por planta em altas densidades.

Figura 5. Altura de plantas (A), número de folhas por planta (B), massa verde da parte aérea (C) e massa seca de raízes (D) de cenoura consorciada com feijão-caupi em diferentes doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi nos cultivos de 2022 e 2023. Mossoró-RN, UFRSA, 2025.



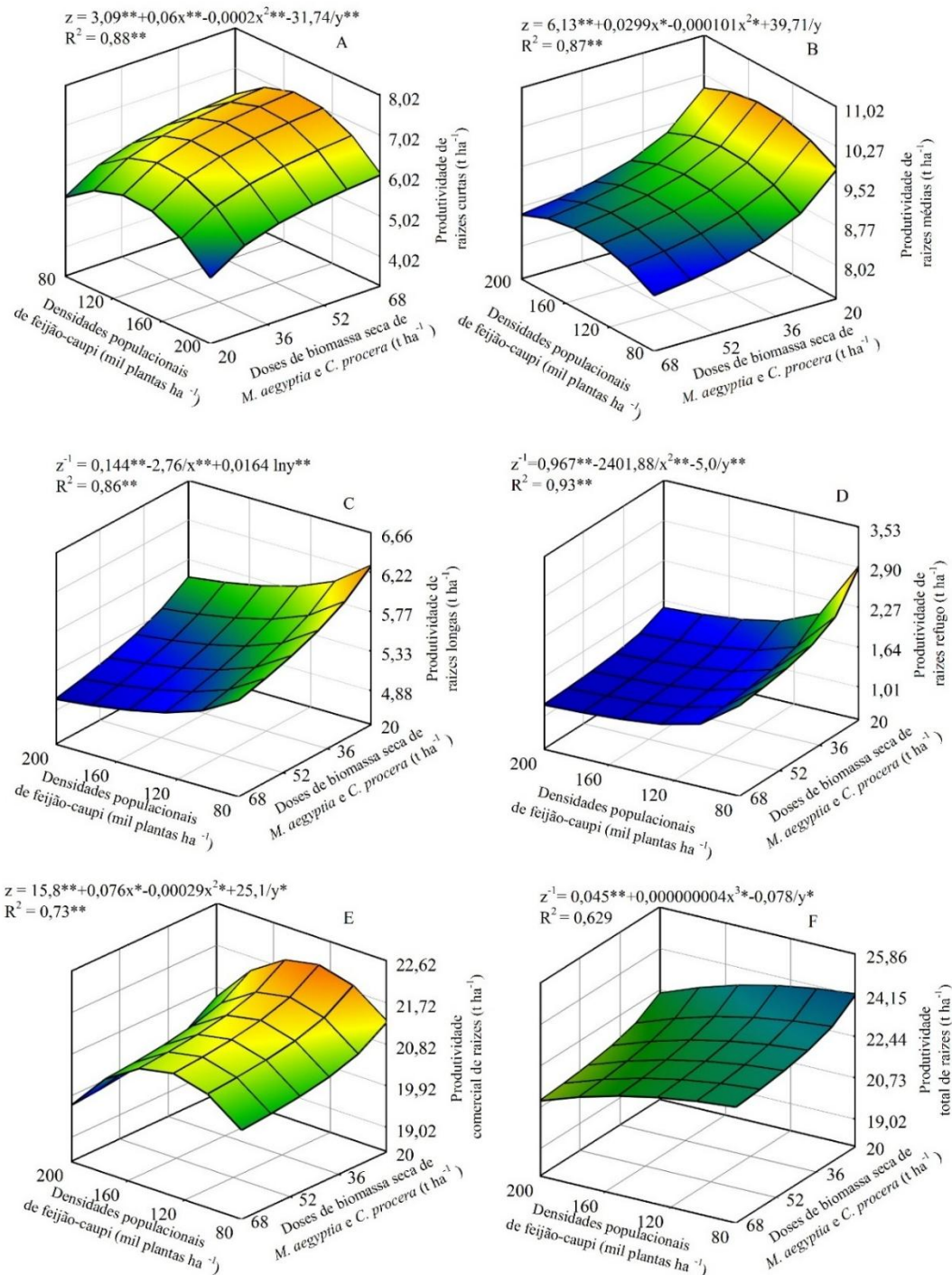
Fonte: Elaboração própria (2025).

Nas características MVPA e MSR (Figuras 5C e 5D), os valores máximos de 4,69 e 1,18 t ha⁻¹ foram alcançados na combinação das densidades de feijão-caupi de 200 e 140 mil plantas ha⁻¹ nas doses testadas de 60,32 e 46,51 t ha⁻¹ de biomassa dos adubos verdes, respectivamente. Silva (2020b) relata que certas condições de fatores climáticos como temperatura e umidade relativa podem causar redução significativa do crescimento e produção das hortaliças. Tal afirmação pode justificar o comportamento observado, visto que as temperaturas médias observadas durante a realização dos experimentos foram de 35,1 e 36,3 °C, respectivamente, em cada cultivo.

Para as características produtivas PRC, PRM, PRL, PRR, PC e PT (Figuras 6A, 6B, 6C e 6D), os valores máximos de 7,08; 10,31; 6,30; 2,93; 22,03 e 24,21 t ha⁻¹ foram alcançados nas combinações das densidades de feijão-caupi de 135; 147; 80; 80; 130 e 80 mil plantas ha⁻¹ nas doses testadas de 68; 20; 20; 20; 20 e 20 t ha⁻¹ de biomassa dos adubos verdes, respectivamente.

Figura 6. Produtividade de raízes curtas (A), produtividade de raízes médias (B), produtividade de raízes longas (C), produtividade de raízes refugo (D), produtividade de raízes comerciais (E) e produtividade total de raízes (F) de cenoura consorciada com feijão-caupi em diferentes doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi nos cultivos de 2022 e 2023. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.

Fonte: Elaboração própria (2025).



Pode-se observar que apenas a PRC foi conseguida na combinação da maior dose dos adubos testados em uma densidade feijão-caupi intermediária, revelando que as plantas de cenoura para produzir raízes curtas precisaram utilizar alta dose dos adubos verdes. Por outro lado, as plantas de

cenoura, para produzirem raízes de tamanhos médios (PRM), longas (PRL) e refugo (PRR), produtividade de raízes comerciais e produtividade de raízes totais precisaram da combinação de baixa dose dos adubos verdes em densidades de feijão baixa à intermediária.

Sabe-se que altas doses de adubos permitem melhor desenvolvimento e crescimento das plantas, e quando associadas à densidade populacional intermediária de uma das culturas, a produtividade do sistema e o crescimento da cultura expressada pela altura das plantas podem ser otimizados, devido ao melhor aproveitamento dos nutrientes disponibilizados pela adubação e pelos recursos ambientais envolvidos no sistema consorciado, otimizando, assim, as variáveis de produção do sistema.

Os resultados das PRM, PRL, PRR, PC e PT conseguidas em baixa dose de biomassas e em baixa ou intermediária densidade populacional evidenciam que a complementaridade do sistema consorciado foi conseguida por meio de características das culturas como a arquitetura, ciclo e exigência nutricional entre outros. Tal comportamento pode ser explicado pela rápida mineralização e disponibilidade de nutrientes liberado pelos adubos verdes. Em determinado momento do ciclo das plantas, a exigência nutricional atinge uma exigência máxima; no presente estudo, esse momento pode ter acontecido no momento da liberação dos nutrientes, havendo, assim, sincronia e, conseqüentemente, melhor aproveitamento desse recurso (Bezerra Neto *et al.*, 2014).

Dentro da produtividade de raízes comerciais ($22,04 \text{ t ha}^{-1}$) no sistema consorciado, $7,08 \text{ t ha}^{-1}$ foram de raízes curtas, $10,3 \text{ t ha}^{-1}$ de raízes médias e $6,29 \text{ t ha}^{-1}$ de raízes longas. As maiores produtividades foram de raízes do tipo curta e médias. Esses resultados diferem dos encontrados por Ribeiro *et al.* (2018), que, estudando o consórcio de cenoura e feijão-caupi na mesma região dessa pesquisa em função de arranjos espaciais e densidades de plantio de feijão-caupi, obtiveram no consórcio produtividade comercial de raízes de $24,36 \text{ t ha}^{-1}$, onde $2,94 \text{ t ha}^{-1}$ foram de raízes do tipo curtas, $9,74 \text{ t ha}^{-1}$ do tipo médias e $9,85 \text{ t ha}^{-1}$ tipo longas. Essas pequenas diferenças entre os estudos se devem às pequenas diferenças de temperatura e umidade relativa dos locais dos experimentos e dos fatores-tratamentos testados que foram arranjos espaciais e densidades de plantio de feijão-caupi, ao passo que na pesquisa em foco foram estudadas doses de adubos verdes e densidades de feijão-caupi. Ambos os autores utilizaram a mesma variedade de cenoura “Brasília”, encontrando predominância de raízes tipo médias (12-17 cm), padrão característico dessa variedade.

Diante dos resultados encontrados, o cultivo da cenoura em sistema consorciado com feijão-caupi se mostra uma estratégia viável de produção. Esse tipo de estratégia, segundo Algeri *et al.* (2018), pode ser estendida para outros tipos de consórcios de cenoura com outras hortaliças com repolho e alface, se tornando uma opção na diversificação da renda dos produtores.

3.3 INDICADORES AGRONÔMICOS E MONETÁRIOS

Os resultados das análises de variância e de regressão dos índices agromonetários avaliados no consórcio de cenoura e feijão-caupi estão apresentados na Tabela 6. Não foi registrada interação significativa entre os fatores-tratamentos estudados, doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi no índice de produtividade do sistema (IPS), coeficiente equivalente de terra (CET) e razão de equivalência monetária (REM).

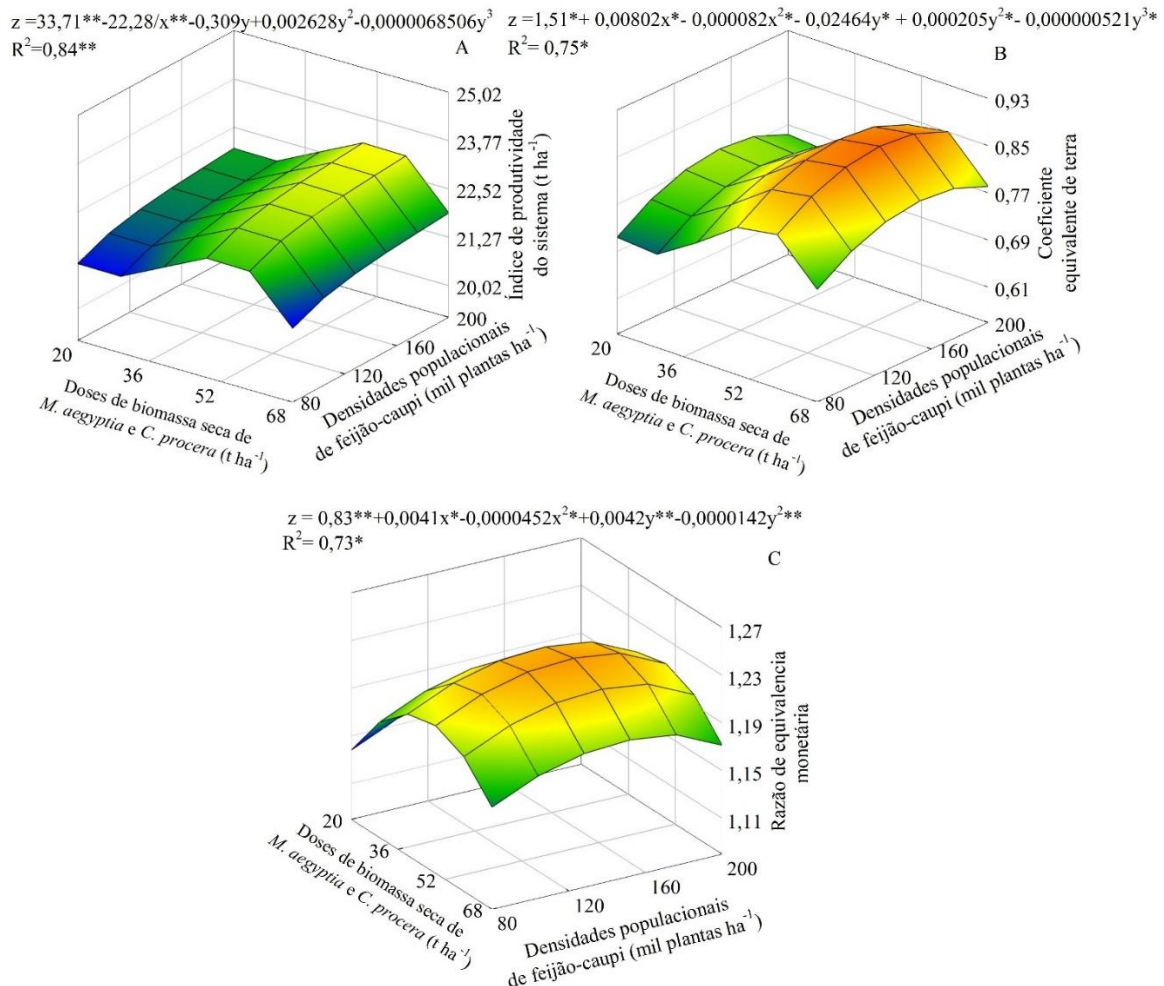
Tabela 6. Valores de F para o índice de produtividade do sistema (IPS), coeficiente equivalente de terra (CET) e razão de equivalência monetária (REM) da cenoura consorciada com feijão-caupi em diferentes doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.

Fontes de variação	IPS	CET	REM
Blocos	2,35 ^{ns}	1,76 ^{ns}	3,16*
Doses de biomassa de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> (D)	1,54 ^{ns}	2,36 ^{ns}	0,69 ^{ns}
Densidades populacionais de feijão-caupi (P)	3,53*	3,43*	2,69 ^{ns}
D × P	0,22 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,27 ^{ns}
Regressão	14,55**	5,89*	7,55*
Erro	0,09393	0,00106	0,00041
CV (%)	5,58	11,43	6,11

Fonte: Elaboração própria (2025). **=P<0,01; *=P<0,05; ns=P>0,05.

Contudo, foi ajustada uma superfície de resposta para cada indicador agromonetário (Figura 7). Os valores máximos alcançados para IPS, CET e REM foram 23,17 t ha⁻¹, 0,82 e 1,23 nas combinações de doses equitativas de biomassa dos adubos verdes de 68; 68 e 45,30 t ha⁻¹ nas densidades populacionais de feijão-caupi de 164; 200 e 148 mil plantas de caupi, respectivamente (Figuras 7A, 7B e 7C).

Figura 7. Índice de produtividade do sistema (IPS) (A), coeficiente equivalente de terra (CET) (B) e razão de equivalência monetária (REM) (C) de cenoura consorciada com feijão-caupi em doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi nos cultivos de 2022 e 2023. Mossoró-RN, UFRS, 2025.



Fonte: Elaboração própria (2025).

O alto valor de IPS (23,17 t ha⁻¹) obtido na combinação de 68 t ha⁻¹ de biomassa dos adubos verdes com 164 mil plantas de feijão-caupi ha⁻¹ demonstra a eficiência agronômica do sistema consorciado de cenoura com feijão-caupi nessa combinação em relação aos sistemas de monocultivo dessas culturas. Esse resultado corrobora o obtido (29,23 t ha⁻¹) por Chaves *et al.* (2020), quando consorciaram beterraba com feijão-caupi em diferentes populações de plantas de feijão-caupi e obtiveram esse valor na densidade de 200 mil plantas de feijão-caupi ha⁻¹. Esse índice é utilizado para padronizar a produtividade da cultura primária (cenoura) em relação à cultura secundária (feijão-caupi) (Jardim *et al.*, 2021).

Da mesma forma, o alto valor de CET (0,82) obtido expressou a mesma eficiência agronômica do cultivo consorciado dessas duas hortaliças na combinação de 68 t ha⁻¹ de biomassa dos adubos verdes com 200 mil plantas de feijão-caupi ha⁻¹. Sabe-se que quando o valor de CET é superior a 0,25

o sistema consorciado apresenta vantagem de produção em relação aos monocultivos (Lino *et al.*, 2022b).

Com relação ao indicador monetário REM (1,23), pode-se observar que a eficiência agrônômica do consórcio cenoura e feijão-caupi foi traduzida em termos econômicos. Segundo Afe & Atanda (2015), quando o REM é maior que 1,0, os sistemas consorciados são considerados mais rentáveis do que os monocultivos das culturas componentes. Esta superioridade do REM também pode ser atribuída à natureza de complementaridade das culturas envolvidas no sistema.

Resultados semelhantes foram obtidos por Chaves *et al.* (2020), quando consorciaram beterraba com diferentes densidades populacionais de feijão-caupi na mesma região dessa pesquisa e obtiveram valores de CET de 0,59 e REM de 1,11, nas densidades populacionais de feijão-caupi de 191 e 200 mil plantas por hectare.

A obtenção de bons indicadores agromonetários pode ser explicada tanto pelo bom aporte nutricional fornecido pelos adubos verdes quanto pela capacidade das culturas consorciadas expressarem o seu potencial agrônômico, mesmo em altas densidades. De acordo com Silva *et al.* (2020b), independentemente dos adubos verdes serem provenientes de plantas regionais ou não, eles proporcionaram ao solo aumento de matéria orgânica, maior disponibilidade de nutrientes, melhor aeração, estruturação e armazenamento de água no solo, contribuindo diretamente para o equilíbrio químico, físico e biológico do solo.

Pelos resultados, é possível verificar também que, mesmo em grandes densidades da cultura secundária (feijão-caupi), a competição interespecífica pode ter sido reduzida porque as culturas componentes possuíam capacidade de exploração de nichos ecológicos distintos, fortalecendo o grau de complementaridade entre as culturas componentes. Finalmente, pode-se registrar que algumas combinações de feijão-caupi com cenoura em sistemas consorciados possibilitam melhor aproveitamento dos recursos ambientais devido a uma interação efetiva entre a competição intra e interespecífica, aumentando a eficiência do sistema e produtividade das culturas componentes (Costa *et al.*, 2017).

4 CONCLUSÕES

A máxima produtividade de cenoura ($22,03 \text{ t ha}^{-1}$) no consórcio com feijão-caupi foi obtida com 20 t ha^{-1} de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e 130 mil plantas ha^{-1} de feijão-caupi. Por sua vez, a maior produtividade de feijão-caupi ($2,47 \text{ t ha}^{-1}$) ocorreu com $51,09 \text{ t ha}^{-1}$ de biomassa e 200 mil plantas ha^{-1} . As maiores vantagens agroeconômicas do consórcio de cenoura $\times$ feijão-caupi foram alcançadas com índice de produtividade do sistema (IPS) de $23,17 \text{ t ha}^{-1}$, coeficiente equivalente de terra (CET) de 0,82 e razão de equivalência monetária (REM) de 1,23, respectivamente, nas combinações de doses equitativas de biomassa dos adubos verdes de 68; 68 e $45,30 \text{ t ha}^{-1}$ nas densidades populacionais de feijão-caupi de 164; 200 e 148 mil plantas ha^{-1} . A utilização de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera*, provenientes do bioma Caatinga, se mostrou uma tecnologia viável para os produtores que cultivam cenoura e feijão-caupi em consórcio no semiárido.

REFERÊNCIAS

- AFE, A. I.; ATANDA, S. Percentage yield difference, an index for evaluating intercropping efficiency. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 5, n. 5, p. 459-465, 2015. DOI: 10.9734/AJEA/2015/12405.
- ALGERI, A. *et al.* Cultivo em consórcio de repolho, alface e cenoura. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 6, p. 3436-3450, 2018. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv4n6-352>
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- AMANULLAH, K. *et al.* Influence of irrigation regimes on competition indexes of winter and summer intercropping system under semi-arid regions of Pakistan. **Scientific Reports**, v. 10, p. 8129, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65195-7>.
- ARAÚJO, L. S. *et al.* Produtividade de milho solteiro e consorciado com *Urochloa brizantha* em dois espaçamentos de plantio no sudeste de Goiás. **Revista Agrarian**, v. 11, n. 42, p. 307-318, 2018. DOI: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v11i42.4335>.
- BALBINOT JUNIOR A. A. *et al.* Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. **Revista de Ciências Agrárias** v. 36, n. 3; p. 1215-1226, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n3p1215>.
- BAROT, S. *et al.* Designing mixtures of varieties for multifunctional agriculture with the help of ecology. A review. **Agronomy for Sustainable Development**. v. 37, n. 13, p. 1-20, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0418-x>.
- BATISTA, M. A. V. *et al.* Atributos microbiológicos do solo e produtividade de rabanete influenciados pelo uso de espécies espontâneas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 4, p. 587-594, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000400013>.
- BATISTA, T. M. de V. *et al.* Bio-agroeconomic returns from carrot and salad rocket as intercrops using hairy woodrose as green manure in a semi-arid region of Brazil. **Ecological Indicators**, Coimbra, v. 67, p. 458-465, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.03.018>.
- BECK, H. *et al.* Data descriptor: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, v. 5, p. 180214, 2018.
- BEZERRA NETO, F. *et al.* Assessment of agroeconomic indices in polycultures of lettuce, rocket and carrot through uni-and multivariate approaches in semi-arid Brazil. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 14, n. 1, p. 11-17, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.07.006>.
- BEZERRA NETO, F. *et al.* Otimização agroeconômica da cenoura adubada com diferentes doses de jirirana. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 2, p. 305-311, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000200011>.
- BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo agropecuário 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf. Acesso em: 09 mar. 2024.

CHAVES, A. P. *et al.* Cowpea and beet intercropping agro-economic dynamics under spatial arrangement and cowpea population density. **Horticultura Brasileira**, v. 38, p. 192-203, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620200212>.

COSTA, A. P. *et al.* Intercropping of carrot x cowpea-vegetables: evaluation of cultivar combinations fertilized with roostertree. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 633-641, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n311rc>.

DESRAVINES, R. P. *et al.* Optimized production of immature cowpea under green manuring in a semi-arid environment. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 3, p. 606-617, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n311rc>.

DINIZ, W. J. S. *et al.* Forage cactus-sorghum intercropping at different irrigation water depths in the Brazilian Semiarid Region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 9, p. 724-733, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000900004>.

EMBRAPA. Crescimento dos mercados orgânicos e de produção agroecológica. In: **Plataforma Visão de futuro do Agro**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao-defuturo/sustentabilidade/sinal-etendencia/crescimento-dos-mercadosorganicos-e-de-producao-agroecologica>. Acesso em: 09 mar. 2024.

FERREIRA, R. C. *et al.* Biomass use of *Merremia aegyptia* and *Calotropis procera* in coriander cultivation in semiarid environment. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 3, p. 595-605, 2022.

FREITAS, I. A. S. *et al.* Productivity and optimized economic efficiency of carrot roots in monocropping under green manuring. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 3, p. 572-584, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n310rc>.

GEBRU, H. A review on the comparative advantages of intercropping to mono-cropping system. **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare** v. 5, n. 9, p. 1-13, 2015.

JARDIM, A. M. R. F. *et al.* Intercropping forage cactus and sorghum in a semi-arid environment improves biological efficiency and competitive ability through interspecific complementarity. **Journal of Arid Environments**, v. 188, p. 104464, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104464>.

LINHARES, P. C. F. *et al.* Jitirana (*Merremia aegyptia* L. Urban) [livro eletrônico]: Potencialidade de uso como espécie espontânea do semiárido na adubação verde de hortaliças. – **Nova Xavantina**, MT: Pantanal, 2021. 96 p. DOI: <https://doi.org/10.46420/9786588319901>.

LINO, F. K. K. da S. *et al.* Maximizing agro-bioeconomic benefits in intercropped systems of radish and lettuce in the semi-arid environment. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 2, p. 121-131, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n2p121-131>.

LINO, F. K. K. S. *et al.* Agro-economic benefits in radish-lettuce intercropping under optimized green manuring and planting density. **Horticultura Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 302-310, 2022a. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20220309>.

LINO, V. *et al.* Beet-arugula intercropping under green manuring and planting density induce to agro-economic advantages. **Horticultura Brasileira**, v. 39, n. 4, p. 432-443, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20210413>.

LINO, V. A. S. *et al.* Beet-arugula intercropping under green manuring and planting density lead to agro-economic advantages. **Horticultura Brasileira**, v. 39, n. 4, 2022b DOI: <https://doi.org/10.1590/hb.v39i4.2393>.

LIU, Y. *et al.* Effects of intercropping on safe agricultural production and phyremediation of heavy metal-contaminated soils. **Science of Total Environment**, v. 875, p. 162700, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162700>.

MORAIS, E. C. de *et al.* Habilidade competitiva e biológica do consórcio beterraba com caupi-hortaliça proveniente de adubação verde e de arranjos espaciais. **Revista Ceres**, v. 65, p. 433-442, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201865050008>.

OLIVEIRA, L. A. A. *et al.* Viabilidade agrônômica de policultivos de rúcula/cenoura/alface sob quantidades de flor-de-seda e densidades populacionais. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 4, p. 116-126, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n413rc>.

OLIVEIRA, M. K. T. *et al.* Desempenho agroeconômico da cenoura adubada com jitirana (*Merremia aegyptia*). **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 433-439, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000300013>.

PEREIRA, M. F. S. *et al.* Productive performance of cowpea-radish intercroppings under different amounts of rooster tree biomass incorporated into the soil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 11, p. 965-971, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n11p965-971>.

RIBEIRO, A. L. de P. *et al.* Boas práticas agrícolas para a produção de hortaliças [livro eletrônico] – **Nova Xavantina**, MT: Pantanal, 2021. 97 p. DOI <https://doi.org/10.46420/9786588319932>.

RIBEIRO, J. R. S. *et al.* Production efficiency in cultivar combinations of beet and cowpea. **Horticultura Brasileira**, v. 38, n. 4, p. 445-453, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-0536202004017>.

RIBEIRO, G. M. *et al.* Productive performance of carrot and cowpea intercropping system under different spatial arrangements and population densities. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 19-27, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252018v31n103rc>.

SÁ, J. M. de *et al.* Agro-economic efficiency in radish-arugula intercropping as a function of green manuring and population density. **Research, Society and Development**, São Paulo, v. 10, n. 5, p. 21, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14867>.

SÁ, J. M. *et al.* Yield performance and agro-economic efficiency of radish-arugula intercropping under green manuring and planting density. **Horticultura Brasileira** v. 40, n. 2, p. 44-56, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536-20220206>.

SANTOS, H. G. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Ver. E ampl. Brasília: Embrapa, 2018, 356p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>. Acesso em 11 abr. 2024.

SANTOS, M. A. L. *et al.* Coeficiente de cultivo para cenoura sob a perspectiva de diferentes modelos matemáticos da evapotranspiração de referência. **Irriga**, v. 26, n. 1, p. 134-150, 2021. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2021v26n1p134-150>.

SAS Institute Inc. **SAS/IML® 14.1 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc, 2015

SHIMADA, M. M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Comportamento do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. **Bragantia**, v. 59, n. 2, p. 181-187, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052000000200009>.

SILVA, J. N. *et al.* Produção e benefícios em associações de cenoura e feijão-caupi sob adubação verde e arranjos espaciais. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 4, p. e20197067, 2020a. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200064>

SILVA, A. F. O clima e as plantas. In: JATOBÁ, L.; SILVA, A. F. (org.). Tópicos especiais de climatologia. Ananindeua: **Itacaiúnas**, 2020b. p. 96-112. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1153788>> Acesso em: 10 mar. 2024.

SILVA, J. N. da *et al.* Agro-economic indicators for carrot under green manure in a semi-arid environment. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 2, p. 257-265, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n202rc>.

SILVA, Í. N. *et al.* Green manure and spatial arrangement in the sustainability improvement of lettuce-beet intercrops. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 7, p. 451-457, 2018a. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n7p451-457>.

SILVA, I. N. *et al.* Agronomic performance and economic profitability of lettuce fertilized with *Calotropis procera* as a green manure in a single crop. **Australian Journal of Crop Science**, Australia, v. 12, n. 10, p. 1573–1577, 2018b. DOI: <http://dx.doi.org/10.21475/ajcs.18.12.10.p1114>.

SYSTAT SOFTWARE INC. **Table curve 3D Academic Edition**. San Jose, CA: Systat Software Inc, 2021.

YESUF, H. Evaluating the Compatibility of High Land Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] Varieties for Relay-Intercropping with Chickpea [*Cicer arietinum* (L.)] at High Land Areas of West Hararghe, Ethiopia. In: **Results of Crop Improvement and Management Research for**, 2022. DOI: [10.33545/2618060X.2021.v4.i2a.145](https://doi.org/10.33545/2618060X.2021.v4.i2a.145).

CAPÍTULO 2 - OTIMIZAÇÃO DE ÍNDICES AGROBIOECONÔMICOS EM CONSÓRCIO DE FEIJÃO-CAUPI × CENOURA EM FAIXAS

RESUMO

O manejo correto dos tipos e doses de adubos verdes do bioma Caatinga e das densidades populacionais das culturas componentes tem sido requisito para o sucesso agroecológico da prática de consórcio no semiárido. O objetivo deste estudo foi avaliar se há viabilidade agrobioeconômica na associação de cenoura com feijão-caupi, sob diferentes doses equitativas de biomassa de *Merremia aegyptia* e *Calotropis procera* de 20, 36, 52 e 68 t ha⁻¹ em base seca e densidades populacionais de feijão-caupi de 80, 120, 160 e 200 mil plantas ha⁻¹, em dois anos de cultivo em ambiente semiárido. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 4×4, com quatro repetições. Os maiores retornos agrobioeconômicos do consórcio cenoura × feijão-caupi verde foram obtidos com razão equivalente de terra (RET) de 1,83, índice de eficiência produtiva (IEP) de 0,97, escore da variável canônica Z de 2,90, razão competitiva (RC) de 2,43, perda de rendimento real (PRR) de 1,71, renda bruta (RB) de 165.657,79 R\$ ha⁻¹, renda líquida (RL) de 138.016,67 R\$ ha⁻¹ e taxa de retorno (TR) de 6,64 para cada real investido nas combinações de aporte de biomassa dos adubos verdes e densidades populacionais de feijão-caupi de 47,12 e 156; 68,00 e 124; 48,62 e 145; 52,48 e 188; 47,93 e 150; 43,99 e 164; 38,02 e 141 e 42,56 t ha⁻¹ e 165 mil plantas de feijão-caupi por hectare, respectivamente. A utilização da biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* do bioma Caatinga mostrou-se uma tecnologia viável para produtores que praticam o cultivo consorciado de cenoura e feijão-caupi.

Palavras-chave: *Daucus carota* L. *Vigna unguiculada* (L.) Walp. *Merremia aegyptia*. *Calotropis procera*. Receitas em culturas consorciadas.

CHAPTER 2. OPTIMIZATION OF AGRO-BIOECONOMIC INDEXES IN INTERCROPPING OF COWPEA × CARROT IN STRIPS

ABSTRACT

The correct management of the types and doses of green manures in the Caatinga biome and the population densities of the component crops have been a requirement for the agroecological success of the intercropping practice in the semiarid region. The objective of this study was to evaluate whether there is agro-bioeconomic viability in the association of carrot with cowpea, under different equitable doses of biomass of *Merremia aegyptia* and *Calotropis procera* of 20, 36, 52 and 68 t ha⁻¹ on a dry basis and population densities of cowpea of 80, 120, 160 and 200 thousand plants ha⁻¹, in two cultivations in a semiarid environment. The experimental design used was randomized blocks, with the treatments arranged in a 4 × 4 factorial scheme, with four replications. The highest agro-bioeconomic returns of the carrot × green cowpea intercrop were obtained with a land equivalent ratio (RET) of 1.83, productive efficiency index (PEI) of 0.97, canonical variable Z score of 2.90, competitive ratio (CR) of 2.43, actual yield loss (AYL) of 1.71, gross income (GI) of 165,657.79 BRL ha⁻¹, net income (NI) of 138,016.67 BRL ha⁻¹ and rate of return (RR) of 6.64 for each real invested in the combinations of biomass input of green manures and cowpea population densities of 47.12 and 156; 68.00 and 124; 48.62 and 145; 52.48 and 188; 47.93 and 150; 43.99 and 164; 38.02 and 141 and 42.56 t ha⁻¹ and 165 thousand cowpea plants per hectare, respectively. The use of biomass from *M. aegyptia* and *C. procera* from the Caatinga biome proved to be a viable technology for producers who practice intercropping of carrots and cowpea.

Keywords: *Daucus carota*. *Calotropis procera*. *Merremia aegyptia*. Revenues in intercrops. *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

1 INTRODUÇÃO

Os produtores que praticam sistemas de consorciação de hortaliças tuberosas com culturas alimentares, como o feijão-caupi, geralmente buscam sistemas que proporcionem alta produtividade, maior diversificação da produção e alta qualidade dos produtos e, sobretudo, retornos agrobioeconômicos. O sucesso da associação dessas culturas em regiões semiáridas depende do tipo de cultura cultivada e do manejo adequado de fatores como adubação, densidades de plantio, arranjos espaciais, dentre outros.

A eficiência desse sistema está baseada na complementaridade entre as culturas e na mitigação dos efeitos negativos de uma cultura sobre a outra. Portanto, a seleção criteriosa das culturas é de fundamental importância para maximizar o rendimento econômico (Lopes & Lima, 2015). Assim, o cultivo consorciado com plantas companheiras promoverá a otimização do uso dos recursos ambientais, como nutrientes, água, luz, espaço e radiação solar, uma vez que as culturas que compõem o sistema possuem tamanhos e ciclos de crescimento diferentes (Andrade Filho *et al.*, 2020). O feijão-caupi e a cenoura, por atenderem a esses requisitos, são consideradas plantas companheiras e podem ser cultivadas em consórcio (Ribeiro *et al.*, 2017).

O manejo correto da dose de adubo verde e de densidades de plantio das culturas componentes tem sido outro requisito para o sucesso da prática do consórcio no semiárido (Favacho *et al.*, 2017; Ribeiro *et al.*, 2017). Dentre os tipos de adubos verdes que se destacam no bioma Caatinga, se encontra a jitirana (*Merremia aegyptia* L.) e a flor-de-seda (*Calotropis procera* (Ait.) R.Br.) (Lino *et al.*, 2021; Sá *et al.*, 2021). A jitirana é uma planta herbácea que pode produzir 36 e 4 t ha⁻¹ de massa verde e seca, respectivamente, com teor de nitrogênio de 26,2 g kg⁻¹ de matéria seca e relação C/N de 18/1 (Linhares *et al.*, 2012). A flor-de-seda é uma planta arbustiva (Rangel & Nascimento, 2011), com produção média de fitomassa seca de 3 t ha⁻¹ por corte (aos 120 dias), podendo atingir 9 t ha⁻¹ por ano em base seca (EMPARN, 2004), com teor de nitrogênio em torno de 18,4 g kg⁻¹ na matéria seca e uma relação C/N de 25/1 (Nunes *et al.*, 2018).

Por outro lado, o manejo da densidade populacional das culturas envolve a limitação do número total de plantas presentes na consorciação, tanto da população total quanto da população de cada cultura componente, uma vez que as culturas tendem a aumentar sua produtividade até determinada densidade, atingindo um limite após o qual as interações competitivas por área e por nutrientes se intensificam, influenciando diretamente no crescimento e desenvolvimento das culturas e na produtividade do sistema, a partir das interações de competição intra e interespecífica (Ribeiro *et al.*, 2017; Chaves *et al.*, 2020).

Resultados obtidos em análises de sistemas consorciados por meio de índices agrobiológicos e indicadores econômicos têm sido capazes de comprovar a viabilidade desse sistema. Dentre esses índices e indicadores utilizados, estão: razão equivalente de terra (RET) (Silva *et al.*, 2018), perda de rendimento real (PRR) (Cecílio Filho *et al.*, 2015), vantagem do consórcio (VC) (Gebru, 2015), índice de eficiência produtiva (IEP) escore da variável canônica (Z) (Bezerra Neto *et al.*, 2010), índice de superação da cultura (IS) (Cecílio Filho *et al.*, 2015), razão de competitividade (RC) (Pinto *et al.*, 2012), rendas bruta e líquida (RB e RB), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) (Silva *et al.*, 2017).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar, por meio de índices agrobiológicos e indicadores econômicos, a viabilidade do cultivo consorciado de feijão-caupi verde com cenoura sob doses equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi, em dois cultivos em ambiente semiárido.

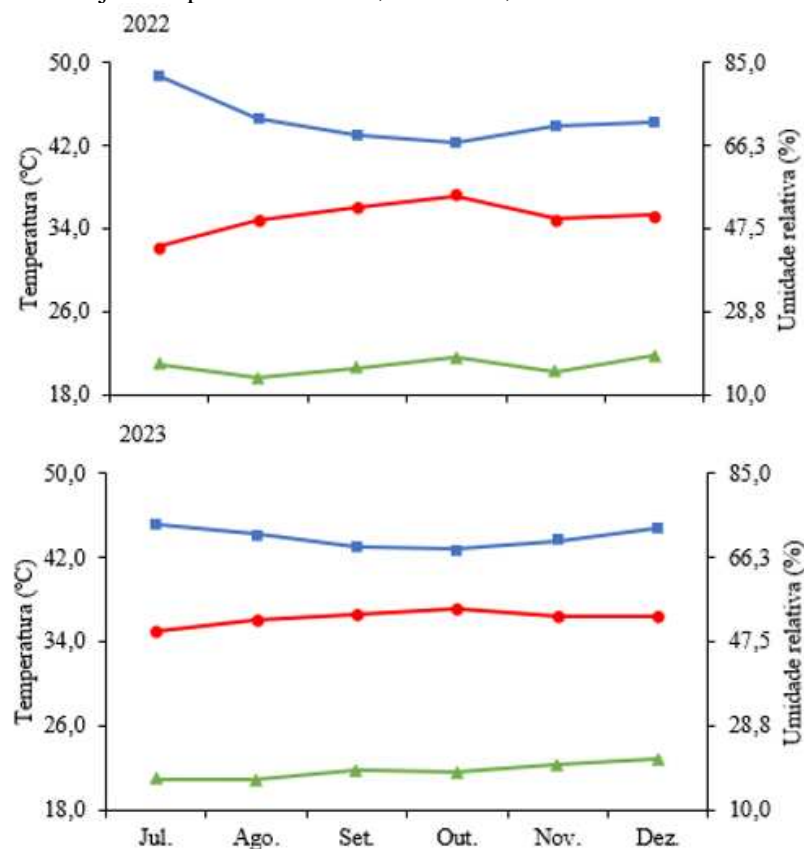
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Dois experimentos foram realizados de julho a dezembro o primeiro em 2022 e o segundo em 2023, na Fazenda Experimental 'Rafael Fernandes', pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no distrito de Alagoinha, na latitude sul de 5°03'37'' e longitude oeste de 37°23'50'', na altitude de 80 m acima do nível do mar.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é BSh, ou seja, seco e muito quente com duas estações: uma seca que começa em junho e termina em janeiro, e uma chuvosa que começa em fevereiro e termina em maio (Beck *et al.*, 2018). Os dados climáticos diários médios registrados durante o período em que os experimentos foram realizados foram obtidos pelo Laboratório de Instrumentação Meteorológica e Climatologia (LABIMC, 2024) e são apresentados na Figura 1.

Figura 1. Dados climáticos diários médios sobre temperaturas máximas e mínimas e da umidade relativa do consórcio cenoura × feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025



Fonte: LABIMC, 2024.

Os solos das áreas experimentais foram classificados como Argissolo Vermelho distrófico (Santos *et al.*, 2018). Em cada área experimental, foram coletadas amostras simples de solo na

camada superficial de 0-20 cm, homogeneizadas para obtenção de uma amostra composta representativa da área. Posteriormente, essas amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Água, Solo e Tecido Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - *Campus* Limoeiro do Norte, para determinação de seus atributos químicos. Os resultados nos dois anos de cultivos estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1. Análises químicas dos solos das áreas experimentais antes da incorporação dos adubos verdes nos cultivos de 2022 (1) e 2023 (2). Mossoró-RN, UFERSA, 2025.

Solos	C	MO	pH	CE	K	Ca	Mg	Na	P	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	---g kg ⁻¹ ---		(H ₂ O)	dS m ⁻¹	-----mmol _c dm ⁻³ ----					-----mg dm ⁻³ -----				
1	7,20	12,41	7,10	0,19	1,16	20,10	6,10	0,43	7,00	0,20	6,80	12,70	7,70	0,48
2	7,68	13,25	5,80	0,41	1,77	8,40	2,70	1,49	6,00	0,20	8,7	4,90	0,60	0,44

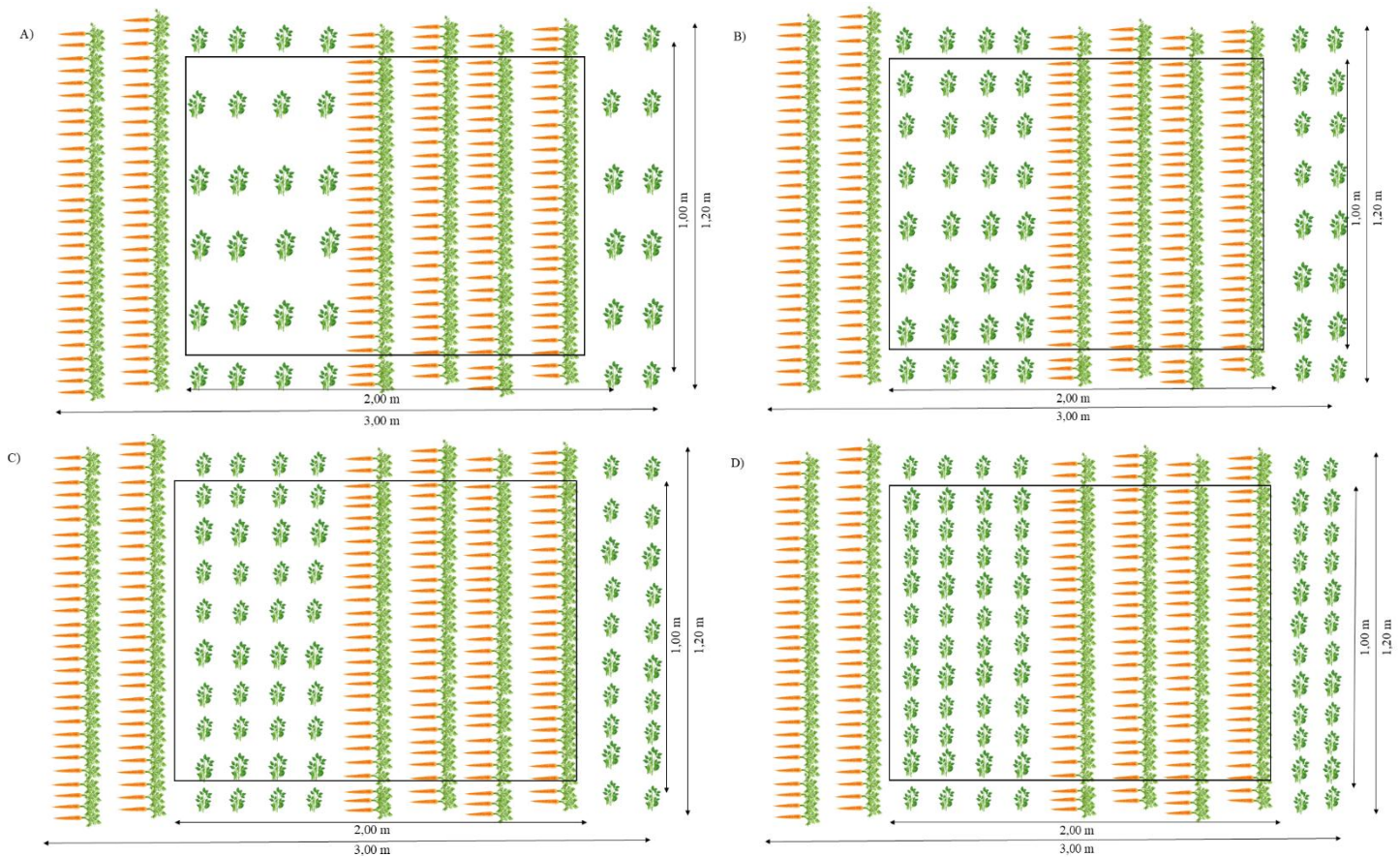
Fonte: Elaboração própria (2025). C: carbono; MO: Matéria orgânica; pH (H₂O): Potencial hidrogeniônico; CE: Condutividade elétrica; P: Fósforo; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; Na: Sódio; Cu: Cobre; Fe: Ferro; Mn: Manganês; Zn: Zinco; B: Boro.

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado em ambos os experimentos foi o de blocos completos casualizados, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial (4 × 4), com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído pelas doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* (20, 36, 52 e 68 t ha⁻¹ em base seca), ao passo que o segundo fator foi constituído pelas densidades populacionais de feijão-caupi (80, 120, 160 e 200 mil plantas por hectare). Em cada bloco, foram plantadas duas parcelas como os monocultivo da cenoura e do feijão-caupi, adubados com 49,87 e 50,48 t ha⁻¹ da biomassa dos adubos verdes, jiterana e flor-de-seda, otimizadas por pesquisas na região, para obtenção de índices agrobioeconômicos (Desravines *et al.*, 2022; Freitas *et al.*, 2023).

As parcelas experimentais do consórcio foram estabelecidas em faixas alternadas, na proporção de 50% da área cultivada com cenoura e 50% da área cultivada com feijão-caupi. Em cada parcela experimental, as faixas alternadas foram compostas por quatro fileiras de cada cultura, ladeadas por duas fileiras de feijão-caupi de um lado e duas fileiras de cenoura do outro lado, utilizadas como bordadura. A área total de cada parcela foi de 3,60 m² (3,00 m × 1,20 m), e a área de colheita foi de 2,00 m² (2,00 m × 1,00 m), como mostra a Figura 2.

Figura 2. Detalhe das parcelas de plantio do consórcio de feijão-caupi e cenoura nas densidades populacionais de feijão-caupi de 80 (A), 120 (B), 160 (C) e 200 (D) mil plantas ha^{-1} . Mossoró-RN, UFRSA, 2025.



Fonte: Elaboração própria (2025).

A área de colheita das parcelas consorciadas foi constituída pelas duas faixas centrais de plantas de cada cultura, excluindo as duas fileiras externas das culturas de cada lado e as duas últimas plantas de cada fileira das faixas, utilizadas como bordadura. O espaçamento da cenoura nos tratamentos consorciados foi de 0,25 m x 0,04 m, proporcionando população de 500 mil plantas ha^{-1} . Cada área de colheita da parcela consorciada continha 100 plantas de cenoura. Os espaçamentos do feijão-caupi nos tratamentos avaliados foram de 0,25 m x 0,10 m, 0,25 m x 0,125 m, 0,25 m x 0,166 m e 0,25 m x 0,20 m, proporcionando populações de plantas de 80, 120, 160 e 200 mil plantas ha^{-1} , respetivamente (Tabela 2).

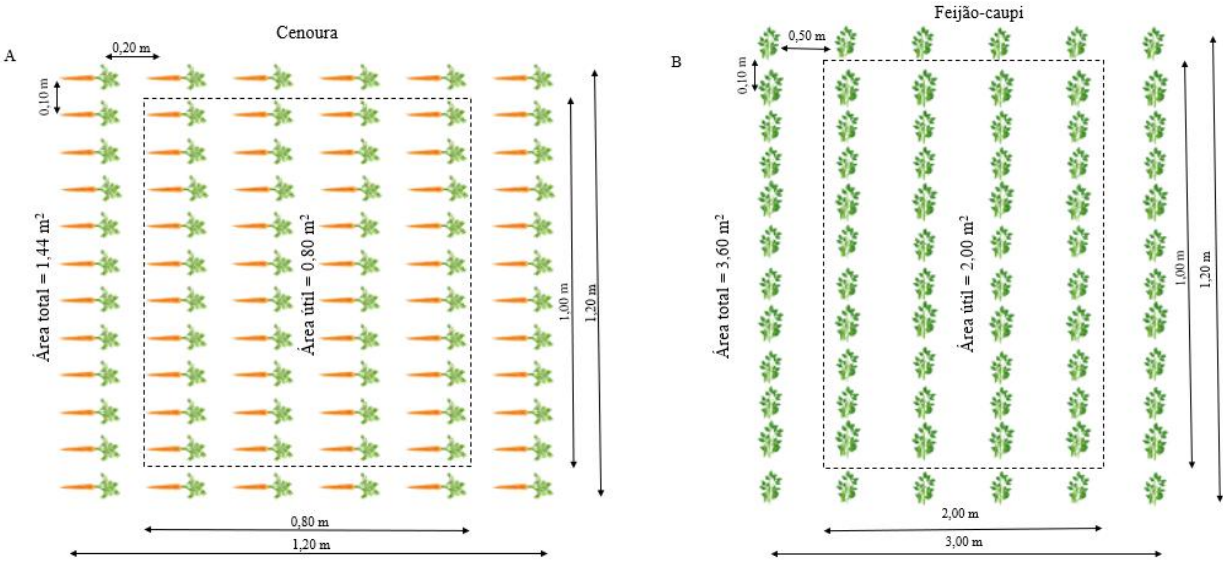
Tabela 2. Descrição das densidades populacionais e dos espaçamentos da cenoura e do feijão-caupi utilizados nos experimentos no sistema consorciado e em monocultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.

Densidade populacional das culturas no consórcio (mil plantas ha ⁻¹)		Espaçamentos (m)	
Cenoura	Feijão-caupi	Cenoura	Feijão-caupi
500	80	0,25 × 0,04	0,25 × 0,200
500	120	0,25 × 0,04	0,25 × 0,166
500	160	0,25 × 0,04	0,25 × 0,125
500	200	0,25 × 0,04	0,25 × 0,100
Densidade populacional das culturas no monocultivo (mil plantas ha ⁻¹)			
Cenoura	500	0,20 × 0,10	
Feijão-caupi	200		0,50 × 0,10

Fonte: Elaboração própria (2025).

O monocultivo da cenoura foi implantado em uma área total de 1,44 m² (1,20 m × 1,20 m), contendo seis linhas, e uma área de colheita de 0,80 m² (0,80 m × 1,00 m), contendo quatro linhas, no espaçamento de plantio de 0,20 m × 0,10 m. Por sua vez, o monocultivo do feijão-caupi foi implantado em uma área total de 3,60m² (3,00 m × 1,20 m), contendo seis linhas, e uma área de colheita de 2,00 m² (2,00 m × 1,00 m), contendo quatro linhas, no espaçamento de 0,50 m × 0,10 m. A colheita das culturas, tanto no sistema consorciado quanto no monocultivo, foi realizada nas quatro linhas centrais da cultura, excluindo-se as linhas laterais, bem como a primeira e a última planta de cada linha da cultura, consideradas bordaduras (Figura 3).

Figura 3. Detalhe das parcelas dos monocultivos da cenoura (A) e do feijão-caupi (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2025.



Fonte: Elaboração própria (2025).

2.3 PREPARO DO SOLO E MANEJO DAS CULTURAS

Os materiais utilizados como adubos verdes foram a jiterana (*Merremia aegyptia*) e a flor-de-seda (*Calotropis procera*), coletados da vegetação nativa em diversas localidades da zona rural do município de Mossoró, RN, antes do início da floração. Após a coleta, os adubos verdes foram triturados em forrageira convencional para obtenção de fragmentos de 2 a 3 cm. Em seguida, foram desidratados em temperatura ambiente até atingirem 10% de umidade e, posteriormente, submetidos às análises laboratoriais. Os atributos químicos dos adubos verdes nos dois anos de cultivos estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Análise química de macronutrientes da biomassa seca de *M. aegyptia* e *C. procera* incorporada ao solo no consórcio cenoura e feijão-caupi nos dois anos de cultivos. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.

Adubo verde	N	P	K	Mg	Ca	C:N
	-----g kg ⁻¹ -----					
	Cultivo 2022 (A1)					
<i>M. aegyptia</i>	20,56	2,83	37,08	7,07	19,35	25:1
<i>C. procera</i>	15,14	2,96	24,84	9,20	17,00	27:1
	Cultivo 2023 (A2)					
<i>M. aegyptia</i>	18,56	2,58	32,80	4,48	17,88	25:1
<i>C. procera</i>	14,66	1,27	31,00	5,40	11,60	27:1

Fonte: Elaboração própria (2025).

Nas áreas experimentais, antes da instalação dos experimentos, os solos foram limpos mecanicamente com trator com arado acoplado, seguindo-se gradagem e formação mecanizada dos canteiros de plantio. Em seguida, foi realizada a solarização pré-plantio nesses canteiros com plástico transparente tipo Vulca Brilho Bril Flex[®] (30 micras), que permaneceu por 30 dias para combater microrganismos fitopatogênicos presentes no solo, que poderiam afetar a produtividade das culturas (Pereira *et al.*, 2016).

Após o período de solarização, os materiais utilizados como adubos verdes foram incorporados ao solo com o auxílio de enxadas em duas etapas. Na primeira etapa, foram incorporados 30% das quantidades das doses testadas em cada parcela experimental. Aos 20 dias após a primeira incorporação, foi realizada a semeadura das culturas, que ocorreu no primeiro cultivo em 16 de agosto de 2022 e no segundo cultivo em 05 de agosto de 2023, respectivamente. Aos 30 dias após a semeadura das culturas, foi realizada a segunda incorporação com os 70% restantes das doses dos adubos verdes, mas especificamente no dia 31 de setembro de 2022 no primeiro cultivo e no dia 04 de setembro de 2023, no segundo cultivo, respectivamente, através dos sulcos abertos no espaço entre as linhas de plantio (Desravines *et al.*, 2022).

A cultivar de feijão-caupi semeada foi a 'BRS Tumucumaque' e a cultivar de cenoura foi a 'Brasília'. Ambas foram semeadas em covas de aproximadamente 3 cm de profundidade, com três a quatro sementes por cova, e cobertas com substrato comercial para germinação. Os desbastes nas culturas do feijão-caupi e da cenoura foram realizados aos cinco e dez dias após a semeadura, respectivamente. Após o desbaste, foi deixada apenas uma planta por cova em ambas as culturas, tanto no sistema consorciado quanto no monocultivo. Durante os períodos em que ocorreram os experimentos, foram efetuadas amontoas nas plantas de cenoura e tutoramento das plantas de feijão sempre que necessário. Não foi utilizado qualquer controle químico de pragas ou doenças.

As irrigações foram realizadas diariamente por microaspersão, divididas em dois turnos (manhã e tarde). A quantidade de água fornecida foi determinada com base no coeficiente de cultivo da cenoura (cultura principal) obtido na região (K_c médio de 0,965) (Santos *et al.*, 2021), fornecendo uma lâmina de água de aproximadamente 8 mm por dia.

Na cultura do feijão-caupi, foram efetuadas três colheitas em cada ano de cultivo. No primeiro ano, a primeira colheita ocorreu no dia 25 de outubro de 2022, ao passo que no segundo ano foi no dia 13 de outubro de 2023. As colheitas subsequentes ocorreram sempre três dias após a primeira colheita. No primeiro ano, a primeira colheita de feijão-caupi ocorreu 70 dias após a semeadura e, no segundo ano, 69 dias após a semeadura. Quanto à cenoura, as colheitas ocorreram no dia 22 de novembro de 2022 no primeiro ano de cultivo e três de novembro de 2023, exatamente aos 98 e 90 dias após a semeadura, respectivamente.

2.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

As características das culturas avaliadas nos sistemas de cultivo foram: produtividade comercial de raízes de cenoura, quantificada pela massa fresca das raízes das plantas na área de colheita com tamanho mínimo de 5 cm de comprimento e maior que 1 cm de diâmetro, livres de deformações (Lana & Vieira, 2000), expressa em $t\ ha^{-1}$ e a produtividade de grãos de feijão-caupi verdes, quantificada pela massa fresca de todos os grãos verdes colhidos de vagens verdes na área de colheita, expressa em $t\ ha^{-1}$ (Desravines *et al.*, 2022).

As eficiências agro-bioeconômicas do sistema consorciado de cenoura e feijão-caupi foram determinadas a partir de índices agronômicos e de competição e de indicadores econômicos:

a) A razão equivalente de terra (RET) foi calculada usando a expressão usada por Bezerra Neto *et al.* (2023):

$$RET = \frac{Y_{cfc}}{Y_c} + \frac{Y_{fcc}}{Y_{fc}} \quad (1),$$

onde: RET - razão equivalente da terra; Y_{cfc} - produtividade de raízes de cenoura comercial consorciada com feijão-caupi; Y_{fcc} - produtividade de grãos de feijão-caupi verdes consorciados com cenoura; Y_c - produtividade de raízes de cenoura comercial em monocultivo; e Y_{fc} - produtividade de grãos de feijão-caupi verdes em monocultivo.

Este índice agrônomo é definido como a área relativa de terra em condições de monocultivo necessária para proporcionar as produtividades alcançadas em consorciação. Quando o valor da RET é maior que 1, a consorciação favorece o desenvolvimento, o crescimento e a produtividade das culturas componentes. Por outro lado, quando a RET é menor que 1, o consórcio entre as culturas componentes é afetado negativamente, prejudicando o desenvolvimento, o crescimento e a produtividade das culturas.

b) A vantagem do consórcio (VC) foi determinada pela expressão utilizada por Carvalho *et al.* (2018):

$$VC = VC_C + VC_{fc} \quad (2),$$

$$VC_C = PRR_C + P_C \quad (3),$$

$$VC_{fc} = PRR_{fc} + P_C \quad (4),$$

em que: VC - vantagem do consórcio; VC_C - vantagem do consórcio de cenoura com feijão-caupi; VC_{fc} - vantagem do consórcio de feijão-caupi com cenoura; PRR_C e PRR_{fc} - definidos na descrição da perda real de rendimento (PRR); P_C - preço das raízes de cenoura em R\$ kg⁻¹; e P_{fc} - preço dos grãos de feijão-caupi verdes em R\$ kg⁻¹.

c) O índice de eficiência produtiva (IEP) foi calculado para cada tratamento utilizando o modelo DEA (*Data Envelopment Analysis*) com retornos constantes à escala, pois não houve evidências de diferenças significativas de escala. O modelo DEA tem a seguinte formulação matemática:

$$MAX_Z = \sum_{j=1}^r \mu_j x_{jo} \quad (5),$$

Sujeito as restrições:

$$\sum_{i=1}^s v_i w_{io} = 1 \quad (6),$$

$$\sum_{j=1}^r \mu_j x_{jk} - \sum_{i=1}^s v_i w_{ik} \leq 0 \quad (7),$$

$$k = 1 \dots n; \mu_j, v_i \geq 0, i = 1 \dots s, j = 1 \dots r,$$

em que: MAX_z - medida máxima de eficiência z do tratamento; X_{jo} - valor do recurso j para a parcela em análise; X_{jk} - valor do produto j para a parcela k ; r - valor do produto; S - valor do recurso; n - número de parcelas; w_{ik} - valor do insumo i ($i = 1 \dots s$), para o tratamento k ($k = 1 \dots n$); v_i e μ_j - pesos atribuídos aos *inputs* e *outputs*, respectivamente; o - tratamento em análise (Bezerra Neto *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2018). Para medir a eficiência de cada parcela experimental (tratamento), foram assumidos insumos unitários para todas as unidades.

Os tratamentos (consórcio) foram utilizados como unidades de avaliação, dezesseis no total. As produtividades de raízes comerciais de cenoura e de grãos de feijão-caupi verdes foram utilizadas como *outputs*. Para avaliar o desempenho de cada parcela, considerou-se que cada uma utiliza um único recurso a um nível unitário, uma vez que os *outputs* incorporam os possíveis *inputs*. Assim, quanto mais próximo de 1 for o valor do IEP, mais vantajoso agronomicamente é o sistema consorciado testado.

d) A eficiência do sistema consorciado também foi avaliada pelo índice agrônomo, escore da variável canônica (Z), obtido pela análise de variância bivariada (Andrade Filho *et al.*, 2020) das produtividades de grãos de feijão-caupi verdes e de raízes comerciais de cenoura. Quanto maior e mais positivo for o valor de Z , mais eficiente agronomicamente será o sistema consorciado avaliado.

Os índices de competição avaliados nos sistemas consorciados foram: os índices de superação das culturas (IS_c e IS_{fc}), a razão de competição (RC) e a perda de rendimento real do sistema (PRR).

e) O índice de superação da cultura (IS) mostra o quanto o aumento relativo da produção da cultura componente c (cenoura, no caso) é maior do que o da componente f (feijão-caupi) em um sistema consorciado. Esse índice foi determinado pelas expressões abaixo utilizadas por Cecílio Filho *et al.* (2015).

$$IS_c = \left(\frac{Y_{cfc}}{Y_c Z_{cfc}} \right) - \left(\frac{Y_{fcc}}{Y_{fc} Z_{fcc}} \right) \quad (8),$$

$$IS_{fc} = \left(\frac{Y_{fcc}}{Y_{fc} Z_{fcc}} \right) - \left(\frac{Y_{cfc}}{Y_c Z_{cfc}} \right) \quad (9),$$

onde: IS_c e IS_{fc} - índice de superação da cenoura sobre o feijão-caupi e do feijão-caupi sobre a cenoura em consórcio; Y_{cfc} - produtividade comercial de raízes de cenoura consorciadas com feijão-caupi; Y_c - produtividade comercial de raízes de cenoura em monocultivo; Z_{cfc} - proporção da área plantada de cenoura consorciada com feijão-caupi; Y_{fcc} - produtividade de grãos de feijão-caupi verdes consorciados com cenoura; Y_{fc} - produtividade de grãos de feijão-caupi verdes em monocultivo; e, Z_{fcc} - proporção da área plantada com feijão-caupi consorciada com cenoura. Se

IS for positivo, então a cultura componente com sinal positivo será a dominante, e aquela com sinal negativo será a cultura dominada. Se o valor de IS for zero, as culturas serão igualmente competitivas.

f) A razão competitiva (RC) do sistema consorciado também foi obtida pela fórmula utilizada por Carvalho *et al.* (2018), onde:

$$R_c = RC_c + RC_f \quad (10),$$

$$RC_c = \left[\left(\frac{RET_c}{RET_f} \right) \times \frac{Z_{fcc}}{Z_{cfc}} \right] \quad (11),$$

$$RC_f = \left[\left(\frac{RET_f}{RET_c} \right) \times \frac{Z_{fcc}}{Z_{cfc}} \right] \quad (12),$$

onde: RC_c - razão competitiva da cenoura em consórcio com feijão-caupi; e, RC_f - razão competitiva do feijão-caupi em consórcio com a cenoura; RET_c - razão equivalente de terra da cenoura; e, RET_f - razão equivalente de terra do feijão-caupi. Os termos Z_{fcc} e Z_{cfc} são definidos anteriormente.

A razão competitiva fornece o grau exato de competição ao indicar o número de vezes que a espécie dominante é mais competitiva do que a espécie dominada (Eskandari & Ghanbari, 2010). A cultura com maior RC faz melhor uso dos recursos ambientais.

g) A perda de rendimento real (PRR) do sistema consorciado foi determinada pela expressão utilizada por Silva *et al.* (2021):

$$PRR = PRR_c + PRR_f \quad (13),$$

$$PRR_c = \left[\left\{ \frac{\left(\frac{Y_{cf}}{Z_{cf}} \right)}{\left(\frac{Y_c}{Z_c} \right)} \right\} - 1 \right] \quad (14),$$

$$PRR_f = \left[\left\{ \frac{\left(\frac{Y_{fc}}{Z_{fc}} \right)}{\left(\frac{Y_f}{Z_f} \right)} \right\} - 1 \right] \quad (15),$$

onde: PRR_c - perda de rendimento real da cenoura; PRR_f - perda de rendimento real do feijão-caupi; Y_{cfc} - produtividade de raízes comerciais de cenoura consorciada com feijão-caupi; Z_{cfc} - proporção de plantio de cenoura consorciada com feijão-caupi; Y_c - produtividade de raízes comerciais de cenoura em monocultivo; Z_c - proporção de plantio de cenoura em monocultivo; Y_{fcc} - produtividade de feijão-caupi consorciado com cenoura; Z_{fcc} - proporção de plantio de feijão-caupi consorciado com cenoura; Y_{fc} - produtividade de feijão-caupi em monocultivo; e, Z_{fc} - proporção de plantio de feijão-caupi em monocultivo. Se $PRR > 0$, haverá vantagem do consórcio sobre o monocultivo; se $PRR < 0$, haverá desvantagem do sistema de consórcio.

2.5 INDICADORES DE EFICIÊNCIA ECONÔMICA

Os indicadores de eficiência econômica avaliados nos sistemas de consórcio foram: renda bruta (RB), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL).

A renda bruta (RB) foi determinada pelo produto da produção agrícola por hectare e o preço pago ao produtor no mercado regional nas safras de 2022 e 2023. Os preços médios pagos foram de R\$ 11,00 kg⁻¹ de grãos de feijão-caupi e R\$ 6,35 kg⁻¹ para raízes de cenoura. Este indicador não considera os custos totais (CT) de produção dos produtos envolvidos.

Os custos totais de produção de um sistema de cultivo consorciado, segundo Cecílio Filho *et al.* (2010), são obtidos por meio do dispêndio total (custos totais) por hectare com as culturas componentes que fazem parte do sistema em nível experimental, que inclui os serviços prestados pelo capital estável (depreciação, mão-de-obra fixa e custos associados ao capital de giro), preços dos insumos e o valor dos custos alternativos (conhecidos por custos de oportunidade).

A renda líquida (RL) foi calculada subtraindo-se os custos totais de produção (CT) do sistema por hectare da renda bruta (RB). A taxa de retorno (TR) foi obtida a partir da razão entre a renda bruta (RB) e os custos totais (CT), ou seja, $TR = RB/CT$, correspondendo ao valor em reais (R\$) obtido para cada real (R\$) investido na aplicação do tratamento consorciado de cenoura e feijão-caupi. O índice de lucratividade (IL) foi obtido a partir da razão entre a renda líquida (RL) e a renda bruta (RB), expressa em porcentagem.

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Uma análise univariada de variância foi realizada para verificar a homogeneidade das variâncias entre os cultivos em cada variável estudada, pelo *software* SAS (SAS, 2015). A pressuposição de homogeneidade das variâncias foi avaliada pela razão entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo dos anos de cultivos, não sendo estes maiores que 7. Depois de constatada a homogeneidade das variâncias, foi calculada uma média entre os tratamentos (Silva *et al.*, 2021). O teste F foi usado para verificar se houve diferença significativa ou não entre os sistemas de cultivos testados. Em seguida, uma análise de regressão foi realizada para cada variável, seguida pelo ajuste de uma superfície de resposta em função dos fatores-tratamentos testados (doses dos adubos verdes e densidades populacionais do feijão-caupi) por meio do *software* Table Curve 3D (SYSTAT SOFTWARE, 2021). Os modelos de equações foram obtidos utilizando os critérios: lógica biológica da variável; significância do quadrado médio da regressão; alto valor do coeficiente de determinação e significância dos parâmetros da equação de regressão (Ferreira *et al.*, 2022).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 VANTAGENS AGROBIOLÓGICAS

Os resultados da análise de variância univariada e regressão dos índices agrobiológicos e de competição avaliados no consórcio cenoura × feijão-caupi sob doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi estão apresentados na Tabela 4. Não foi registrada interação significativa entre os fatores-tratamentos testados nos índices agronômicos e de competição, a saber, razão equivalente de terra (RET), vantagem do consórcio (VC), índice de eficiência produtiva (IEP), índice de superação da cenoura sobre o feijão-caupi (IS_c), índice de superação do feijão-caupi sobre a cenoura (IS_{fc}), razão competitiva (RC) e perda de rendimento real (PRR) na Tabela 4.

Tabela 4. Valores de F para a razão equivalente de terra (RET), vantagem do consórcio (VC), índice de eficiência produtiva (IEP), escore da variável canônica (Z), índice de superação da cenoura sobre o feijão-caupi (IS_c), índice de superação do feijão-caupi sobre a cenoura (IS_r), razão competitiva (RC), perda de rendimento real (PRR), e para as regressões desses índices no consórcio feijão-caupi × cenoura sob doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades de plantas de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.

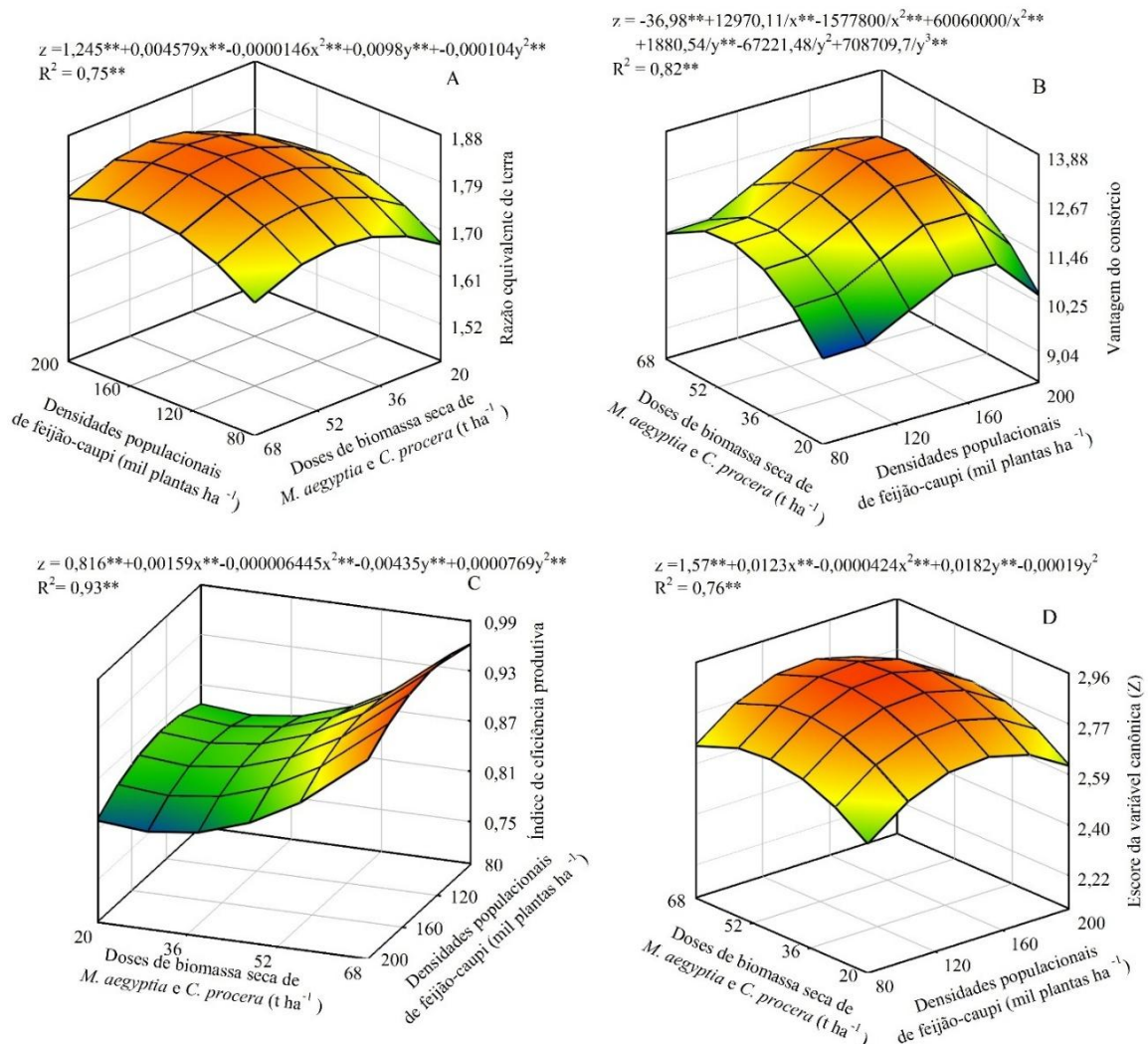
Fontes de variação	GL	Índices agrobiológicos				Índices de competição			
		RET	VC	IEP	Z	IS_c	IS_{fc}	RC	PRR
Blocos	3	3,19*	4,01*	3,05 ^{ns}	2,66 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,34 ^{ns}	1,73 ^{ns}	3,75*
Doses de biomassa de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> (D)	3	3,04*	3,62*	28,44**	2,40 ^{ns}	7,45**	7,45**	8,37**	2,62 ^{ns}
Densidades populacionais de feijão-caupi (P)	3	2,69 ^{ns}	2,11 ^{ns}	2,46 ^{ns}	3,65*	2,31 ^{ns}	2,31 ^{ns}	5,10**	3,51*
D × P	9	0,22 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,13 ^{ns}	1,51 ^{ns}	0,35 ^{ns}
Regressão		8,50*	9,52**	36,84**	8,53*	27,42**	29,27**	16,51**	8,82**
Erro	45	0,00816	2,36094	0,00169	0,03011	0,01713	0,01713	0,00475	0,03219
CV (%)		5,11	13,05	4,67	6,30	25,27	-25,27	3,26	11,81

Fonte: Elaboração própria (2025). ** = $P < 0,01$; * = $P < 0,05$; ns = $P > 0,05$; CV – Coeficiente de variação. GL - Grau de liberdade.

Entretanto, foi ajustada uma superfície de resposta para todos os índices agronômicos e de competição estudados, em função dos tratamentos, doses de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidade populacional do feijão-caupi consorciado com cenoura. Para os índices agronômicos, os valores

máximos obtidos para RET, VC, IEP e Z foram 1,83, 13,57, 0,97 e 2,90 nas doses dos adubos verdes de 47,12, 47,88, 68,00 e 48,62 t ha⁻¹ incorporadas ao solo nas densidades populacionais de 156, 152, 124 e 145 mil plantas de feijão-caupi ha⁻¹, respectivamente (Figuras 4A, 4B, 4C e 4D). Esses resultados podem ser atribuídos ao bom aproveitamento dos adubos verdes pelas culturas, bem como à baixa competição entre cenoura e feijão-caupi, mesmo com o aumento da densidade populacional.

Figura 4. Razão equivalente de terra (RET) (A), vantagem do consórcio (VC) (B), índice de eficiência produtiva (IEP) (C) e escore da variável canônica (Z) (D) da cenoura consorciada com feijão-caupi em doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFRS, 2025.



Fonte: Elaboração própria (2025). *, ** - Significativo em $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F.

Um dos desafios no consórcio de uma hortaliça tuberosa, como a cenoura, com uma leguminosa, como o feijão-caupi, é identificar se há vantagem agrônomo-biológica (devido à competição) nessa associação. Os valores máximos obtidos para RET (1,83), VC (13,57), IEP

(0,97) e Z (2,90) mostram que os consórcios de cenoura e feijão-caupi testados foram vantajosos (veja os valores de referência na descrição desses índices). Essas vantagens foram determinadas pelo grau de complementaridade entre as culturas no uso dos recursos ambientais (Cecílio Filho *et al.*, 2015), podendo ser convertidas em lucro para o produtor.

Como o valor da RET foi maior que 1, o consórcio favoreceu o desenvolvimento, o crescimento e as produtividades das culturas que compõem o sistema, proporcionando, de tal modo, vantagem ao sistema consorciado. Sabe-se que quanto maior for o valor acima de 1, mais vantajoso será o sistema consorciado. Em relação aos índices VC e Z, quanto maiores e mais positivos forem seus valores, mais vantajosos agronomicamente serão os sistemas consorciados (Silva *et al.*, 2021). Além de indicar vantagem agrônômica, o valor de VC pode ser considerado um indicador da viabilidade econômica dos sistemas consorciados (Dhima *et al.*, 2007). Os resultados obtidos com esses índices indicaram que todos os sistemas consorciados avaliados foram vantajosos. Por outro lado, para o IEP (0,97), quanto mais próximo esse valor estiver de 1, mais vantajoso agronomicamente será o sistema consorciado avaliado (Bezerra Neto *et al.*, 2012). Pelos resultados obtidos, pode-se perceber que todos os sistemas consorciados avaliados foram vantajosos.

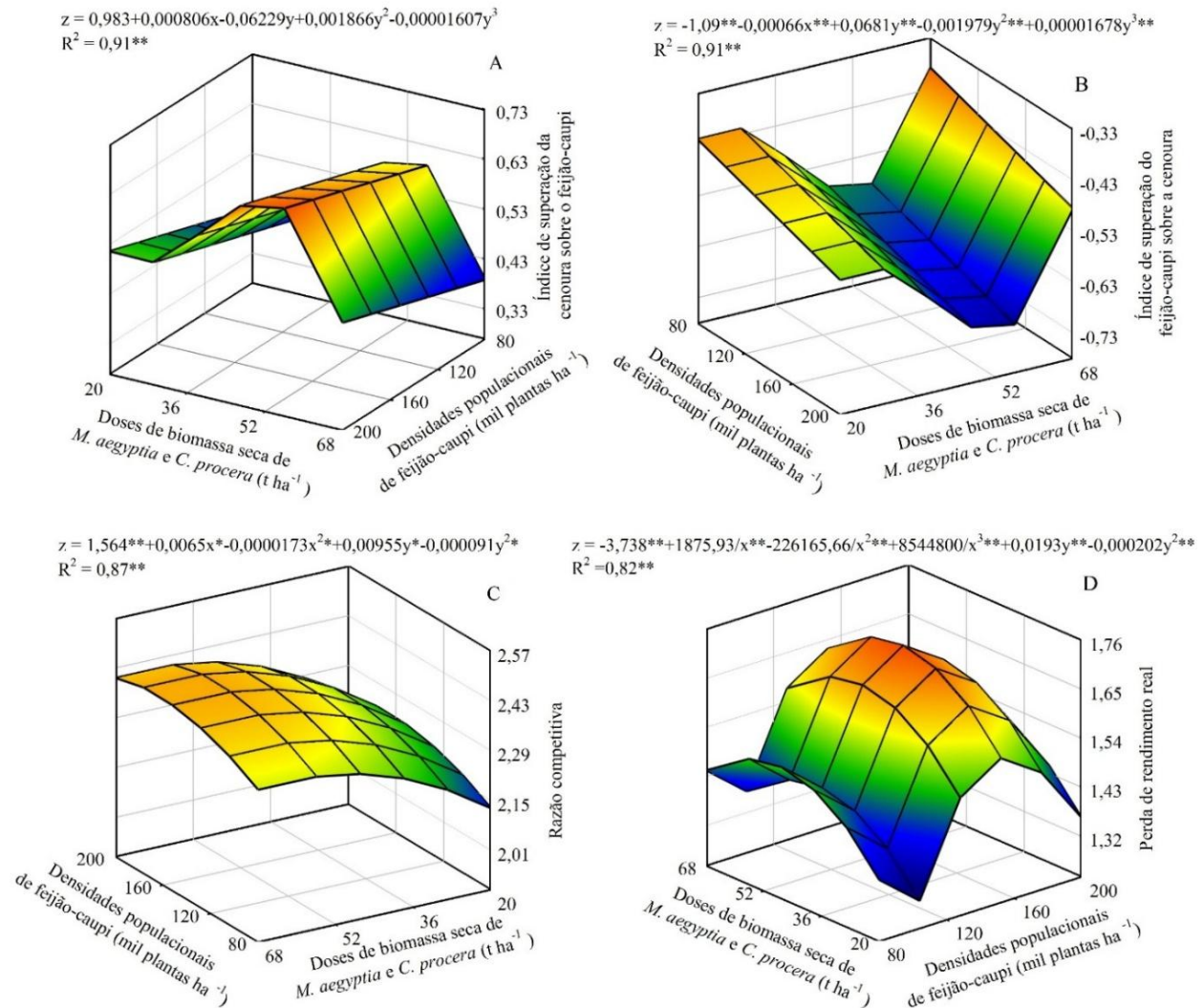
Esses índices agrônômicos comprovam que a adubação orgânica com os adubos verdes *M. aegyptia* e *C. procera*, independentemente da densidade populacional das culturas componentes, melhorou as propriedades químicas do solo e contribuiu para a obtenção de maiores rendimentos dos sistemas de cultivo consorciados. Isso pode ser confirmado pela análise química dos solos apresentada anteriormente, revelando baixa fertilidade e que a adição de adubos orgânicos melhorou os rendimentos dos sistemas de cultivos consorciados, conforme revelado pelos índices e indicadores avaliados. Por outro lado, sabe-se que a adubação orgânica traz alguns benefícios ao solo, como aumento da penetração e retenção de água; melhoria da estrutura, aeração e porosidade; aumento da vida microbiana; e aumento da disponibilidade e absorção de nutrientes para atender à demanda da cultura (Lanna *et al.*, 2018).

Os resultados de máxima eficiência agrônômica obtidos nesses índices permitem ao produtor de cenoura e feijão-caupi escolher a dose ideal dos adubos verdes para incorporação em combinação com a densidade ideal de plantio das culturas componentes com base no indicador agrônômico que melhor lhe convier em termos de rendimento agrônômico do sistema consorciado. Chaves *et al.* (2022), avaliando se havia retorno agroeconômico no consórcio de feijão-caupi e beterraba por meio da otimização da densidade populacional do feijão-caupi em diferentes arranjos espaciais das culturas componentes, observaram que o maior retorno agroeconômico do consórcio foi obtido nas densidades populacionais de 80 e 500 mil plantas de feijão-caupi e beterraba,

respectivamente. Por outro lado, Nunes *et al.* (2021), avaliando a eficácia agronômica do consórcio de feijão-caupi e rabanete sob doses de *C. procera* em diferentes arranjos de plantio em dois cultivos, registraram maiores eficiências agronômicas do consórcio na dose de 62 t ha⁻¹ de biomassa de *C. procera* incorporada ao solo.

Em relação aos índices de competição entre as culturas que compõem o consórcio, registrou-se que o índice de superação da cenoura sobre o feijão-caupi (IS_c) aumentou com o aumento das doses dos adubos verdes aplicadas e com o aumento das densidades populacionais de feijão-caupi, atingindo o valor máximo de 0,69 na combinação de 53,08 t ha⁻¹ dos adubos verdes incorporados ao solo e 200 mil plantas de feijão-caupi por hectare (Figura 5A).

Figura 5. Índice de superação da cenoura sobre o feijão-caupi – ISc (A), índice de superação do feijão-caupi sobre a cenoura – ISf (B), razão competitiva – RC (C) e perda de rendimento real – PRR (D) da cenoura consorciada com feijão-caupi em doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procerca* e densidades populacionais de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.



Fonte: Elaboração própria (2025). *, ** - Significativo em $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F

Os valores positivos do índice de superação da cenoura sobre o feijão-caupi (ISc) no consórcio indicam que esta cultura tuberosa foi a cultura dominante, e o feijão-caupi foi a cultura dominada no sistema. Em outras palavras, a cenoura foi a cultura mais competitiva tendo em vista que as doses dos adubos verdes e as densidades de plantio do feijão-caupi aumentaram até o ponto de máximo. Esse comportamento pode ser atribuído a fatores relacionados à morfologia, fisiologia e necessidades nutricionais das culturas. A competitividade de uma cultura é proporcional ao aumento da densidade populacional de plantas na área plantada (Passos *et al.*, 2019). Assim, com o aumento da densidade populacional do feijão-caupi e das doses dos adubos verdes, observou-se que a capacidade competitiva da cenoura aumentou e a do feijão-caupi reduziu.

O índice de superação

do feijão-caupi sobre a cenoura (IS_{fc}) subiu com o aumento das doses dos adubos verdes aplicados e a redução das densidades populacionais do feijão-caupi, atingindo um valor máximo de -0,39 na combinação de 68 t ha⁻¹ dos adubos verdes incorporados ao solo e 80.000 plantas de feijão-caupi por hectare (Figura 5B). Os valores negativos do índice de superação do feijão-caupi sobre a cenoura indicam que esta leguminosa é a cultura dominada, tendo em vista que a dose dos adubos verdes aumentou e a densidade populacional do feijão-caupi reduziu. Esses resultados também indicam que o feijão-caupi possui menor capacidade de competição interespecífica quando comparado à cenoura, independentemente do número de plantas na área. Em geral, a densidade de plantas e a proporção relativa das culturas componentes são essenciais para determinar a eficiência de sistemas consorciados. De acordo com Zhang *et al.* (2015), a diferença na arquitetura das plantas, especialmente das culturas de raízes, determina como elas acessam e utilizam os nutrientes do solo.

Os índices de competição, razão competitiva (RC) e perda de rendimento real (PRR), como pode ser observado, apresentaram comportamento polinomial ascendente em virtude do aumento dos fatores tratamentos, ou seja, se elevam com o aumento das doses dos adubos verdes aplicados e das densidades populacionais de feijão-caupi, atingindo os valores máximos de 2,43 para a RC e 1,71 para a PRR nas doses de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* incorporadas ao solo de 52,48 e 47,93 t ha⁻¹ e nas densidades populacionais de feijão-caupi de 188 e 150 mil plantas ha⁻¹, respectivamente (Figuras 5C e 5D).

Esses valores da RC e PRR, muito superiores a 1, resultantes do aumento das doses dos adubos verdes e das densidades populacionais de feijão-caupi, influenciaram positivamente a competição intra e interespecífica das culturas de cenoura e feijão-caupi, proporcionando, assim, melhor aproveitamento dos recursos ambientais e, conseqüentemente, consórcios mais vantajosos do que seus monocultivos. A RC informa o grau exato de competição ao indicar o número de vezes que a espécie dominante é mais competitiva do que a espécie dominada (Eskandari & Ghanbari, 2010). Portanto, é importante ressaltar que os valores da RC e da PRR fornecem informações precisas sobre a competição entre culturas companheiras em sistemas de consórcio, tanto intra quanto interespecífica (Dhima *et al.*, 2007). Assim, os valores obtidos em relações competitivas mostram a capacidade de usar recursos de forma mais eficiente, como luz, nutrientes e água (Nunes *et al.*, 2018).

Este resultado superior a 1 reforça a complementaridade entre as culturas componentes, mostrando que elas foram capazes de superar tanto a competição intra quanto interespecífica, promovendo vantagens ao sistema de cultivo consorciado quando comparado ao sistema de monocultivo. Um dos desafios do cultivo consorciado de uma hortaliça tuberosa como a cenoura

com uma leguminosa como o feijão-caupi é reconhecer se há vantagem agrônômica e biológica (decorrente da competição) nessa associação. A partir desses índices, é possível obter o grau adequado de competitividade entre as espécies, indicando o número de vezes que a espécie dominante é mais eficiente do que a espécie dominada no uso dos recursos ambientais disponíveis.

3.2 VANTAGENS ECONÔMICAS

Nos indicadores econômicos, renda bruta (RB), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL), não foram observadas interações significativas entre as doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* incorporadas ao solo e as densidades populacionais do feijão-caupi (Tabela 5).

Tabela 5. Valores de F para renda bruta (RB), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) da cenoura consorciada com feijão-caupi e para as regressões desses indicadores sob doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades de plantas de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025

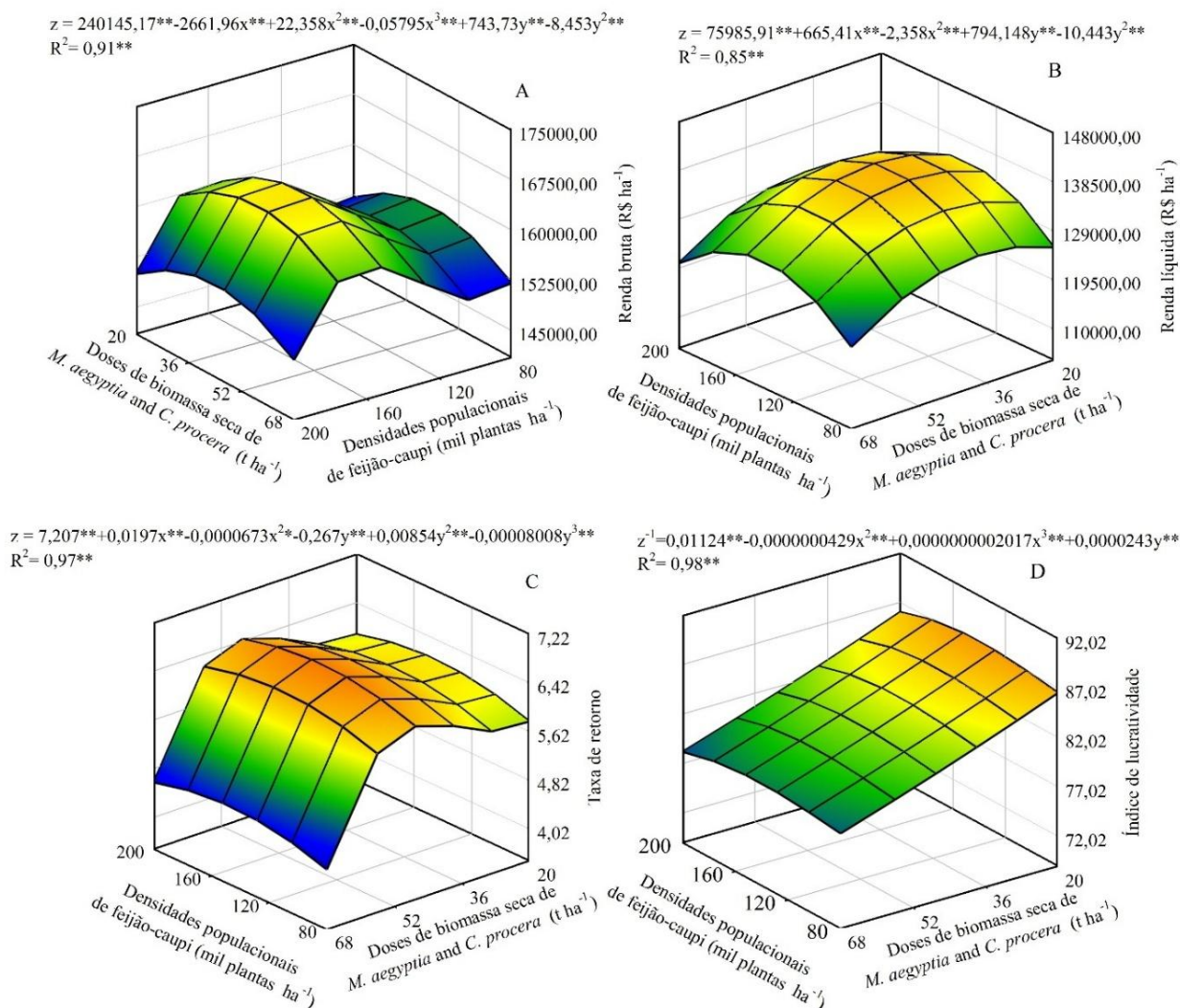
Fontes de variação	GL	RB	RL	TR	IL
Blocos	3	5,02**	2,90*	0,96*	4,91**
Doses de biomassa de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> (D)	3	2,01 ^{ns}	8,69**	74,08**	233,1**
Densidades populacionais de feijão-caupi (P)	3	5,72**	9,20**	3,21*	6,48**
D × P	9	0,13 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,68 ^{ns}	1,03 ^{ns}
Regressão		19,72**	15,23**	83,18**	271,24**
Erro	45	60625124	33929724	0,12882264	0,8115866
CV (%)		4,98	4,50	6,15	1,09

Fonte: Elaboração própria (2025). ** e ns - Significativo em $p \leq 0,01$ e não significativo em $p > 0,05$ pelo teste F; CV - Coeficiente de variação.

Uma superfície de resposta foi ajustada para cada indicador econômico em função dos fatores tratamentos, doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi, apresentando valores máximos para a de RB e RL de 165.657,79 e 138.016,67 R\$ ha⁻¹ obtidos na combinação de 43,99 e 38,02 t ha⁻¹ de biomassa dos adubos verdes nas densidades populacionais de 164 e 141 mil plantas de feijão-caupi ha⁻¹, respectivamente (Figuras 6A e 6B). Para os indicadores TR e IL, os valores máximos obtidos foram de R\$ 6,64 para cada real investido e de 87,42% de lucro, nas quantidades equitativas de

42,56 e 20 t ha⁻¹ dos adubos verdes adicionados ao solo nas densidades populacionais de 165 e 142 mil plantas de feijão-caupi ha⁻¹, respectivamente (Figuras 6C e 6D).

Figura 6. Renda bruta (RB) (A), renda líquida (RL) (B), taxa de retorno (TR) (C) e índice de lucratividade (IL) (D) da cenoura consorciada com feijão-caupi em doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.



Fonte: Elaboração própria (2025). *, ** - Significativo em $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F

Como pode ser observado, os valores da RB, RL, TR e IL se elevaram com o aumento das doses dos adubos verdes e densidades populacionais de feijão-caupi (Figura 6). Essa harmonia de comportamento provavelmente se deve aos custos totais de produção de cada tratamento testado.

A análise econômica em sistemas consorciados visa a complementar a avaliação dos índices agrônômicos e de competição, pois leva em consideração, além da produção física das culturas que compõem os sistemas consorciados, o preço dos produtos com base em sua classificação comercial, qualidade e época de cultivo. É uma ferramenta importante para

produtores de hortaliças tuberosas (como cenoura) com leguminosas (como feijão-caupi) considerarem na implementação e avaliação de seus sistemas consorciados.

Os indicadores econômicos, renda líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade são de capital importância na avaliação de sistemas consorciados, pois dependem dos custos totais de produção, ou seja, são padronizados e estimados em termos de custos totais. Quanto maiores forem seus valores, maiores serão os benefícios agrobioeconômicos dos sistemas consorciados avaliados.

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, os indicadores econômicos avaliados mostram que o consórcio entre a hortaliça tuberosa cenoura e o feijão-caupi, quando há adubação com as espécies espontâneas do bioma Caatinga *M. aegyptia* e *C. procera* em densidade adequada de cultivo de feijão-caupi, é altamente promissor para a região semiárida, pois converte benefícios agrobiológicos em eficiência econômica. Portanto, esse consórcio é visto como um sistema de produção eficiente e altamente econômico, pois aumenta a produção por unidade de área e melhora a eficiência do uso dos recursos ambientais.

4 CONCLUSÕES

Os maiores retornos agrobioeconômicos do consórcio cenoura × feijão-caupi verde foram obtidos com a RET de 1,83, IEP de 0,97, Z de 2,90, RC de 2,43, PRR de 1,71, RB de R\$ 165.657,79 ha⁻¹, RL de R\$ 138.016,67 ha⁻¹ e TR de 6,64, para cada real investido nas combinações de biomassa dos adubos verdes e densidades de feijão-caupi de 47,12 e 156; 68,00 e 124; 48,62 e 145; 52,48 e 188; 47,93 e 150; 43,99 e 164; 38,02 e 141 e 42,56 t ha⁻¹ e 165 mil plantas por hectare, respectivamente.

No estudo, a cenoura foi a cultura dominante e o feijão-caupi foi a cultura dominada. A utilização da biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera*, espécies nativas do bioma Caatinga, se mostrou uma tecnologia agronomicamente eficiente e economicamente viável para sistemas de cultivo consorciado de cenoura e feijão-caupi em ambientes semiáridos, contribuindo para a sustentabilidade do manejo agrícola nessa região.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE FILHO, F. C. de. *et al.* Agro-economic viability from two croppings of broadleaf vegetables intercropped with beet fertilized with roostertree in different population densities. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**, v. 52, n. 1, p. 210-224, 2020.
- BECK, H. E. *et al.* Data descriptor: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution, **Scientific Data**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>.
- BEZERRA NETO, F. *et al.* Evaluation of yield advantage indexes in carrot-lettuce intercropping systems. **Interciencia**, v. 35, n. 1, p. 59-64, 2010. DOI: <https://doi.org/0378-1844/10/01/059-05>.
- BEZERRA NETO, F. *et al.* Assessment of agroeconomic indices in polycultures of lettuce, rocket and carrot through uni-and multivariate approaches in semi-arid Brazil. **Ecological Indicators**, v. 14, n. 1, p. 11-17, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.07.006>.
- BEZERRA NETO, F. *et al.* Agro-bioeconomic feasibility of immature cowpea and beet cultivar combinations in a semi-arid environment. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 1, p. 70-79, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n108rc>.
- CARVALHO, F. W. A. *et al.* Optimum plot size of planting and bio-agroeconomic revenues from arugula-carrot intercropping systems in a semi-arid region. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, v. 90, n. 4, p. 3493-3512, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820170461>.
- CECÍLIO FILHO, A. B. *et al.* Economic analysis of the intercropping of lettuce and tomato in different seasons under protected cultivation. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 326-336, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000300015>.
- CECÍLIO FILHO, A. B. *et al.* Indices of bio-agroeconomic efficiency in intercropping systems of cucumber and lettuce in greenhouse. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 12, p. 154-164, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3316/informit.769173183488566>.
- CHAVES, A. P. *et al.* Cowpea and beet intercropping agro-economic dynamics under spatial arrangement and cowpea population density. **Horticultura Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 192-203, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620200212>.
- CHAVES, A. P. *et al.* Bio-agroeconomic returns in beet-cowpea intercropping by optimization of population densities and spatial arrangements. **Acta Scientiarum-Agronomy**, v. 44; n. 1; p. e55146, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v44i1.55146>.
- DESRVINES, R. P. *et al.* Optimized production of immature cowpea under green manuring in a semi-arid environment. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 3; p. 606-617, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n311rc>.

DHIMA, K. V.; A. S. *et al.* Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. **Field Crops Research**, v. 100, n. 2-3, p. 249-256, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.07.008>

EMPARN - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. **Armazenamento de forragens para a agricultura familiar**. Natal: Emparn, 2004. 38p.

ESKANDARI, H. & GHANBARI, A. Environmental resource consumption in wheat (*Triticum aestivum*) and bean (*Vicia faba*) intercropping: Comparison of nutrient uptake and light interception. **Notulae Scientia Biologicae**, v. 2, n. 3, p. 100-103, 2010. DOI: <https://doi.org/10.15835/nsb234787>.

FAVACHO, F. S. *et al.* Productive and economic efficiency of carrot intercropped with cowpea-vegetable resulting from green manure and different spatial arrangements. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 337-346, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170039>.

FERREIRA, R. C. *et al.* Biomass use of *Merremia aegyptia* and *Calotropis procera* in coriander cultivation in semiarid environment. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 3, p. 595-605, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n310rc>.

FREITAS, I. A. S. *et al.* Productivity and optimized economic efficiency of carrot roots in monocropping under green manuring. **Revista Caatinga**, v. 36, p. 572-584, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n310rc>.

GEBRU, H. A review on the comparative advantages of intercropping to mono-cropping system. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, v. 5, n. 9, p. 1-13, 2015.

LABIMC – Laboratório de Instrumentação Meteorologia e Climatologia. **Estação Meteorológica Automática (EMA)**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), 2022. Disponível em: <https://usinasolar.ufersa.edu.br/dados-emas/>. Acesso em: 11 abr. 2024.

LANA, M. M.; VIEIRA, J. V. **Fisiologia e manuseio pós-colheita de cenoura**. Brasília, DF: (Circular Técnica, 21), EMBRAPA, 2000. 16 p.

LANNA, N. B. L.; SILVA, P. N. L.; COLOMBARI, L. F.; CORRÊA, C. V.; CARDOSO, A. I. I. Residual effect of organic fertilization on radish production. **Horticultura Brasileira**, v. 36, p. 47-53, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-053620180108>.

LINO, V. A. S. *et al.* Beet-arugula intercropping under green manuring and planting density induce to agro-economic advantages. **Horticultura Brasileira**, v. 39, n. 4, p. 432- 443, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20210413>.

LINHARES, P. C. F. *et al.* Quantidades e tempos de decomposição da jitrana no desempenho agrônômico do coentro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 2, p. 243-248, 2012.

LIU, X. *et al.* Relationships among light distribution, radiation use efficiency and land equivalent ratio in maize-soybean strip intercropping. **Field Crops Research**, v.224, p.91-101, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2018.05.010>.

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. Viçosa: Editora UFV, 2015.

NUNES, R. L. C. *et al.* Agro-economic responsiveness of radish associations with cowpea in the presence of different amounts of *Calotropis procera*, spatial arrangements and agricultural crops. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 4, p. 350-364, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-70542018424010318>.

NUNES, R. L. C. *et al.* Biological and economic efficacy of cowpea-radish association fertilized with organic manure in diverse planting arrangements. **Research, society and development**, v. 10: p. e133101119298, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19298>.

PASSOS, F. D. A. *et al.* Produtividade de milho em diferentes populações de plantio. **Revista Cultivando o Saber**, v. 12, p. 1-11, 2019.

PEREIRA, M. F. S. *et al.* Productive performance of cowpea-radish intercroppings under different amounts of rooster tree biomass incorporated into the soil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 11, p. 965-971, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n11p965-971>.

PINTO, C. M.; PINTO, O. R. O. Avaliação da eficiência biológica e habilidade competitiva nos sistemas de consorciação de plantas. **Enciclopédia biosfera**, v. 8, n. 14, p. 102-122, 2012. <https://www.conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3844>.

RANGEL, E. S. & NASCIMENTO, M. T. Ocorrência de *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae) como espécie invasora de restinga. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 3 p. 657-663, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062011000300019>.

RIBEIRO, G. M. *et al.* 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. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n404rc>.

SÁ, J. M. *et al.* Agro-economic efficiency in radish-arugula intercropping as a function of green manuring and population density. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, p. 1-21, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14867>.

SANTOS, M. A. L. *et al.* Coeficiente de cultivo para cenoura sob a perspectiva de diferentes modelos matemáticos da evapotranspiração de referência. **Irriga**, v. 26, n. 1, p. 134-150, 2021. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2021v26n1p134-150>.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Versão ampliada. Brasília: Embrapa, 2018.

SAS Institute Inc. **SAS/IML® 14.1 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc, 2015

SILVA, A. F. A. *et al.* Agronomic performance in radish fertilised with *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. in two growing seasons. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 328-336, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170038>.

SILVA, I. N. *et al.* Green manure and spatial arrangement in the sustainability improvement of lettuce-beet intercrops. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 7, p. 451-457, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n7p451-457>.

SILVA, J. N. *et al.* Sustainability of carrot-cowpea intercropping systems through optimization of green manuring and spatial arrangements. **Ciência Rural**, v. 51, n. 1, p. e20190838, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190838>.

SYSTAT SOFTWARE I. N. C. **Table curve 3D Academic Edition**. San Jose: Systat Software Inc., 2021.

ZHANG, W. *et al.* Temporal and spatial distribution of roots as affected by interspecific interactions in a young walnut/wheat alley cropping system in northwest China. **Agroforestry Systems**, v. 89, n. 1, p. 327-343, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9770-x>.

CAPÍTULO 3 - QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE RAÍZES DE CENOURA E DE GRÃOS DE FEIJÃO-CAUPI VERDES EM CONSÓRCIO SOB ADUBAÇÃO VERDE E DENSIDADES POPULACIONAIS

RESUMO

A adoção de sistemas de produção consorciados que maximizem a produtividade, reduzam perdas e melhorem a qualidade pós-colheita dos produtos é essencial na agricultura familiar. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade pós-colheita dos produtos e os parâmetros de cor no consórcio cenoura-feijão × caupi em doses equitativas de biomassa de *Merremia aegyptia* e *Calotropis procera* (20, 36, 52 e 68 t ha⁻¹, base seca) e em densidades de feijão-caupi (80, 120, 160 e 200 mil plantas ha⁻¹), durante dois cultivos em ambiente semiárido. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 4×4, com quatro repetições. As cultivares plantadas foram a cenoura 'Brasília' e o feijão-caupi 'BRS Tumucumaque'. Os melhores parâmetros de cor, em termos de *a**, *b** e *L** de raízes de cenoura alaranjada, que são bem apreciados pelos consumidores, foram obtidos nas combinações de doses equitativas de biomassa dos adubos verdes e densidades populacionais de feijão-caupi de 32,74 e 95; 27,62 e 109 e 38,85 t ha⁻¹ e 146 mil plantas por hectare, respectivamente. Os maiores valores dos compostos bioativos nos grãos de feijão-caupi verdes em termos de carotenoides totais e clorofila total, bem como teores de potássio, fósforo e sódio de 0,82 µg g⁻¹, 4,15 mg 100g⁻¹ e 14,84; 6,10 e 0,26 g kg⁻¹, respectivamente, foram obtidos nas combinações das doses de biomassa dos adubos verdes e densidades de feijão-caupi de 47,64 e 139; 36,23 e 140; 38,41 e 103; 47,58 e 80 e 46,66 t ha⁻¹ e 133 mil plantas por hectare, respectivamente. A adubação verde com as espécies espontâneas *M. aegyptia* e *C. procera* em doses adequadas e densidade populacional apropriada de feijão-caupi promoveu qualidade nos produtos do consórcio cenoura × feijão-caupi.

Palavras-chave: *Calotropis procera*. *Daucus carota* (L.). *Merremia aegyptia*. Qualidade pós-colheita. *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

CHAPTER 3- POST-HARVEST QUALITY OF CARROT ROOTS AND GREEN COWPEA GRAINS IN INTERCROPPING UNDER GREEN MANURING AND POPULATION DENSITIES

ABSTRACT

The adoption of intercropping systems that maximize productivity, reduce losses and improve postharvest quality of products is essential in family farming. Thus, the objective of this study was to evaluate the post-harvest quality of products and color parameters in the carrot × cowpea intercrop at equitable doses of *Merremia aegyptia* and *Calotropis procera* biomass (20, 36, 52, and 68 t ha⁻¹, on a dry basis) and at cowpea densities (80, 120, 160, and 200 thousand plants ha⁻¹), during two cultivations in a semiarid environment. The experimental design used was randomized blocks, with treatments arranged in a 4 × 4 factorial scheme, with four replicates. The cultivars planted were carrot 'Brasília' and cowpea 'BRS Tumucumaque'. The best color parameters, in terms of *a**, *b** and L* of orange carrot roots, which are well appreciated by consumers, were obtained in the combinations of equitable doses of green manures biomass and cowpea population densities of 32.74 and 95; 27.62 and 109 and 38.85 t ha⁻¹ and 146 thousand plants per hectare, respectively. The highest values of bioactive compounds in green cowpea grains in terms of total carotenoids and total chlorophyll, and potassium, phosphorus and sodium contents of 0.82 µg g⁻¹, 4.15 mg 100 g⁻¹ and 14.84; 6.10 and 0.26 g kg⁻¹, respectively, were obtained in the combinations of green manures biomass doses and cowpea densities of 47.64 and 139; 36.23 and 140; 38.41 and 103; 47.58 and 80 and 46.66 t ha⁻¹ and 133 thousand plants per hectare, respectively. Green manuring with the spontaneous species *M. aegyptia* and *C. procera* in adequate doses and appropriate population density of cowpea promoted quality in the products of the carrot × cowpea intercropping.

Keywords: *Calotropis procera*. *Daucus carota* (L.). *Merremia aegyptia*. Post-harvest quality. *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

1 INTRODUÇÃO

O cultivo consorciado de cenoura com feijão-caupi vem crescendo em importância social no Nordeste brasileiro, principalmente em termos agroecológicos, apresentando diversas vantagens nos aspectos produtivos, nutricionais, econômicos e ambientais. Com essa prática, busca-se alcançar maior produção por área pela combinação de plantas que aproveitam espaço, nutrientes e luz solar, além dos benefícios que uma planta traz para a outra no controle de plantas daninhas, pragas e doenças (Bezerra Neto *et al.*, 2019). A composição química das raízes de cenoura e dos grãos de feijão-caupi verde é influenciada por fatores genéticos e condições de cultivo como sistemas de cultivos e épocas de plantio (Ferreira *et al.*, 2011), além de adubações e densidades de plantio das culturas componentes.

Um dos grandes desafios para o sucesso do sistema de cultivo consorciado envolve a escolha das culturas e o manejo adequado dos fatores de produção, adubação e densidade populacional das culturas. Nesse sistema de cultivo, as exigências nutricionais das culturas componentes aumentam, e para que a competição entre essas plantas não seja considerada prejudicial é fundamental que elas sejam consideradas companheiras, de modo que a competição por nutrientes, espaço e luz seja reduzida, além de não apresentarem efeitos alelopáticos de uma cultura sobre a outra (Guerra *et al.*, 2021). Diante disso, uma das perguntas que tem sido feita é se há qualidade pós-colheita nos produtos das culturas.

Uma das formas de suprir essa necessidade é por meio do uso da adubação verde com biomassa de espécies espontâneas do bioma Caatinga, como a jitrana (*Merremia aegyptia*) e a flor-de-seda (*Calotropis procera*). Segundo Linhares *et al.* (2012), essas espécies possuem qualidades que favorecem o seu uso como adubos verdes, pois, além de possuírem nutrientes em quantidades significativas, produzem grande quantidade de biomassa e possuem baixa relação C/N, possibilitando, assim, decomposição mais rápida e a liberação de nutrientes às plantas. Essas espécies, quando utilizadas em doses adequadas, mantêm o equilíbrio entre os teores de açúcares e ácidos, além de melhorar o potencial de armazenamento, porém o excesso de nutrientes pode reduzir o potencial de armazenamento do produto produzido no período pós-colheita (Cuquel & Hadlich, 2004).

Outra forma de satisfazer as exigências de qualidade dos produtos das culturas consorciadas é a utilização de densidades populacionais adequadamente otimizadas. Sabe-se que esse fator de produção induz uma série de alterações na arquitetura da planta, no crescimento e desenvolvimento vegetal e na produção e distribuição de fotoassimilados. Essas alterações

precisam ser conhecidas com mais detalhes para determinar a eficiência produtiva do sistema e a qualidade dos produtos produzidos pelas culturas (Bezerra Neto *et al.*, 2005).

Estudando os índices pós-colheita do sistema consorciado rúcula-beterraba em função das doses de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* em diferentes densidades populacionais de rúcula, Lino *et al.* (2023) registraram os melhores índices pós-colheita de rúcula quando esta foi adubada com doses de biomassa dos adubos verdes de 20, 20 e 65 t ha⁻¹ na densidade populacional de 1.000.000 de plantas ha⁻¹, ao passo que a beterraba apresentou os melhores índices com doses dos adubos verdes de 65, 41, 36 e 40 t ha⁻¹ na densidade de rúcula de 1.000.000 de plantas ha⁻¹.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar atributos de qualidade pós-colheita de raízes de cenoura e de grãos de feijão-caupi verdes em cultivos consorciados, sob adubação verde com doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi em ambiente semiárido.

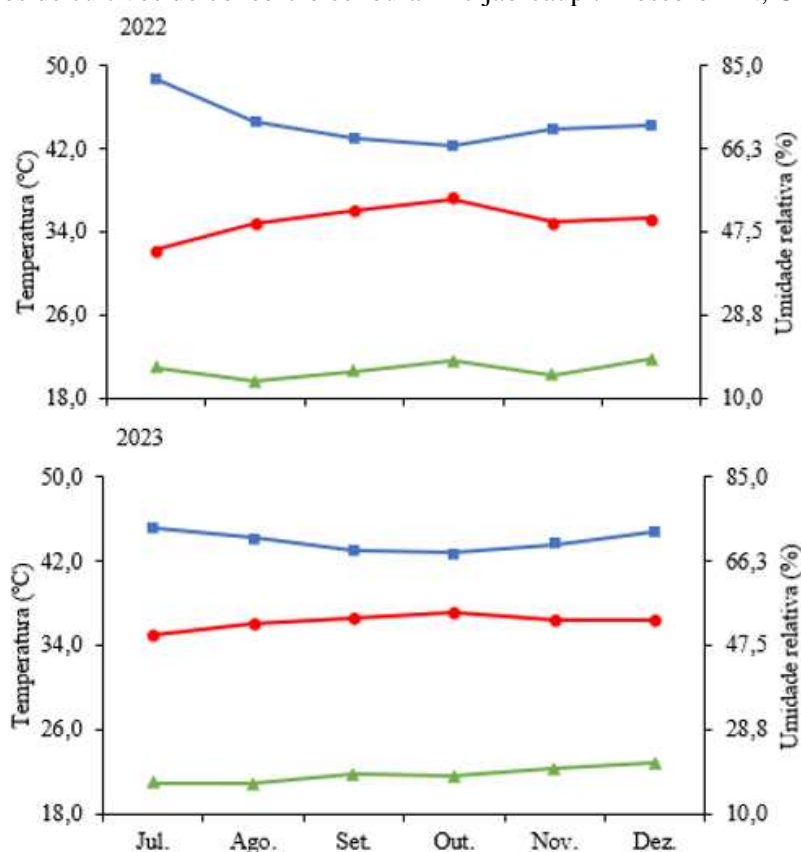
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CLIMA, SOLO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foram conduzidos dois experimentos no período de julho a dezembro de 2022 e 2023, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no distrito de Lagoinha, nas coordenadas geográficas 5° 03' 37" de latitude sul, 37° 23' 50" de longitude oeste e altitude aproximada de 80 m.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é seco e muito quente (BSh), com duas estações distintas: uma estação seca, que ocorre geralmente de junho a janeiro, e uma estação chuvosa, de fevereiro a maio (Beck *et al.*, 2018). Durante o período de desenvolvimento e crescimento das culturas, os dados meteorológicos diários médios de temperaturas e umidade relativa registrados estão apresentados na Figura 1 (LABIMC, 2022).

Figura 1. Dados climáticos diários médios das temperaturas máximas e mínimas e da umidade relativa média nos anos de cultivos do consórcio cenoura × feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.



Fonte: LABIMC, 2024.

Os solos das áreas experimentais são classificados como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (Rêgo, *et al.*, 2016; Santos *et al.*, 2018). Para avaliar a fertilidade do solo, foram coletadas amostras simples de solo na profundidade de 0-20 cm, transformadas em amostra

composta e levadas para análise das características químicas, no Laboratório de Análise de Água, Solo e Tecido Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - *Campus Limoeiro do Norte*, onde os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análises químicas dos solos das áreas experimentais antes da incorporação dos adubos verdes nos cultivos de 2022 (1) e 2023 (2). Mossoró-RN, UFERSA, 2025.

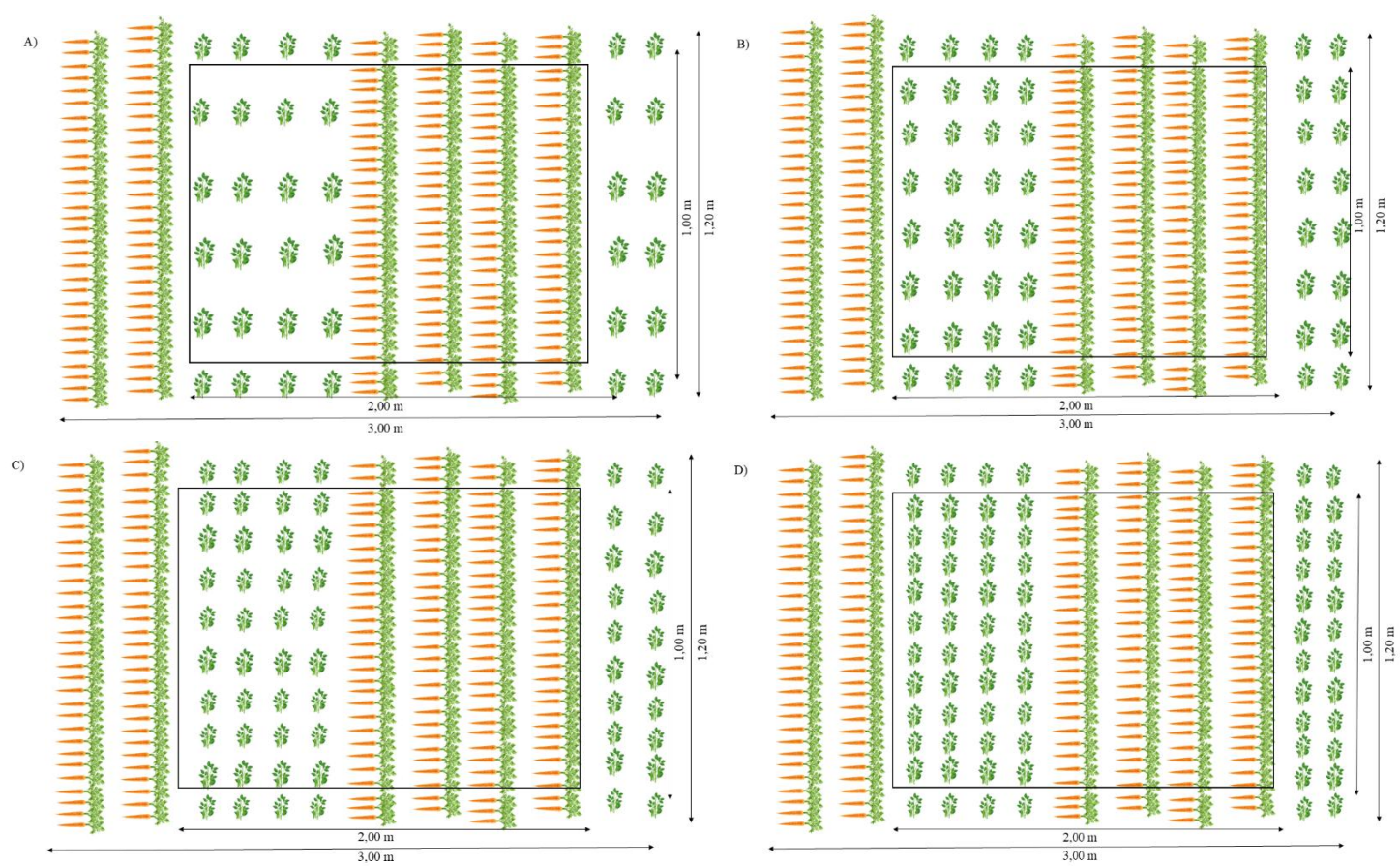
Solos	C	MO	pH	CE	K	Ca	Mg	Na	P	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	---g kg ⁻¹ ---		(H ₂ O)	dS m ⁻¹	-----mmol _c dm ⁻³ -----					-----mg dm ⁻³ -----				
1	7,20	12,41	7,10	0,19	1,16	20,10	6,10	0,43	7,00	0,20	6,80	12,70	7,70	0,48
2	7,68	13,25	5,80	0,41	1,77	8,40	2,70	1,49	6,00	0,20	8,7	4,90	0,60	0,44

Fonte: Elaboração própria (2025). C: carbono; MO: Matéria orgânica; pH: Potencial hidrogeniônico; CE: Condutividade elétrica; P: Fósforo; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; Na: Sódio; Cu: Cobre; Fe: Ferro; Mn: Manganês; Zn: Zinco; B: Boro.

O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados em esquema fatorial 4×4 , com quatro repetições. O primeiro fator testado consistiu de doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* nas doses de 20, 36, 52 e 68 t ha⁻¹ em base seca e o segundo de densidades populacionais da cultura do feijão-caupi de 80, 120, 160 e 200 mil plantas por hectare. Em cada bloco, foram plantadas duas parcelas com monocultivo de cenoura e feijão-caupi, adubadas com 49,87 e 50,48 t ha⁻¹ de biomassa dos adubos verdes, *M. aegyptia* e *C. procera*, otimizados por pesquisas na região, para obtenção de índices agrobioeconômicos (Desravines *et al.*, 2022; Freitas *et al.*, 2023).

As parcelas experimentais das culturas consorciadas foram estabelecidas em faixas alternadas, na proporção de 50% da área cultivada com cenoura e 50% da área cultivada com feijão-caupi. Em cada parcela experimental, as faixas de plantio foram compostas por quatro linhas de cada cultura, ladeadas por duas linhas de feijão-caupi de um lado e duas linhas de cenoura do outro lado, utilizadas como bordadura. A área total de cada parcela foi de 3,60 m² (3,00 m × 1,20 m), e a área de colheita foi de 2,00 m² (2,00 m × 1,00 m), como mostra a Figura 2.

Figura 2. Detalhe das parcelas de plantio do consórcio de feijão-caupi e cenoura nas densidades populacionais de feijão-caupi de 80 (A), 120 (B), 160 (C) e 200 (D) mil plantas ha⁻¹. Mossoró-RN, UFRSA, 2025.



Fonte: Elaboração própria (2025).

A área útil das parcelas consorciadas foi constituída por duas faixas centrais de plantas de cada cultura, excluindo-se as duas fileiras externas de culturas de cada lado e as duas últimas plantas de cada fileira das faixas, utilizadas como bordadura. O espaçamento utilizado no consórcio e no monocultivo de cada cultura, está representado na Tabela 2.

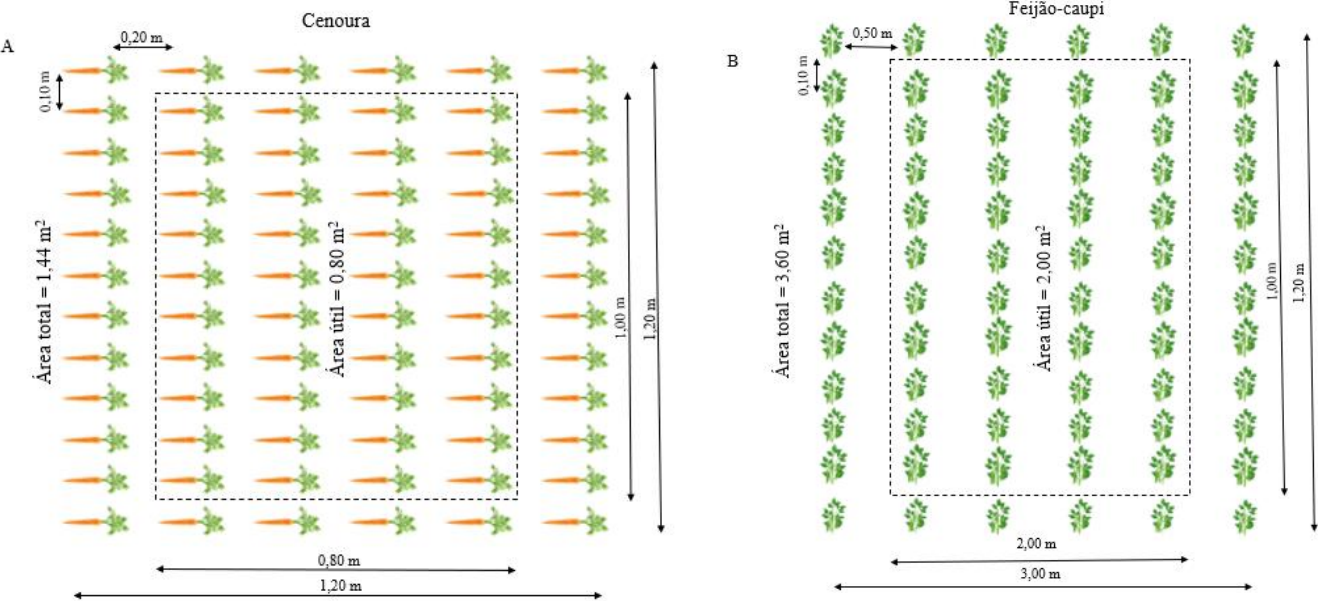
Tabela 2. Descrição das densidades populacionais e dos espaçamentos da cenoura e do feijão-caupi utilizados nos experimentos no sistema consorciado e no monocultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.

Densidade populacional das culturas no consórcio (mil plantas ha ⁻¹)		Espaçamentos (m)	
Cenoura	Feijão-caupi	Cenoura	Feijão-caupi
500	80	0,25 × 0,04	0,25 × 0,200
500	120	0,25 × 0,04	0,25 × 0,166
500	160	0,25 × 0,04	0,25 × 0,125
500	200	0,25 × 0,04	0,25 × 0,100
Densidade populacional das culturas no monocultivo (mil plantas ha ⁻¹)			
Cenoura	500	0,20 × 0,10	
Feijão-caupi	200		0,50 × 0,10

Fonte: Elaboração própria (2025).

O monocultivo da cenoura foi implantado em uma área total de 1,44 m² (1,20 m × 1,20 m), contendo seis linhas, e uma área útil de 0,80 m² (0,80 m × 1,00 m), contendo quatro linhas, no espaçamento de plantio de 0,20 m × 0,10 m. Por sua vez, o monocultivo do feijão-caupi foi implantado em uma área total de 3,60 m² (3,00 m × 1,20 m), contendo seis linhas, e uma área útil de 2,00 m² (2,00 m × 1,00 m), contendo quatro linhas, no espaçamento de 0,50 m × 0,10 m. A colheita das culturas, tanto no sistema consorciado quanto no monocultivo, foi realizada nas quatro linhas centrais da cultura, excluindo-se as linhas laterais, bem como a primeira e a última planta de cada linha da cultura, consideradas bordaduras (Figura 3).

Figura 3. Detalhe das parcelas dos monocultivos da cenoura (A) e do feijão-caupi (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2025.



Fonte: Elaboração própria (2025).

2.2 MANEJO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Com o auxílio de um trator com arado acoplado, foi realizada a limpeza mecânica das áreas experimentais, seguida do levantamento mecanizado dos canteiros com rotoencanteirador. Posteriormente, foi realizada a solarização pré-plantio com plástico transparente do tipo Vulca Brilho Bril Flex® (30 micras) por 30 dias para controle de nematoides e fitopatógenos no solo (Sá *et al.*, 2021).

Após o período de solarização, os adubos verdes foram incorporados ao solo em duas etapas. Primeiramente, 30% das doses testadas foram incorporadas às parcelas experimentais. Vinte dias após essa primeira incorporação, as culturas foram plantadas nos dias 16 e 5 de agosto de 2022 e 2023, respectivamente. Trinta dias após o plantio, foi realizada a segunda incorporação com os 70% restantes das doses dos adubos verdes, nos dias 15 e 4 de setembro de 2022 e 2023, em sulcos abertos nas entrelinhas das plantas (Desravines, *et al.*, 2022).

A cultivar de feijão-caupi utilizada foi a “BRS Tumucumaque”, e a cultivar de cenoura foi a “Brasília”. Ambas foram semeadas em covas de aproximadamente 3 cm de profundidade, com três a cinco sementes por cova. O desbaste das culturas do feijão-caupi e da cenoura foi realizado aos cinco e dez dias após a semeadura, respectivamente. Durante todo o período de realização dos experimentos, capinas e amontoas na cenoura foram realizadas sempre que necessário. Não foi utilizado qualquer controle químico de pragas ou doenças.

A irrigação foi realizada diariamente por microaspersão, dividida em dois turnos (manhã e tarde). O volume de água fornecido foi baseado no coeficiente da cultura da cenoura (cultura principal) obtido na região (Kc médio de 0,965) (Santos *et al.*, 2021), proporcionando uma lâmina de água de aproximadamente 8 mm dia⁻¹.

Na cultura do feijão-caupi, foram realizadas três colheitas em cada ano de cultivo. No primeiro ano, a primeira colheita ocorreu em 25 de outubro de 2022, ao passo que no segundo ano foi em 13 de outubro de 2023. As colheitas subsequentes ocorreram sempre três dias após a primeira colheita. No primeiro ano, a primeira colheita do feijão-caupi ocorreu aos 70 dias após a semeadura e, no segundo ano, aos 69 dias após a semeadura. Quanto à cenoura, as colheitas ocorreram em 22 de novembro de 2022 e em 3 de novembro de 2023, exatamente aos 98 e 90 dias após a semeadura, respectivamente.

As espécies utilizadas como adubos verdes foram a jitrana (*Merremia aegyptia*) e a flor-de-seda (*Calotropis procera*), coletadas da vegetação nativa em localidades da zona rural do município de Mossoró, RN, antes do início da floração. Após a coleta dos adubos verdes, estes foram triturados em forrageira convencional para obtenção de fragmentos de 2 a 3 cm. Em seguida,

foram desidratados em temperatura ambiente até atingir 10% de umidade e, posteriormente, submetidos às análises laboratoriais. Os atributos químicos dos adubos verdes em cada ano de cultivo estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Análise química de macronutrientes da biomassa seca de *M. aegyptia* e *C. procera* incorporada ao solo no consórcio cenoura e feijão-caupi nos dois anos de cultivos. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.

Adubo verde	N	P	K	Mg	Ca	C:N
	-----g kg ⁻¹ -----					
	Cultivo 2022 (A1)					
<i>M. aegyptia</i>	20,56	2,83	37,08	7,07	19,35	25:1
<i>C. procera</i>	15,14	2,96	24,84	9,20	17,00	27:1
	Cultivo 2023 (A2)					
<i>M. aegyptia</i>	18,56	2,58	32,80	4,48	17,88	25:1
<i>C. procera</i>	14,66	1,27	31,00	5,40	11,60	27:1

Fonte: Elaboração própria (2025).

2.3 CARATERÍSTICAS AVALIADAS

As características de qualidade pós-colheita determinadas na cenoura foram avaliadas em uma amostra de 20 plantas, colhidas aleatoriamente na área útil de cada parcela e nas raízes classificadas como comerciais. E no feijão-caupi, as análises foram realizadas nos grãos verdes colhidos em 12 plantas selecionadas na área útil. O material foi encaminhado ao Laboratório de Pós-Colheita do Centro de Produção Vegetal do Semiárido da UFERSA, onde o suco das raízes de cenoura foi obtido utilizando-se um Processador Extrator de Suco Juiceman 3 em 1 JM3000, até a obtenção de 50 mL de suco, que posteriormente foi fracionado para execução de cada análise específica e a farinha dos grãos de feijão-caupi foi obtida por moagem em moinho.

Na cenoura, foram realizadas as seguintes análises: Potencial hidrogeniônico (pH), medido por meio de pHmetro de bancada modelo 016A; Teor de sólidos solúveis (SS), determinado por meio de refratômetro digital portátil modelo 104-D com correção automática de temperatura, utilizando duas gotas de suco, e os resultados expressos em °Brix; Acidez titulável (AT), avaliada por titulação utilizando uma alíquota de 1 mL de suco diluído em 49 mL de água destilada. Posteriormente, foram adicionadas duas gotas de fenolftaleína a 1% para titulação utilizando a solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) 0,99 N até atingir o ponto de viragem (rosa claro) (Instituto Adolfo Lutz, 2008). Os resultados foram expressos em % de ácido málico, calculado pela equação 1.

$$\text{Ácido málico \%} = \frac{10 \times \text{fator do ácido} \times \text{fator NaOH} \times \text{NaOH gasto (ml)}}{\text{Peso da amostra}} \quad (1),$$

O teor de açúcares solúveis totais (AST) foi determinado pelo método da antrona adaptado para a cultura, proposto por Yemn & Willis (1954). Para a determinação, uma alíquota de 1 mL do suco foi diluída em água destilada em balão volumétrico, até o volume de 100 mL. A partir desta solução, 10 µL da diluição foram adicionados a um tubo de ensaio juntamente com 950 µL de água destilada. Em seguida, os tubos foram colocados em um banho de gelo, onde permaneceram enquanto eram adicionados 2 mL da solução de antrona, sendo retirados apenas para agitar os tubos. Posteriormente, foram colocados em banho-maria fervente por oito minutos e resfriados em água gelada. Para a obtenção da curva padrão, foi utilizada solução de glicose nas concentrações de 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 35 µg L⁻¹. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 620 nm e os resultados foram expressos em (%), sendo calculados por:

$$\text{Concentração} = \frac{\text{Absorbância} \pm b}{a} \quad (2),$$

em que a e b referem-se à curva-padrão de glicose,

$$\text{Massa do material} = \left(\frac{\text{Peso da amostra (g)} \times \text{alíquota (}\mu\text{g)}}{\text{Diluição (mL)}} \right) \quad (3),$$

$$\text{AST \%} = \left(\frac{\text{Concentração} \times 100}{\text{Massa do material (}\mu\text{g)}} \right) \quad (4),$$

O teor de pigmentos carotenoides totais foi determinado na cenoura utilizando a metodologia adaptada. Foi obtido a partir de uma amostra de 0,2 g de massa fresca de cenoura adicionada a tubos de ensaio, onde foram depois adicionados 10 ml de acetona a 80%. Os tubos foram mantidos no *freezer* no escuro durante 48 horas, virando-os a cada 12 horas (Scopel *et al.*, 2011). Após este período, as leituras dos extratos foram realizadas no espectrofotômetro nas absorbâncias de 645, 652 e 663 nm para as clorofilas e 470 nm para os carotenoides (Lichtenthaler, 1987), de acordo com as equações 5, 6 e 7.

$$\text{Clorofila } a = [(12,21 \times A_{663}) - (2,81 \times A_{646})] \quad (5),$$

$$\text{Clorofila } b = [(20,13 \times A_{646}) - (5,03 \times A_{663})] \quad (6),$$

$$\text{Carotenoides total} = \left(\frac{1000 \times A_{470} - 1,82 \times \text{Cl } a - 85,02 \times \text{Cl } b}{198} \right) \quad (7),$$

onde: A = absorbância no comprimento de onda indicado; Conteúdo expresso em mg g⁻¹.

A cor das raízes de cenoura foi determinada a partir da média de cinco leituras. As leituras foram efetuadas com um colorímetro Minolta, modelo Cr-410, calibrado sobre uma superfície de porcelana branca, em condições de luminosidade e expressas nos módulos de coordenadas L*, a* e b*. L* (luminosidade) varia do branco (100) ao preto (zero); a* varia do verde (-a*) ao vermelho (+a*) e b* do azul (-b*) ao amarelo (+b*) (Ferreira & Spricigo, 2017).

Também foi determinado o teor de ácido ascórbico (vitamina C) da cenoura, quantificado por titulação segundo a metodologia proposta por Strohecker & Henning (1967). Utilizou-se uma alíquota de 1 mL do suco, que foi adicionada a um balão volumétrico e completada para 100 mL com ácido oxálico 0,5%. Dessa solução, foram retirados 5 mL e diluídos em 45 mL de água destilada. Em seguida, foi realizada a titulação até o ponto de viragem (rosa claro) com solução de Tillman previamente padronizada (2,6-dicloro-fenol indofenol sódico 0,2%) e o resultado expresso em mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹ de suco, calculado a partir das equações 8, 9 e 10:

$$\text{Massa do Material(g)} = \frac{\text{Peso da amostra (g)} \times \text{aliquota(mL)}}{\text{Diluição (mL)}} \quad (8),$$

$$\text{Concentração (mg)} = \left(\frac{\text{Volume gasto na titulação (mL)} \times \text{Fator do Tilman (}\mu\text{g)}}{1 \text{ mL}} \right) \div 1000 \quad (9),$$

$$\text{Vitamina C (mg 100g}^{-1}\text{)} = \left(\frac{\text{Concentração (mg)} \times 100}{\text{Massa do material}} \right) \quad (10),$$

Para a cultura do feijão-caupi, o teor de carotenoides total foi determinado segundo a metodologia descrita anteriormente, assim como o teor de clorofila total do feijão-caupi, segundo a equação proposta por Lichtenthaler (1987), sendo os resultados expressos em mg g⁻¹.

$$\text{Clorofila total} = [(17,3 \times A_{646}) + (7,18 \times A_{663})] \quad (11),$$

Em que: A = absorbância no comprimento de onda indicado.

Foram também determinados os teores dos minerais fósforo, potássio e sódio, tendo sido as amostras submetidas à digestão sulfúrica/peróxido de hidrogênio. O teor de fósforo foi determinado em espectrofotômetro na absorbância de 750nm, e os teores de potássio e sódio foram determinados por fotometria de chama, utilizando um aparelho modelo DM-61, marca Digimed, de acordo com os procedimentos da AOAC (2012).

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância univariada, utilizando o *software* SAS (SAS, 2015). O pressuposto da homogeneidade foi avaliado pela relação entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo dos anos de cultivos, não sendo estes maiores que 7. Dada a homogeneidade das variâncias das características avaliadas nos anos de cultivos, foi calculada uma média entre os tratamentos testados (Silva *et al.*, 2021). O teste F foi usado para verificar se houve diferença significativa ou não entre os sistemas de cultivos. Em seguida, foi realizada análise de regressão para cada variável, utilizando o *software Table Curve* (Systat Software, 2021), onde foi ajustada uma curva para estimar o comportamento de cada característica pós-colheita, em função das doses dos adubos verdes e das densidades populacionais de feijão-caupi estudadas. Os modelos de equações foram obtidos utilizando os seguintes critérios: lógica biológica da variável; significância do quadrado médio do resíduo da regressão; o alto valor do coeficiente de determinação e significância dos parâmetros da equação de regressão (Ferreira *et al.*, 2022).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. PARÂMETROS DE QUALIDADE PÓS-COLHEITA DA CULTURA DA CENOURA

Os resultados da análise de variância e de regressão dos parâmetros avaliados na cenoura, potencial hidrogeniônico (pH), teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), e os teores de açúcares solúveis totais (AST), de vitamina C e de carotenoides totais (CT) estão apresentados na Tabela 4. Foi observada interação significativa entre as doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e as densidades populacionais da cultura de feijão-caupi no pH e no teor de carotenoides totais (Tabela 4).

Tabela 4. Valores de F para potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), açúcares solúveis totais (AST), e os teores de vitamina C (Vit C) e de carotenoides totais (CT) em raízes da cenoura consorciadas com feijão-caupi sob doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* incorporadas ao solo e densidades populacionais de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025

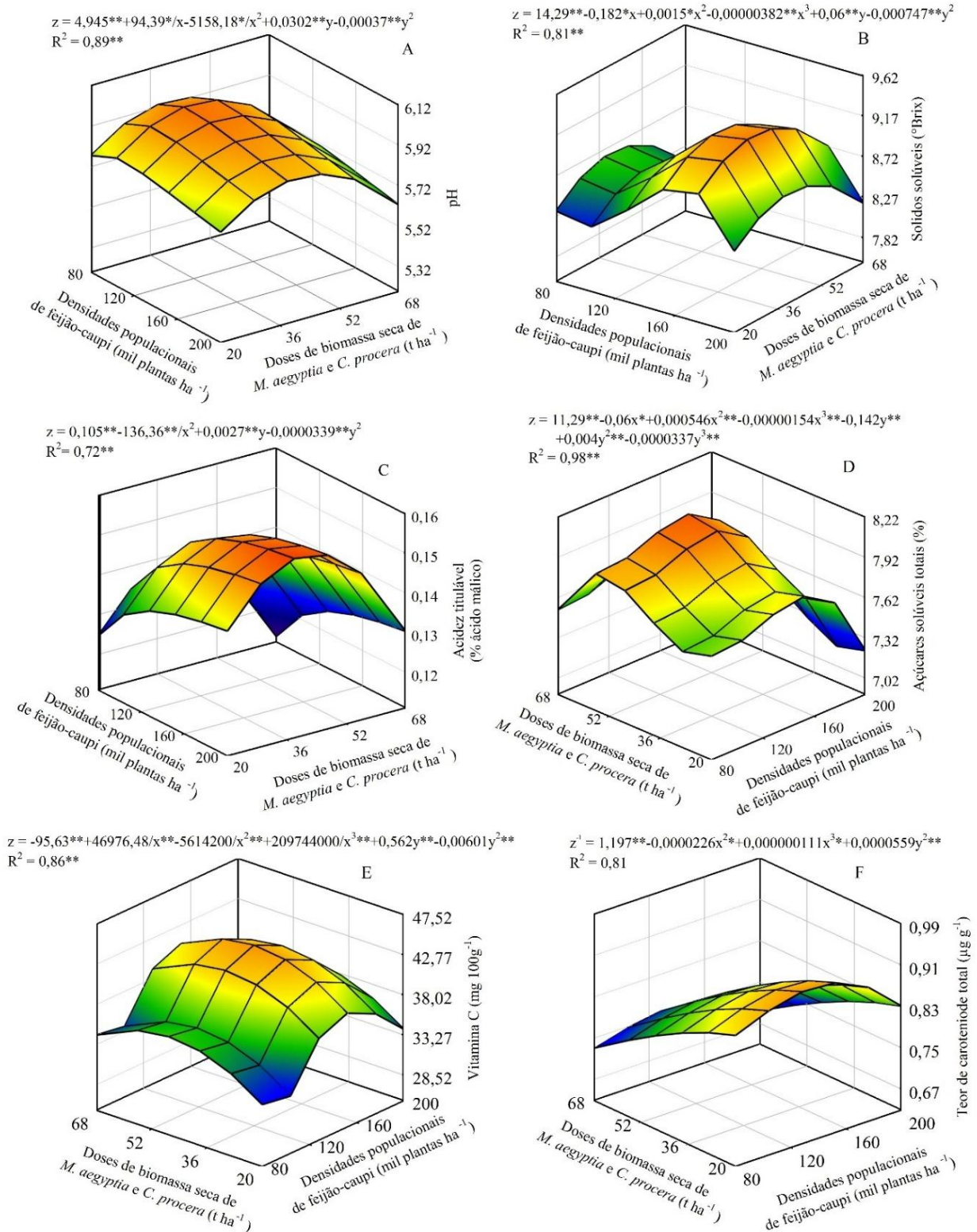
Fontes de variação	GL	pH	SS	AT	AST	Vit C	CT
Blocos	3	0,21 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,80 ^{ns}	0,34 ^{ns}
Doses de biomassa de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> (D)	3	0,65 ^{ns}	4,33**	5,40**	3,70*	2,48 ^{ns}	83,97**
Densidades populacionais de feijão-caupi (P)	3	46,95**	5,03**	5,35**	9,67**	4,43**	17,05**
D × P	9	6,54**	0,44 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,33 ^{ns}	8,06**
Monocultivo × Consórcio	1	0,76 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,04 ^{ns}	1,94 ^{ns}	0,24 ^{ns}	15,19 ^{ns}
Regressão	2	21,60**	8,54**	10,38**	58,63**	12,61**	17,01**
Erro	13	0,00221	0,04037	0,000074	0,00332	1,97008	0,00128
Sistemas de cultivos			°Brix	% ácido málico	%	mg 100g ⁻¹	mg 100g ⁻¹
Consórcio		5,82a	8,62a	0,14a	7,65a	37,74a	0,81a
Monocultivo		5,84a	8,41a	0,14a	7,91a	38,97a	0,87a
CV (%)		1,26	6,02	12,22	4,48	13,06	3,59

Fonte: Elaboração própria (2025). *, **, ns - Significativo a $p \leq 0,05$ e a $p \leq 0,01$, e não significativo a $p > 0,05$ pelo teste F; CV - Coeficiente de variação; GL - Grau de liberdade

No entanto, uma superfície de resposta foi ajustada para todos esses parâmetros pós-colheita da cenoura em função dos fatores tratamentos testados no consórcio cenoura × feijão-caupi, onde os valores máximos de pH, SS, AT, AST, vitamina C e CT de 5,99; 9,27 ° Brix; 0,16% de ácido málico, 8,07%, 43,31 mg 100 g⁻¹ e 0. 93 mg 100 g⁻¹, respectivamente, foram alcançados na combinação das dose equitativa de biomassa dos adubos verdes de 40,68; 40,51; 40,27, 53,27, 46,73 e 20 t ha⁻¹, com as densidades populacionais do feijão-caupi de 109; 168; 200, 148, 149 e 136 mil plantas por hectare, respectivamente (Figuras 4A-4F). Estudando diferentes

cultivares de cenoura em monocultivo e densidades populacionais da tuberosa em condições semiáridas, Alves *et al.* (2010) obtiveram para a cultivar Brasília os valores de 5,99; 8,63 °Brix; 5,12%; 0,16% de ácido málico e 50,15 mg 100 g⁻¹ para pH, SS, SST, AT e vitamina C, respectivamente. Comparados com os dados desta pesquisa, na qual a cenoura foi consorciada com feijão-caupi, esses valores foram semelhantes para pH e AT, um pouco abaixo dos valores de SS e SST. O valor da vitamina C (50,15 mg 100 g⁻¹) foi superior ao da pesquisa (43,31 mg 100 g⁻¹). Essas diferenças entre os valores médios desses parâmetros podem ser atribuídas ao tipo de sistema utilizado.

Figura 4. Potencial hidrogeniônico (pH) (A), sólidos solúveis totais (SS) (B), acidez titulável (AT) (C), açúcares solúveis totais (AST) (D), vitamina C (Vit C) (E) e carotenoides totais (CT) (F) em raízes de cenoura consorciadas com feijão-caupi em doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Baseados nestes resultados, observa-se que os SS, a AT e a vitamina C foram as características que mais sofreram influência das densidades populacionais do feijão-caupi, ao passo que o pH foi afetado tanto pelas doses dos adubos verdes quanto pelas densidades populacionais de feijão-caupi. Por outro lado, o teor de AST foi mais afetado pelas doses dos adubos verdes, ao passo que o teor de carotenoides foi obtido com a dose mais baixa dos adubos verdes em combinação com a densidade populacional intermédia de feijão-caupi.

Para Figueiredo Neto *et al.* (2010), as cenouras que receberam aplicação de composto orgânico, independentemente da dose em seu cultivo, apresentam maiores teores de carotenoides porque permitem que a raiz dessa hortaliça desenvolva boa quantidade de carotenoides, ideal para o consumo pós-colheita desse produto.

Os carotenoides em plantas são compostos bioativos e estão relacionados aos sistemas de defesa das plantas contra a radiação ultravioleta ou ataques de insetos ou patógenos, além de atrair polinizadores (Horst & Lajolo, 2007). De acordo com pesquisas realizadas em cenoura, o teor de caroteno aumenta com o estágio de maturação; nesse sentido, a concentração desse composto ajuda a determinar o grau de maturação das raízes. Por outro lado, Portela *et al.* (2012) relatam que fatores como clima, manejo nutricional e densidades de plantio, dentre outros, interferem na produção de açúcares e acidez dos frutos, realidade observada no presente estudo.

Para esses parâmetros, nota-se que as médias máximas foram obtidas nas doses intermediárias dos adubos verdes e que essas foram inversamente proporcionais ao aumento das doses incorporadas. Esse comportamento mostra que essas características são facilmente influenciadas por fatores como: tipo de solo, época e local de plantio, grau de maturação, colheita, dentre outros (Chitarra & Chitarra, 2005). Uma das grandes vantagens do uso de adubos orgânicos é a disponibilização dos nutrientes, que ocorre de forma mais lenta e gradual, quando comparada aos adubos minerais altamente solúveis (Zonta *et al.*, 2021).

Comparando os valores médios desses parâmetros de qualidade pós-colheita da cenoura do sistema consorciado ao monocultivo, observou-se que não houve diferença significativa entre as médias (Tabela 2). Esses resultados mostram, de modo geral, que a competição intraespecífica do sistema de monocultivo foi equivalente à competição intraespecífica e interespecífica do sistema de consórcio em termos de resposta aos parâmetros avaliados.

Observando os resultados da cenoura nesta pesquisa, também é possível registrar a eficiência na captação dos nutrientes disponibilizados pela adubação com *M. aegyptia* e *C. procera*, quando menores doses são capazes de suprir as necessidades nutricionais na obtenção dos parâmetros pós-colheita. Por outro lado, maiores densidades causaram redução dos teores desses parâmetros. Estudos comprovam que altas densidades em hortaliças podem reduzir sua

qualidade, causando redução da área foliar, devido à maior pressão de competição entre as culturas (Nichols, 1988; Alves *et al.*, 2010).

3.2 PARÂMETROS DE COR DA CENOURA

As análises de variância e de regressão dos parâmetros de cor L^* (luminosidade), a^* e b^* , das raízes de cenoura em consórcio com feijão-caupi, são apresentadas na Tabela 5. Não foi observada interação significativa entre os fatores tratamentos estudados (doses de adubos verdes e densidades populacionais de feijão-caupi) nesses parâmetros avaliados.

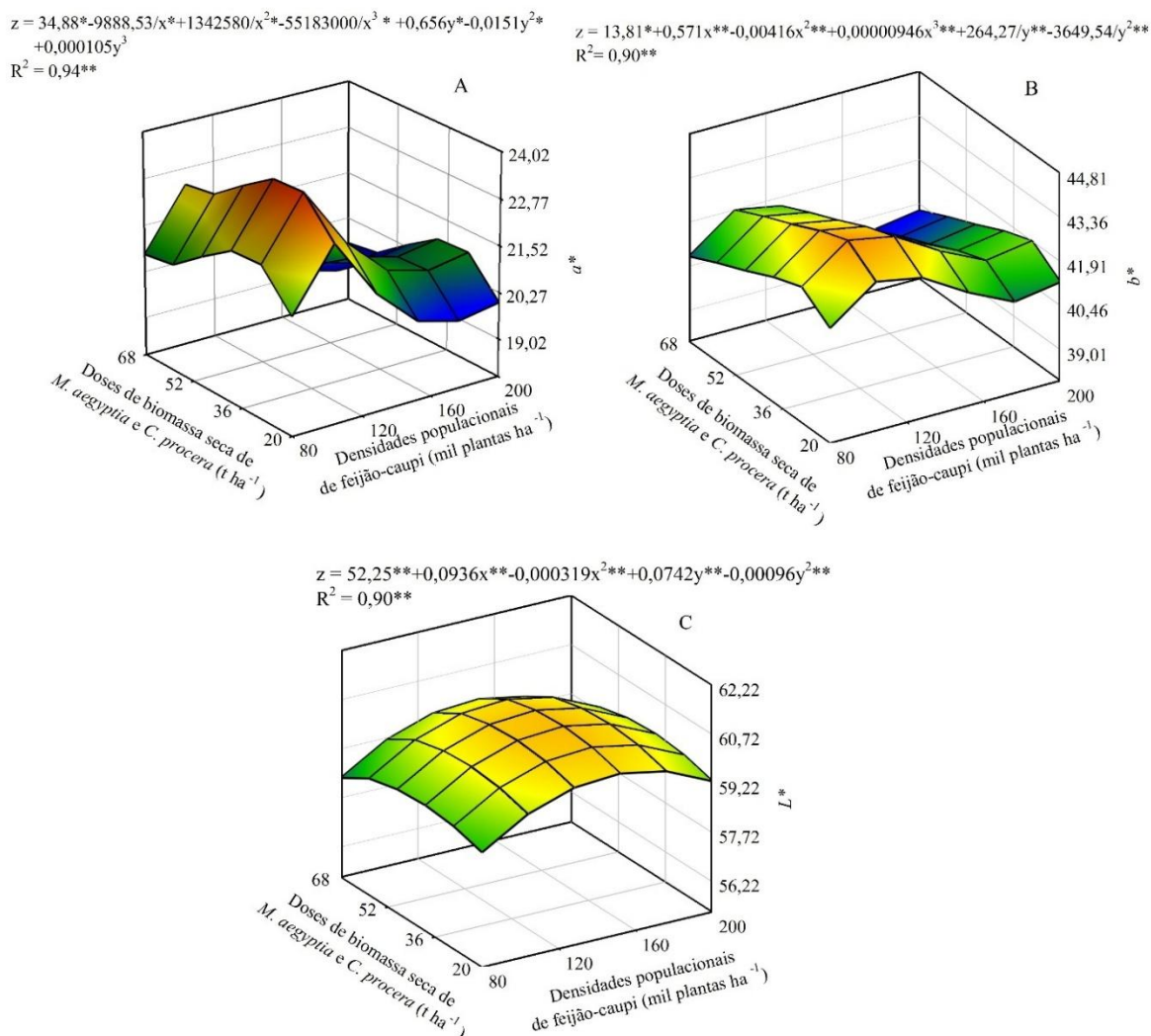
Tabela 5. Valores de F para os parâmetros de cor L^* , a^* e b^* da cenoura consorciada com feijão-caupi em doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.

Fontes de variação	GL	Parâmetros de cor		
		L^*	a^*	b^*
Blocos	3	0,89 ^{ns}	0,72 ^{ns}	2,08 ^{ns}
Doses de biomassa de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> (D)	3	1,69 ^{ns}	5,33**	5,62**
Densidades populacionais de feijão-caupi (P)	3	5,02*	11,34**	3,71*
D × P	9	0,18 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,37 ^{ns}
Monocultivo × Consórcio	1	1,67 ^{ns}	1,56 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Regressão	2	25,78**	21,95**	18,13**
Erro	13	0,06000	0,09948	0,11376
Sistemas de cultivos		L^*	a^*	b^*
Consórcio		59,57 ^a	20,82a	41,52a
Monocultivo		60,32 ^a	21,49a	41,57a
CV (%)		1,88	4,91	2,93

Fonte: Elaboração própria (2025). *, **, ns - Significativo a $p \leq 0,05$ e a $p \leq 0,01$, e não significativo a $p > 0,05$ pelo teste F; CV - Coeficiente de variação; GL - Grau de liberdade.

Foi ajustada uma superfície de resposta para os parâmetros de cor das raízes de cenoura em função dos fatores tratamentos estudados (doses de adubos verdes e densidades populacionais de feijão-caupi). Os valores máximos de a^* , b^* e L^* de 24,06, 43,66 e 60,55, respectivamente, foram alcançados nas combinações das doses equitativas de biomassa dos adubos verdes com as densidades populacionais de feijão-caupi de 32,74 e 95; 27,62 e 109 e 38,85 t ha⁻¹ e 146 mil plantas por hectare, respectivamente (Figuras 5A a 5C).

Figura 5. Parâmetros de cor a^* (A), b^* (B) e L^* (C) (luminosidade) em cenoura consorciada com feijão-caupi em doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procer*a e densidades populacionais de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.



Fonte: Elaboração própria (2025).

De acordo com os resultados, pode observar-se que o parâmetro a^* foi o mais afetado pelas doses dos adubos verdes, uma vez que seu valor máximo foi atingido numa dose intermediária dos adubos verdes, com baixa densidade populacional de feijão-caupi. O parâmetro b^* atingiu seu valor máximo numa dose e numa densidade populacional baixas. O parâmetro L^* foi o mais afetado pela densidade populacional do feijão-caupi, atingindo seu valor máximo em alta densidade e dose intermediária dos adubos verdes.

A coordenada de luminosidade é considerada um dos principais parâmetros de qualidade visual de polpas de frutas ou hortaliças, sendo que quanto maiores forem os valores de L^* , maior será a aceitabilidade pelos consumidores (Rocha & Moraes, 2003), razão pela qual é considerado um parâmetro de grande importância na análise pós-colheita. O valor L^* é um indicador útil do

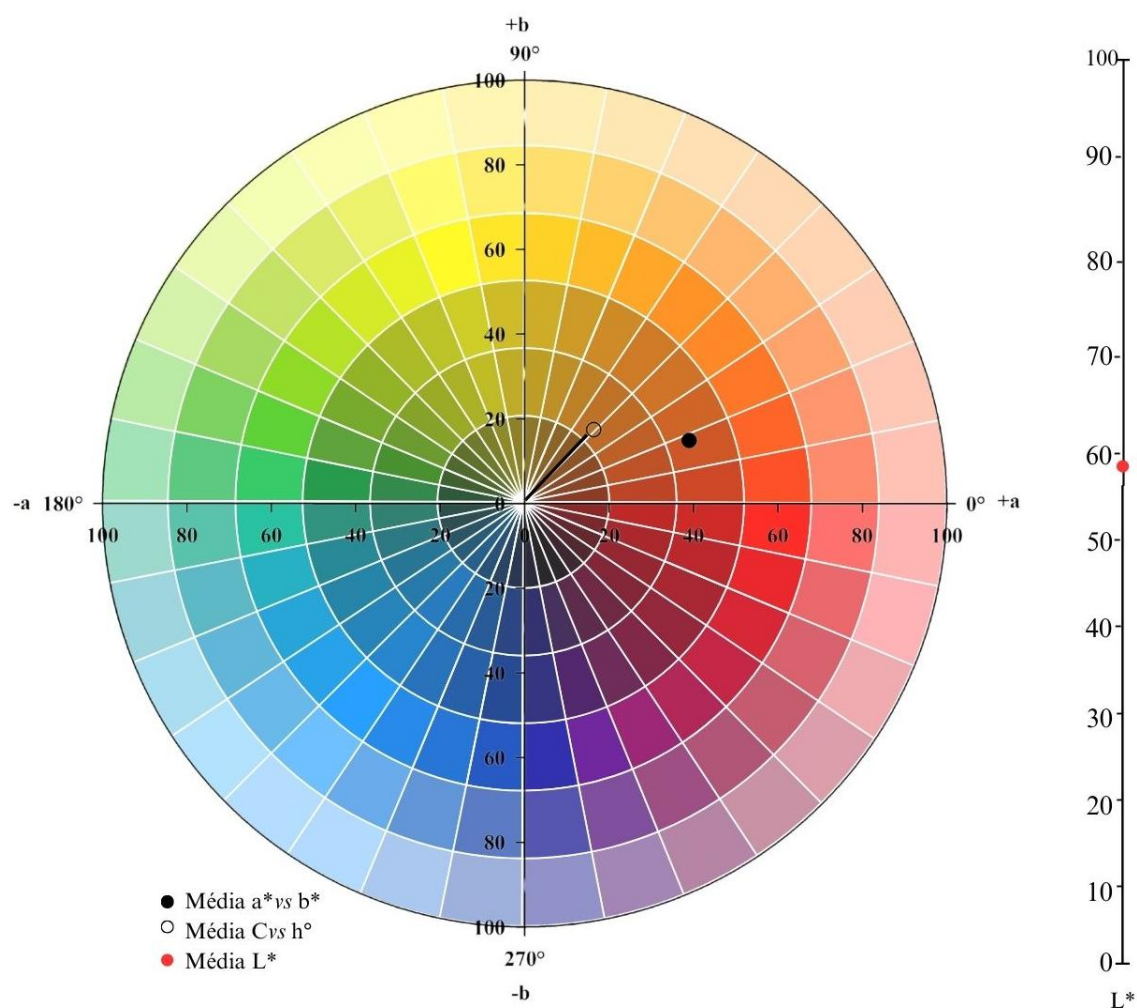
escurecimento durante o armazenamento, resultante de reações oxidativas ou do aumento da concentração de pigmentos, evidenciando a superioridade da cenoura orgânica em termos de sabor, frescura e maior resistência ao armazenamento (Botrel *et al.*, 2012).

Não foi observada diferença significativa entre as médias dos sistemas de cultivos testados, ou seja, as médias desses parâmetros no sistema de cultivo consorciado foram semelhantes às do monocultivo, implicando que a competição promovida por cada sistema se comportou de forma semelhante nos resultados desses parâmetros (Tabela 5).

Estudando cenoura orgânica e convencional submetida ao armazenamento ambiente e refrigerado com e sem embalagem, Botrel *et al.* (2012) obtiveram valores médios para L^* , a^* e b^* de 37,25, 19,92 e 41,33 em sistema orgânico, valores inferiores aos obtidos neste estudo, reafirmando a capacidade de aumentar os teores de carotenoides (cor amarela) em cenoura, por meio da aplicação de adubos orgânicos (Figueiredo Neto *et al.*, 2010).

Nos resultados das raízes de cenoura adubadas com jirirana e flor-de-seda sob densidades de feijão-caupi quando posicionadas no gradiente de cores, os valores obtidos sugerem coloração predominantemente alaranjada, que é a cor mais atrativa e mais aceita pelos consumidores da região Nordeste do Brasil (Figura 6). Esse resultado se deve aos seguintes valores médios: luminosidade (59,60), saturação de cor (46,64), ângulo hue (1,11), componente de cor vermelha ($a = 20,81$) e componente de cor amarela ($b = 41,74$). Valores positivos de a indicam coloração avermelhada, ao passo que valores negativos indicam coloração esverdeada; da mesma forma, valores positivos de b indicam coloração amarelada, ao passo que valores negativos indicam cores azuladas (Santana *et al.*, 2023).

Figura 6. Representação da seção do espaço de cores das raízes da cenoura adubadas com biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* a partir das médias das coordenadas L^* , a^* , b^* e das coordenadas C^* e h° . Mossoró-RN, UFERSA, 2025



Fonte: Elaboração própria (2025).

Sabe-se que a disponibilidade satisfatória de nutrientes oferecidos pelos adubos verdes impacta diretamente nos processos fisiológicos naturais da planta, pois desempenham papel importante nas reações bioquímicas, síntese de fotoassimilados, compostos fitoquímicos e manutenção enzimática (Taiz *et al.*, 2017), o que, em última instância, se refletirá na qualidade e na coloração das hortaliças.

3.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE PÓS-COLHEITA DA CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI

As análises de variância e de regressão dos parâmetros de qualidade dos grãos de feijão-caupi verdes em consórcio com cenoura são apresentadas na Tabela 6. Não foi observada interação significativa entre os fatores tratamentos estudados (quantidades de adubos verdes e densidades populacionais de feijão-caupi) nesses parâmetros avaliados.

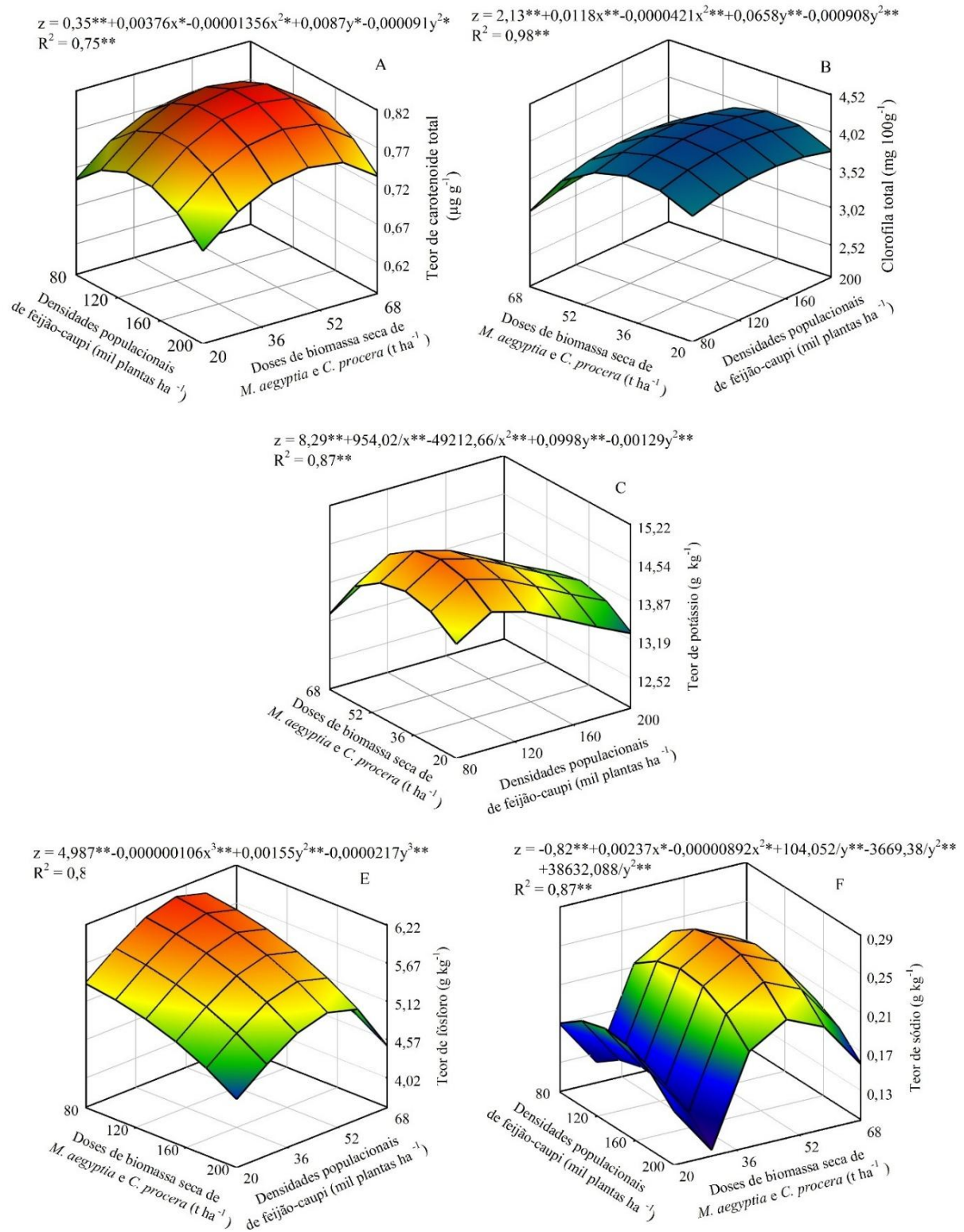
Tabela 6. Valores de F para carotenoides totais (CT), clorofila total (CLOT) e para os teores de potássio (K), fósforo (P) e sódio (Na) em grãos de feijão-caupi consorciados com cenoura em doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFRSA, 2025.

Fontes de variação	GL	CT	CLOT	K	P	Na
Blocos	3	0,19 ^{ns}	2,43 ^{ns}	1,77 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,45 ^{ns}
Doses de biomassa de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i> (D)	3	0,83 ^{ns}	6,41 ^{**}	11,86 ^{**}	11,96 ^{**}	16,39 ^{**}
Densidades populacionais de feijão-caupi (P)	3	0,79 ^{ns}	0,26 ^{ns}	8,43 ^{**}	10,83 ^{**}	6,76 ^{**}
D × P	9	0,38 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,01 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,95 ^{ns}
Monocultivo × Consórcio	1	0,22 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,82 ^{ns}	1,26 ^{ns}	4,03 ^{ns}
Regressão	2	8,46 [*]	168,99 ^{**}	17,95 ^{**}	16,79 ^{**}	13,93 ^{**}
Erro	13	0,00055	0,002890	0,06880	0,06725	0,00019
Sistemas de cultivos		μg g ⁻¹	mg 100g ⁻¹	g kg ⁻¹		
Consórcio		0,73a	3,73a	13,84a	5,33a	0,200a
Monocultivo		0,75a	4,05a	14,10a	5,03a	0,170a
CV (%)		13,01	16,79	4,10	9,00	14,15

Fonte: Elaboração própria (2025). *, **, ns - Significativo a $p \leq 0,05$ e a $p \leq 0,01$, e não significativo a $p > 0,05$ pelo teste F; CV - Coeficiente de variação; GL - Grau de liberdade.

Foi ajustada uma superfície de resposta para os parâmetros de qualidade dos grãos de feijão-caupi verdes em função dos fatores tratamentos estudados (doses de adubos verdes e densidades populacionais de feijão-caupi). Os valores máximos de carotenoides totais (CT), clorofila total (CLOT) e teores de potássio (K), fósforo (P) e sódio (Na) de 0,82 μg g⁻¹, 4,15 mg 100g⁻¹ e 14,84; 6,10 e 0. 26 g kg⁻¹, respectivamente, foram alcançados nas combinações de doses equitativas de biomassa dos adubos verdes com as densidades populacionais de feijão-caupi de 47,64 e 139; 36,23 e 140; 38,41 e 103; 47,58 e 80 e 46,66 t ha⁻¹ e 133 mil plantas por hectare, respectivamente (Figuras 7A - 7E).

Figura 7. Teores de carotenoides totais (CT) e clorofila total (CLOT), potássio (K), fósforo (P) e sódio (Na) dos grãos verdes de feijão-caupi em consórcio com cenoura adubado com doses equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Analisando os resultados obtidos para carotenoides totais, clorofila total e teores de potássio e sódio, verifica-se que estes foram afetados tanto pelas doses dos adubos verdes quanto pelas densidades populacionais de feijão-caupi, apresentando valores em níveis intermediários dos fatores tratamentos testados. Sabe-se que os pigmentos carotenoides e clorofila podem ser encontrados em todos os tecidos fotossintéticos ou não fotossintéticos. Os carotenoides, por exemplo, são responsáveis pela absorção de luz em comprimentos de onda diferentes daqueles da clorofila *a* e *b*, aumentando a eficiência da planta na captação de luz (Taiz & Zeiger, 2009; Santos *et al.*, 2011).

Para os grãos em geral, o teor de clorofila total é uma característica importante, pois indica a eficiência na absorção da radiação solar pelas folhas, favorecendo maior taxa fotossintética, que por sua vez resulta em maior produtividade de grãos (Bastos *et al.*, 2012). De acordo com Aquino *et al.* (2011), a clorofila pode ser associada a parâmetros de qualidade em grãos de feijão verde, uma vez que a alteração na coloração dos grãos está associada à perda de clorofila e, consequentemente, à perda de sua qualidade.

Estudando três cultivares de feijão-caupi verde em monocultivo, Oliveira *et al.* (2013), obtiveram médias de 3,26 mg 100 g⁻¹ de clorofila e 6,91 mg 100 g⁻¹ de carotenoide em grãos crus na cultivar BRS Tumucumaque, a mesma utilizada nesta pesquisa. Os resultados encontrados estão dentro dos valores aceitáveis para a cultivar. Sabe-se que as condições climáticas, o tipo de solo e fatores como luz e calor promovem a degradação de pigmentos como o carotenoide e a clorofila nos vegetais. Este pigmento exerce importante função biológica de proteção contra vários estresses bióticos e abióticos (Chiu *et al.*, 2010).

Não foram registradas diferenças significativas entre as médias dos sistemas de cultivos testados, ou seja, as médias dos parâmetros avaliados foram semelhantes tanto no sistema consorciado quanto no monocultivo, mostrando que o tipo de competição em cada sistema se comportou de forma semelhante nos resultados destes parâmetros de qualidade dos produtos vegetais (Tabela 6).

4 CONCLUSÕES

Densidades populacionais de feijão-caupi e aplicação de adubação verde em dose adequada no consórcio de cenoura e feijão-caupi com as espécies espontâneas *M. aegyptia* e *C. procera* aumentaram a qualidade pós-colheita dos produtos dessas hortaliças. Os melhores parâmetros de cor, em termos de a^* , b^* e L^* das raízes de cenoura alaranjadas, muito apreciados pelos consumidores, foram alcançados nas combinações de doses equitativas de biomassa dos adubos verdes com as densidades populacionais de feijão-caupi de 32,74 e 95; 27,62 e 109 e 38,85 t ha⁻¹ e 146 mil plantas por hectare, respectivamente. Os maiores valores de compostos bioativos obtidos nos grãos verdes de feijão-caupi, em termos de carotenoides totais e clorofila total, e teores de potássio, fósforo e sódio de 0,82 µg g⁻¹, 4,15 mg 100g⁻¹ e 14,84; 6,10 e 0,26 g kg⁻¹, respectivamente, foram obtidos nas combinações de doses de biomassa dos adubos verdes com as densidades de feijão-caupi de 47,64 e 139; 36,23 e 140; 38,41 e 103; 47,58 e 80 e 46,66 t ha⁻¹ e 133 mil plantas por hectare, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- ALVES, S. S.V. *et al.* Quality of carrot roots under different population densities. **Revista Ceres** v. 57, n. 2, p. 218-223, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2010000200013>.
- AQUINO, A. C. M. S. *et al.* Estudo da influência de diferentes tempos e métodos de cocção na estabilidade dos teores de clorofila e ácido ascórbico em brócolis (*Brassica oleraceae*). **Scientia Plena**. v. 7, n. 1, p. 1-6, 2011. DOI: <https://scientiaplena.org.br/sp/article/view/172>.
- ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS [AOAC]. **Official methods of analysis of AOAC international** (18. ed.). AOAC, 2012.
- BASTOS, E. A. *et al.* Parâmetros fisiológicos e produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob déficit hídrico. **Water Resources and Irrigation Management-WRIM**, v. 1, n. 1, p. 31-37, 2012.
- BECK, H. *et al.* Data descriptor: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, v. 5, n. 1, p. 180-214, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>.
- BEZERRA NETO, F. *et al.* Productive viability and profitability of carrot-cowpea intercropping using different amounts of *Calotropis procera*. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 1, p. 62-71, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n107rc>.
- BEZERRA NETO, F. *et al.* Qualidade da alface em sistema consorciado com cenoura sob diferentes densidades populacionais das culturas componentes. **Revista Caatinga**, v. 18, n. 3, p. 169-175, 2005. DOI: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237121123008>.
- BOTREL, N. *et al.* Potencial do armazenamento refrigerado para cenouras cultivadas em sistema orgânico e convencional. **Horticultura Brasileira** v. 30, n. 2, p. S7581-S7586, 2012.
- CHITARRA, M. I. F & CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005.
- CHIU, L.W. *et al.* The Purple Cauliflower Arises from Activation of a MYB Transcription Factor. **Plant Physiology**, v. 154, n. 3, p. 1470–1480, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.110.164160>.
- CUQUEL, F. L. *et al.* Pós-colheita em fruteiras de caroço. In: MONTEIRO, L. B. *et al.* **Fruteiras de caroço: uma visão ecológica**. Curitiba: UFPR, 2004. p. 317-331.
- DESRAVINES, R. P. *et al.* Optimized production of immature cowpea under green manuring in a semi-arid environment. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 3, p. 606-617, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n311rc>.
- FERREIRA, M. D. & SPRICIGO, P. C. Colorimetria-princípios e aplicações na agricultura. In: FERREIRA, M. D. (Ed.técnico). **Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2017. p. 209-220.
- FERREIRA, R. C. *et al.* Biomass use of *Merremia aegyptia* and *Calotropis procera* in coriander cultivation in semiarid environment. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 3, p. 595-605, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n310rc>.

FERREIRA, R. M. A. *et al.* Qualidade pós-colheita de cenoura durante o desenvolvimento em monocultivo e consorciada com rabanete. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 423-428, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000200023>.

FIGUEIREDO NETO, A. *et al.* Efeito do composto orgânico nas características físico químicas de cenoura “Brasília” **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 12, n. 1, p. 61-66, 2010.

FREITAS, I. A. S. *et al.* Productivity and optimized economic efficiency of carrot roots in monocropping under green manuring. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 3, p. 572-584, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n310rc>.

GUERRA, N. M. *et al.* Productive and agro-economic benefits in beet-lettuce intercropping under organic manuring and population densities. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e10510413883, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.13883>.

HORST, M. A. & LAJOLO, F. M. Biodisponibilidade de compostos bioativos de alimentos. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. São Paulo: Manole, 2007. p. 697-731.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

LABIMC – Laboratório de Instrumentação Meteorologia e Climatologia. **Estação Meteorológica Automática (EMA)**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), 2022. Disponível em: <https://usinasolar.ufersa.edu.br/dados-emas/>. Acesso em: 04 jan. 2024.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, v. 148, n. 22, p. 346-382, 1987. DOI: [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1).

LINHARES, P. C. F. *et al.* Amounts and times of decomposition of scarlet starglory on agronomic performance of cilantro. **Ciência Rural**, v. 42, n. 2, p. 243, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000200010>.

LINO, V. A. S. *et al.* Post-harvest indexes and colour parameters from arugula–beet intercropping under green manuring and population density. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 54, n. 1, p. e20228560, 2023 DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20230059>.

NICHOLS, M. A. Plant spacing to greater process vegetable crop productivity. **Acta Horticulturae**, v. 220, n. 74, p. 223-228, 1988. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1988.220.30>.

OLIVEIRA, V. R. *et al.* Perfil sensorial de cultivares de feijão sob diferentes tempos de cozimento. **Alimentos e Nutrição**, v. 24, n. 2, p. 145-152, 2013.

PORTELA, I. P. *et al.* Densidade de plantio, crescimento, produtividade e qualidade das frutas de morangueiro "Camino Real" em hidroponia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 792-798, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000300019>.

RÊGO, L. G. S. *et al.* Pedogenesis and soil classification of an experimental farm in Mossoró, state of Rio Grande do Norte, Brazil. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 4, p. 1036-1042, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n430rc>.

ROCHA, A. M. C. N. & MORAIS, A. M. M. B. Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by color changes. **Food Control**, v. 14, n. 1, p. 13-20, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(02\)00046-4](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(02)00046-4).

SÁ, J. M. *et al.* Agro-economic efficiency in radish-arugula intercropping as a function of green manuring and population density. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, p. 1-21, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14867>.

SANTANA, M. V. P. *et al.* Pós-colheita do coentro (*Coriandrum sativum* L.) sob diferentes períodos de armazenamento. **Revista de Ciências da Saúde**, v. 21, n. 2, p. 486-504, 2023.

SANTOS, E. R. *et al.* Crescimento e teores de pigmentos foliares em feijão-caupi cultivado sob dois ambientes de luminosidade. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 4, p. 14-19, 2011.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Revisada e ampliada. Brasília: Embrapa, 2018.

SANTOS, M. A. L. *et al.* Coeficiente de cultivo para cenoura sob a perspectiva de diferentes modelos matemáticos da evapotranspiração de referência. **IRRIGA**, v. 26, n. 1, p. 134–150, 2021. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2021v26n1p134-150>.

SAS Institute Inc. **SAS/IML® 14.1 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc, 2015.

SCOPEL, W. *et al.* Extração de pigmentos foliares em plantas de canola. **Unoesc & Ciência-ACET**, v. 2, n. 1, p. 87–94, 2011.

STROHECKER, R. & HENNING, H. M. **Análises de vitaminas**: Métodos comprovados. Madrid: Editora Paz Montalvo, 1967.

SYSTAT SOFTWARE INC. **Table curve 3D Academic Edition**. CA: Systat Software Inc, 2021.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed Editora. 2017.

TAIZ, L. ZEIGER; FISILOGIA VEGETAL, E. 4. edição. **Porto Alegre: Artmed**, 2009.

YEMN, E. W. & WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, v. 57, n. 3, p. 508-514, 1954.

ZONTA, E. *et al.* Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais. IN: BORGES, A. L. (org.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 263-303.

CONCLUSÃO GERAL

No cultivo consorciado de cenoura × feijão-caupi em ambiente semiárido, a cenoura desempenhou o papel de cultura dominante, ao passo que o feijão-caupi foi a cultura dominada. A máxima produtividade de raízes comerciais de cenoura foi de 22,03 t ha⁻¹, obtida com a incorporação de 20 t ha⁻¹ de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* ao solo, na densidade populacional de 130 mil plantas de feijão-caupi por hectare. Por sua vez, o feijão-caupi atingiu sua máxima produtividade de 2,47 t ha⁻¹ com 51,09 t ha⁻¹ de biomassa incorporada ao solo e densidade populacional de 200 mil plantas por hectare. As melhores vantagens agroeconômicas do sistema foram verificadas com um IPS de 23,17 t ha⁻¹, CET de 0,82 e REM de 1,23, nas combinações de 45,30 a 68,00 t ha⁻¹ de biomassa e densidades de 148 a 200 mil plantas de feijão-caupi por hectare.

A utilização de biomassa dos adubos verdes provenientes de espécies nativas do bioma Caatinga, como *M. aegyptia* e *C. procera*, revelou-se como uma tecnologia agronomicamente eficiente e economicamente viável. O sistema consorciado apresentou indicadores significativos, como RET de 1,83, IEP de 0,97, score Z de 2,90, RC de 2,43, PRR de 1,71, RB de R\$ 165.657,79 ha⁻¹, RL de R\$ 138.016,67 ha⁻¹ e TR de 6,64 para cada real investido. Além disso, o ajuste das densidades populacionais e a aplicação de doses adequadas de adubação verde contribuíram para a melhoria da qualidade pós-colheita dos produtos das culturas. Esses dados reforçam o potencial do consórcio em promover a sustentabilidade e a viabilidade econômica de sistemas agrícolas em ambientes semiáridos.

APÊNDICE

Tabela 1. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 20 t ha⁻¹ de doses equitativas de *M. aegyptia* e *C. procera* em base seca na densidade populacional de 80 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFRSA, 2025.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				17723,59	85,75
A.1. Insumos				1896,00	9,17
Sementes de cenoura (Brasília)	500g	20,00	90,00	1800,00	8,71
Sementes de feijão-caupi (Tumucumaque)	kg	12,00	8,00	96,00	0,46
A.2. Mão-de-obra				14496,00	70,13
A.2.1 Custos com adubo verde (<i>C. procera</i>)				2666,50	12,90
Corte (10 t ha ⁻¹)	d/h*	26,55	70,00	1858,50	8,99
Transporte	Frete	1,25	120,00	150,00	0,73
Trituração	d/h*	4,80	70,00	336,00	1,63
Secagem	d/h*	2,50	70,00	175,00	0,85
Ensacamento	d/h*	2,10	70,00	147,00	0,71
Custos com Adubo verde (<i>M. aegyptia</i>)				2869,50	13,88
Corte (10 t ha ⁻¹)	d/h*	28,10	70,00	1967,00	9,52
Transporte	Frete	1,25	120,00	150,00	0,73
Trituração	d/h*	6,25	70,00	437,50	2,12
Secagem	d/h*	2,50	70,00	175,00	0,85
Ensacamento	d/h*	2	70,00	140,00	0,68
A.2.2 Custos com demais serviços				8960,00	43,35
Limpeza do terreno	h/t**	1	70,00	70,00	0,34
Aração	h/t**	2	70,00	140,00	0,68
Gradagem	h/t**	2	70,00	140,00	0,68
Confecção de canteiros	d/h*	40	70,00	2800,00	13,55
Solarização dos canteiros	d/h*	6	70,00	420,00	2,03
Retirada dos plásticos	d/h*	2	70,00	140,00	0,68
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	7	70,00	490,00	2,37
Plantio feijão-caupi	d/h*	2	70,00	140,00	0,68
Plantio cenoura	d/h*	10	70,00	700,00	3,39
Desbaste feijão-caupi	d/h*	2	70,00	140,00	0,68
Desbaste cenoura	d/h*	6	70,00	420,00	2,03
Capina manual	d/h*	25	70,00	1750,00	8,47
Colheita	d/h*	15	70,00	1050,00	5,08
Transporte	d/h*	8	70,00	560,00	2,71
A.3. Energia elétrica				348,24	1,68
Forrageira	Kw/h	162,72	0,39	63,46	0,31
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	0,29	284,78	1,38
A.4. Outras despesas				120,60	0,58
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	0,58
A.5. Manutenção e Conservação				862,75	4,17
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	100,00	0,48
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	5000,00	250,00	1,21
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	512,75	2,48

	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				1846,60	8,93
B.1. Depreciação				516,60	2,50
Bobina de plástico	72	2064,00	0,50	14,33	0,07
Forrageira	120	1970,00	3,00	49,25	0,24
bomba submersa	60	2776,00	3,00	138,80	0,67
Tubos 2"	120	498,00	3,00	12,45	0,06
Poço	600	5000,00	2,00	16,67	0,08
Mangueiras	60	1812,00	3,00	90,60	0,44
Microaspersores	60	2600,00	3,00	130,00	0,63
Conexões	60	790,00	3,00	39,50	0,19
Galpão	600	5000	3,00	25,00	0,12
B.2. Impostos e taxas				10,00	0,05
Imposto Territorial rural	ha	1	10,00	10,00	0,05
B.3. Mão-de-obra fixa				1320,00	6,39
Aux. Administração	Salário	1	1320,00	1320,00	6,39
C. Custos Operacionais Totais (COT)				19570,19	
C.1. (A) + (B)				19570,19	94,68
D. Custos de Oportunidade (CO)				1099,84	5,32
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,48
Arrendamento	ha	1	100,00	100,00	0,48
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				999,84	4,84
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664,00	999,84	4,84
E. CUSTOS TOTAIS				20670,03	100
E.1. CV + CF + CO				20670,03	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 2. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 36 t ha⁻¹ de doses equitativas de *M. aegyptia* e *C. procera* em base seca na densidade populacional de 80 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2025.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				22042,79	88,21
A.1. Insumos				1896,00	7,59
Sementes de cenoura (Brasília)	500g	20,00	90,00	1800,00	7,20
Sementes de feijão-caupi (Tumucumaque)	kg	12,00	8,00	96,00	0,38
A.2. Mão-de-obra				18815,20	75,29
A.2.1 Custos com adubo verde (<i>C. procera</i>)				4832,40	19,34
Corte (18 t ha ⁻¹)	d/h*	46,46	70,00	3252,20	13,01
Transporte	Frete	2,19	120,00	262,80	1,05
Trituração	d/h*	10,94	70,00	765,80	3,06
Secagem	d/h*	4,38	70,00	306,60	1,23
Ensacamento	d/h*	3,50	70,00	245,00	0,98
Custos com Adubo verde (<i>M. aegyptia</i>)				5022,80	20,10
Corte (18 t ha ⁻¹)	d/h*	49,18	70,00	3442,60	13,78
Transporte	Frete	2,19	120,00	262,80	1,05
Trituração	d/h*	10,94	70,00	765,80	3,06
Secagem	d/h*	4,38	70,00	306,60	1,23
Ensacamento	d/h*	3,5	70,00	245,00	0,98
A.2.2 Custos com demais serviços				8960,00	35,86
Limpeza do terreno	h/t**	1	70,00	70,00	0,28
Aração	h/t**	2	70,00	140,00	0,56
Gradagem	h/t**	2	70,00	140,00	0,56
Confecção de canteiros	d/h*	40	70,00	2800,00	11,20
Solarização dos canteiros	d/h*	6	70,00	420,00	1,68
Retirada dos plásticos	d/h*	2	70,00	140,00	0,56
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	7	70,00	490,00	1,96
Plantio feijão-caupi	d/h*	2	70,00	140,00	0,56
Plantio cenoura	d/h*	10	70,00	700,00	2,80
Desbaste feijão-caupi	d/h*	2	70,00	140,00	0,56
Desbaste cenoura	d/h*	6	70,00	420,00	1,68
Capina manual	d/h*	25	70,00	1750,00	7,00
Colheita	d/h*	15	70,00	1050,00	4,20
Transporte	d/h*	8	70,00	560,00	2,24
A.3. Energia elétrica				348,24	1,39
Forrageira	Kw/h	162,72	0,39	63,46	0,25
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	0,29	284,78	1,14
A.4. Outras despesas				120,60	0,48
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	0,48
A.5. Manutenção e Conservação				862,75	3,45
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	100,00	0,40
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	5000,00	250,00	1,00

7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	512,75	2,05
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				1846,60	7,39
B.1. Depreciação				516,60	2,07
Bobina de plástico	72	2064,00	0,50	14,33	0,06
Forrageira	120	1970,00	3,00	49,25	0,20
bomba submersa	60	2776,00	3,00	138,80	0,56
Tubos 2"	120	498,00	3,00	12,45	0,05
Poço	600	5000,00	2,00	16,67	0,07
Mangueiras	60	1812,00	3,00	90,60	0,36
Microaspersores	60	2600,00	3,00	130,00	0,52
Conexões	60	790,00	3,00	39,50	0,16
Galpão	600	5000	3,00	25,00	0,10
B.2. Impostos e taxas				10,00	0,04
Imposto Territorial rural	ha	1	10,00	10,00	0,04
B.3. Mão-de-obra fixa				1320,00	5,28
Aux. Administração	Salário	1	1320,00	1320,00	5,28
C. Custos Operacionais Totais (COT)				23889,39	
C.1. (A) + (B)				23889,39	95,60
D. Custos de Oportunidade (CO)				1099,84	4,40
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,40
Arrendamento	ha	1	100,00	100,00	0,40
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				999,84	4,00
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664,00	999,84	4,00
E. CUSTOS TOTAIS				24989,23	100
E.1. CV + CF + CO				24989,23	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 3. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 52 t ha⁻¹ de doses equitativas de *M. aegyptia* e *C. procera* em base seca na densidade populacional de 80 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFRSA, 2025.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				26729,24	90,24
A.1. Insumos				1896,00	6,40
Sementes de cenoura (Brasília)	500g	20,00	90,00	1800,00	6,08
Sementes de feijão-caupi (Tumucumaque)	kg	12,00	8,00	96,00	0,32
A.2. Mão-de-obra				23501,65	79,34
A.2.1 Custos com adubo verde (<i>C. procera</i>)				6666,25	22,51
Corte (26 t ha ⁻¹)	d/h*	66,38	70,00	4646,25	15,69
Transporte	Frete	3,13	120,00	375,00	1,27
Trituração	d/h*	12,00	70,00	840,00	2,84
Secagem	d/h*	6,25	70,00	437,50	1,48
Ensacamento	d/h*	5,25	70,00	367,50	1,24
Custos com Adubo verde (<i>M. aegyptia</i>)				7175,40	24,22
Corte (26 t ha ⁻¹)	d/h*	70,25	70,00	4917,50	16,60
Transporte	Frete	3,13	120,00	375,60	1,27
Trituração	d/h*	15,63	70,00	1094,10	3,69
Secagem	d/h*	6,26	70,00	438,20	1,48
Ensacamento	d/h*	5	70,00	350,00	1,18
A.2.2 Custos com demais serviços				9660,00	32,61
Limpeza do terreno	h/t**	1	70,00	70,00	0,24
Aração	h/t**	2	70,00	140,00	0,47
Gradagem	h/t**	2	70,00	140,00	0,47
Confecção de canteiros	d/h*	40	70,00	2800,00	9,45
Solarização dos canteiros	d/h*	6	70,00	420,00	1,42
Retirada dos plásticos	d/h*	2	70,00	140,00	0,47
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	17	70,00	1190,00	4,02
Plantio feijão-caupi	d/h*	2	70,00	140,00	0,47
Plantio cenoura	d/h*	10	70,00	700,00	2,36
Desbaste feijão-caupi	d/h*	2	70,00	140,00	0,47
Desbaste cenoura	d/h*	6	70,00	420,00	1,42
Capina manual	d/h*	25	70,00	1750,00	5,91
Colheita	d/h*	15	70,00	1050,00	3,54
Transporte	d/h*	8	70,00	560,00	1,89
A.3. Energia elétrica				348,24	1,18
Forrageira	Kw/h	162,72	0,39	63,46	0,21
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	0,29	284,78	0,96
A.4. Outras despesas				120,60	0,41
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	0,41
A.5. Manutenção e Conservação				862,75	2,91
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	100,00	0,34
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	5000,00	250,00	0,84
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	512,75	1,73

	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				1791,35	6,05
B.1. Depreciação				461,35	1,56
Bobina de plástico	72	2064,00	0,50	14,33	0,05
Forrageira	120	1970,00	3,00	49,25	0,17
bomba submersa	60	2776,00	3,00	138,80	0,47
Tubos 2"	120	498,00	3,00	12,45	0,04
Poço	600	5000,00	3,00	25,00	0,08
Mangueiras	60	1812,00	3,00	90,60	0,31
Microaspersores	60	2600,00	3,00	130,00	0,44
Conexões	60	790,00	3,00	39,50	0,13
Galpão	600	5000	3,00	25,00	0,08
B.2. Impostos e taxas				10,00	0,03
Imposto Territorial rural	ha	1	10,00	10,00	0,03
B.3. Mão-de-obra fixa				1320,00	4,46
Aux. Administração	Salário	1	1320,00	1320,00	4,46
C. Custos Operacionais Totais (COT)				28520,59	
C.1. (A) + (B)				28520,59	96,29
D. Custos de Oportunidade (CO)				1099,84	3,71
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,34
Arrendamento	ha	1	100,00	100,00	0,34
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				999,84	3,38
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664,00	999,84	3,38
E. CUSTOS TOTAIS				29620,43	100
E.1. CV + CF + CO				29620,43	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 4. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 68 t ha⁻¹ d de doses equitativas de *M. aegyptia* e *C. procera* em base seca na densidade populacional de 80 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2025.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				30821,19	91,42
A.1. Insumos				1896,00	5,62
Sementes de cenoura (Brasília)	500g	20,00	90,00	1800,00	5,34
Sementes de feijão-caupi (Tumucumaque)	kg	12,00	8,00	96,00	0,28
A.2. Mão-de-obra				27593,60	81,85
A.2.1 Custos com adubo verde (<i>C. procera</i>)				8502,00	25,22
Corte (34 t ha ⁻¹)	d/h*	86,30	70,00	6041,00	17,92
Transporte	Frete	4,07	120,00	488,40	1,45
Trituração	d/h*	13,06	70,00	914,20	2,71
Secagem	d/h*	8,12	70,00	568,40	1,69
Ensacamento	d/h*	7,00	70,00	490,00	1,45
Custos com Adubo verde (<i>M. aegyptia</i>)				9011,60	26,73
Corte (34 t ha ⁻¹)	d/h*	90,17	70,00	6311,90	18,72
Transporte	Frete	4,07	120,00	488,40	1,45
Trituração	d/h*	16,71	70,00	1169,70	3,47
Secagem	d/h*	8,13	70,00	569,10	1,69
Ensacamento	d/h*	6,75	70,00	472,50	1,40
A.2.2 Custos com demais serviços				10080,00	29,90
Limpeza do terreno	h/t**	1	70,00	70,00	0,21
Aração	h/t**	2	70,00	140,00	0,42
Gradagem	h/t**	2	70,00	140,00	0,42
Confecção de canteiros	d/h*	40	70,00	2800,00	8,31
Solarização dos canteiros	d/h*	6	70,00	420,00	1,25
Retirada dos plásticos	d/h*	2	70,00	140,00	0,42
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	23	70,00	1610,00	4,78
Plantio feijão-caupi	d/h*	2	70,00	140,00	0,42
Plantio cenoura	d/h*	10	70,00	700,00	2,08
Desbaste feijão-caupi	d/h*	2	70,00	140,00	0,42
Desbaste cenoura	d/h*	6	70,00	420,00	1,25
Capina manual	d/h*	25	70,00	1750,00	5,19
Colheita	d/h*	15	70,00	1050,00	3,11
Transporte	d/h*	8	70,00	560,00	1,66
A.3. Energia elétrica				348,24	1,03
Forrageira	Kw/h	162,72	0,39	63,46	0,19
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	0,29	284,78	0,84
A.4. Outras despesas				120,60	0,36
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	0,36
A.5. Manutenção e Conservação				862,75	2,56
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	100,00	0,30
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	5000,00	250,00	0,74
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	512,75	1,52

	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				1791,35	5,31
B.1. Depreciação				461,35	1,37
Bobina de plástico	72	2064,00	0,5	14,33	0,04
Forrageira	120	1970,00	3,00	49,25	0,15
bomba submersa	60	2776,00	3,00	138,80	0,41
Tubos 2"	120	498,00	3,00	12,45	0,04
Poço	600	5000,00	3,00	25,00	0,07
Mangueiras	60	1812,00	3,00	90,60	0,27
Microaspersores	60	2600,00	3,00	130,00	0,39
Conexões	60	790,00	3,00	39,50	0,12
Galpão	600	5000	3,00	25,00	0,07
B.2. Impostos e taxas				10,00	0,03
Imposto Territorial rural	ha	1	10,00	10,00	0,03
B.3. Mão-de-obra fixa				1320,00	3,92
Aux. Administração	Salário	1	1320,00	1320,00	3,92
C. Custos Operacionais Totais (COT)				32612,54	
C.1. (A) + (B)				32612,54	96,74
D. Custos de Oportunidade (CO)				1099,84	3,26
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,30
Arrendamento	ha	1	100,00	100,00	0,30
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				999,84	2,97
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664,00	999,84	2,97
E. CUSTOS TOTAIS				33712,38	100
E.1. CV + CF + CO				33712,38	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 5. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 20 t ha⁻¹ de doses equitativas de *M. aegyptia* e *C. procera* em base seca na densidade populacional de 120 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2025.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				17911,59	86,10
A.1. Insumos				1944,00	9,34
Sementes de cenoura (Brasília)	500g	20,00	90,00	1800,00	8,65
Sementes de feijão-caupi (Tumucumaque)	kg	18,00	8,00	144,00	0,69
A.2. Mão-de-obra				14636,00	70,36
A.2.1 Custos com adubo verde (<i>C. procera</i>)				2666,50	12,82
Corte (10 t ha ⁻¹)	d/h*	26,55	70,00	1858,50	8,93
Transporte	Frete	1,25	120,00	150,00	0,72
Trituração	d/h*	4,80	70,00	336,00	1,62
Secagem	d/h*	2,50	70,00	175,00	0,84
Ensacamento	d/h*	2,10	70,00	147,00	0,71
Custos com Adubo verde (<i>M. aegyptia</i>)				2869,50	13,79
Corte (10 t ha ⁻¹)	d/h*	28,10	70,00	1967,00	9,46
Transporte	Frete	1,25	120,00	150,00	0,72
Trituração	d/h*	6,25	70,00	437,50	2,10
Secagem	d/h*	2,50	70,00	175,00	0,84
Ensacamento	d/h*	2	70,00	140,00	0,67
A.2.2 Custos com demais serviços				9100,00	43,74
Limpeza do terreno	h/t**	1	70,00	70,00	0,34
Aração	h/t**	2	70,00	140,00	0,67
Gradagem	h/t**	2	70,00	140,00	0,67
Confecção de canteiros	d/h*	40	70,00	2800,00	13,46
Solarização dos canteiros	d/h*	6	70,00	420,00	2,02
Retirada dos plásticos	d/h*	2	70,00	140,00	0,67
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	7	70,00	490,00	2,36
Plantio feijão-caupi	d/h*	3	70,00	210,00	1,01
Plantio cenoura	d/h*	10	70,00	700,00	3,36
Desbaste feijão-caupi	d/h*	3	70,00	210,00	1,01
Desbaste cenoura	d/h*	6	70,00	420,00	2,02
Capina manual	d/h*	25	70,00	1750,00	8,41
Colheita	d/h*	15	70,00	1050,00	5,05
Transporte	d/h*	8	70,00	560,00	2,69
A.3. Energia elétrica				348,24	1,67
Forrageira	Kw/h	162,72	0,39	63,46	0,31
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	0,29	284,78	1,37
A.4. Outras despesas				120,60	0,58
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	0,58
A.5. Manutenção e Conservação				862,75	4,15
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	100,00	0,48
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	5000,00	250,00	1,20
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	512,75	2,46

	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				1791,35	8,61
B.1. Depreciação				461,35	2,22
Bobina de plástico	72	2064,00	0,5	14,33	0,07
Forrageira	120	1970,00	3,00	49,25	0,24
bomba submersa	60	2776,00	3,00	138,80	0,67
Tubos 2"	120	498,00	3,00	12,45	0,06
Poço	600	5000,00	3,00	25,00	0,12
Mangueiras	60	1812,00	3,00	90,60	0,44
Microaspersores	60	2600,00	3,00	130,00	0,62
Conexões	60	790,00	3,00	39,50	0,19
Galpão	600	5000,00	3,00	25,00	0,12
B.2. Impostos e taxas				10,00	0,05
Imposto Territorial rural	ha	1	10,00	10,00	0,05
B.3. Mão-de-obra fixa				1320,00	6,35
Aux. Administração	Salário	1	1320,00	1320,00	6,35
C. Custos Operacionais Totais (COT)				19702,94	
C.1. (A) + (B)				19702,94	94,71
D. Custos de Oportunidade (CO)				1099,84	5,29
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,48
Arrendamento	ha	1	100,00	100,00	0,48
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				999,84	4,81
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664,00	999,84	4,81
E. CUSTOS TOTAIS				20802,78	100
E.1. CV + CF + CO				20802,78	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 6. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 36 t ha⁻¹ de doses equitativas de *M. aegyptia* e *C. procera* em base seca na densidade populacional de 120 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2025.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				22230,79	88,49
A.1. Insumos				1944,00	7,74
Sementes de cenoura (Brasília)	500g	20,00	90,00	1800,00	7,17
Sementes de feijão-caupi (Tumucumaque)	kg	18,00	8,00	144,00	0,57
A.2. Mão-de-obra				18955,20	75,45
A.2.1 Custos com adubo verde (<i>C. procera</i>)				4832,40	19,24
Corte (18 t ha ⁻¹)	d/h*	46,46	70,00	3252,20	12,95
Transporte	Frete	2,19	120,00	262,80	1,05
Trituração	d/h*	10,94	70,00	765,80	3,05
Secagem	d/h*	4,38	70,00	306,60	1,22
Ensacamento	d/h*	3,50	70,00	245,00	0,98
Custos com Adubo verde (<i>M. aegyptia</i>)				5022,80	19,99
Corte (18 t ha ⁻¹)	d/h*	49,18	70,00	3442,60	13,70
Transporte	Frete	2,19	120,00	262,80	1,05
Trituração	d/h*	10,94	70,00	765,80	3,05
Secagem	d/h*	4,38	70,00	306,60	1,22
Ensacamento	d/h*	3,5	70,00	245,00	0,98
A.2.2 Custos com demais serviços				9100,00	36,22
Limpeza do terreno	h/t***	1	70,00	70,00	0,28
Aração	h/t***	2	70,00	140,00	0,56
Gradagem	h/t***	2	70,00	140,00	0,56
Confecção de canteiros	d/h*	40	70,00	2800,00	11,15
Solarização dos canteiros	d/h*	6	70,00	420,00	1,67
Retirada dos plásticos	d/h*	2	70,00	140,00	0,56
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	7	70,00	490,00	1,95
Plantio feijão-caupi	d/h*	3	70,00	210,00	0,84
Plantio cenoura	d/h*	10	70,00	700,00	2,79
Desbaste feijão-caupi	d/h*	3	70,00	210,00	0,84
Desbaste cenoura	d/h*	6	70,00	420,00	1,67
Capina manual	d/h*	25	70,00	1750,00	6,97
Colheita	d/h*	15	70,00	1050,00	4,18
Transporte	d/h*	8	70,00	560,00	2,23
A.3. Energia elétrica				348,24	1,39
Forrageira	Kw/h	162,72	0,39	63,46	
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	0,29	284,78	1,13
A.4. Outras despesas				120,60	0,48
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	0,48
A.5. Manutenção e Conservação				862,75	3,43
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	100,00	0,40
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	5000,00	250,00	1,00

7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	512,75	2,04
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				1791,35	7,13
B.1. Depreciação				461,35	1,84
Bobina de plástico	72	2064,00	0,5	14,33	0,06
Forrageira	120	1970,00	3,00	49,25	0,20
bomba submersa	60	2776,00	3,00	138,80	0,55
Tubos 2"	120	498,00	3,00	12,45	0,05
Poço	600	5000,00	3,00	25,00	0,10
Mangueiras	60	1812,00	3,00	90,60	0,36
Microaspersores	60	2600,00	3,00	130,00	0,52
Conexões	60	790,00	3,00	39,50	0,16
Galpão	600	5000	3,00	25,00	0,10
B.2. Impostos e taxas				10,00	0,04
Imposto Territorial rural	ha	1	10,00	10,00	0,04
B.3. Mão-de-obra fixa				1320,00	5,25
Aux. Administração	Salário	1	1320,00	1320,00	5,25
C. Custos Operacionais Totais (COT)				24022,14	
C.1. (A) + (B)				24022,14	95,62
D. Custos de Oportunidade (CO)				1099,84	4,38
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,40
Arrendamento	ha	1	100,00	100,00	0,40
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				999,84	3,98
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664,00	999,84	3,98
E. CUSTOS TOTAIS				25121,98	100
E.1. CV + CF + CO				25121,98	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 7. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 52 t ha⁻¹ de doses equitativas de *M. aegyptia* e *C. procera* em base seca na densidade populacional de 120 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2025.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				26217,24	90,07
A.1. Insumos				1944,00	6,68
Sementes de cenoura (Brasília)	500g	20,00	90,00	1800,00	6,18
Sementes de feijão-caupi (Tumucumaque)	kg	18,00	8,00	144,00	0,49
A.2. Mão-de-obra				22941,65	78,81
A.2.1 Custos com adubo verde (<i>C. procera</i>)				6666,25	22,90
Corte (26 t ha ⁻¹)	d/h*	66,38	70,00	4646,25	15,96
Transporte	Frete	3,13	120,00	375,00	1,29
Trituração	d/h*	12,00	70,00	840,00	2,89
Secagem	d/h*	6,25	70,00	437,50	1,50
Ensacamento	d/h*	5,25	70,00	367,50	1,26
Custos com Adubo verde (<i>M. aegyptia</i>)				7175,40	24,65
Corte (26 t ha ⁻¹)	d/h*	70,25	70,00	4917,50	16,89
Transporte	Frete	3,13	120,00	375,60	1,29
Trituração	d/h*	15,63	70,00	1094,10	3,76
Secagem	d/h*	6,26	70,00	438,20	1,51
Ensacamento	d/h*	5	70,00	350,00	1,20
A.2.2 Custos com demais serviços				9100,00	31,26
Limpeza do terreno	h/t**	1	70,00	70,00	0,24
Aração	h/t**	2	70,00	140,00	0,48
Gradagem	h/t**	2	70,00	140,00	0,48
Confecção de canteiros	d/h*	40	70,00	2800,00	9,62
Solarização dos canteiros	d/h*	6	70,00	420,00	1,44
Retirada dos plásticos	d/h*	2	70,00	140,00	0,48
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	7	70,00	490,00	1,68
Plantio feijão-caupi	d/h*	3	70,00	210,00	0,72
Plantio cenoura	d/h*	10	70,00	700,00	2,40
Desbaste feijão-caupi	d/h*	3	70,00	210,00	0,72
Desbaste cenoura	d/h*	6	70,00	420,00	1,44
Capina manual	d/h*	25	70,00	1750,00	6,01
Colheita	d/h*	15	70,00	1050,00	3,61
Transporte	d/h*	8	70,00	560,00	1,92
A.3. Energia elétrica				348,24	1,20
Forrageira	Kw/h	162,72	0,39	63,46	0,22
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	0,29	284,78	0,98
A.4. Outras despesas				120,60	0,41
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	0,41
A.5. Manutenção e Conservação				862,75	2,96
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	100,00	0,34
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	5000,00	250,00	0,86
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	512,75	1,76

	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				1791,35	6,15
B.1. Depreciação				461,35	1,58
Bobina de plástico	72	2064,00	0,5	14,33	0,05
Forrageira	120	1970,00	3,00	49,25	0,17
bomba submersa	60	2776,00	3,00	138,80	0,48
Tubos 2"	120	498,00	3,00	12,45	0,04
Poço	600	5000,00	3,00	25,00	0,09
Mangueiras	60	1812,00	3,00	90,60	0,31
Microaspersores	60	2600,00	3,00	130,00	0,45
Conexões	60	790,00	3,00	39,50	0,14
Galpão	600	5000	3,00	25,00	0,09
B.2. Impostos e taxas				10,00	0,03
Imposto Territorial rural	ha	1	10,00	10,00	0,03
B.3. Mão-de-obra fixa				1320,00	4,53
Aux. Administração	Salário	1	1320,00	1320,00	4,53
C. Custos Operacionais Totais (COT)				28008,59	
C.1. (A) + (B)				28008,59	96,22
D. Custos de Oportunidade (CO)				1099,84	3,78
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,34
Arrendamento	ha	1	100,00	100,00	0,34
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				999,84	3,43
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664,00	999,84	3,43
E. CUSTOS TOTAIS				29108,43	100
E.1. CV + CF + CO				29108,43	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 8. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 68 t ha⁻¹ de doses equitativas de *M. aegyptia* e *C. procera* em base seca na densidade populacional de 120 plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2025.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				29889,19	91,18
A.1. Insumos				1944,00	5,93
Sementes de cenoura (Brasília)	500g	20,00	90,00	1800,00	5,49
Sementes de feijão-caupi (Tumucumaque)	kg	18,00	8,00	144,00	0,44
A.2. Mão-de-obra				26613,60	81,19
A.2.1 Custos com adubo verde (<i>C. procera</i>)				8502,00	25,94
Corte (34 t ha ⁻¹)	d/h*	86,30	70,00	6041,00	18,43
Transporte	Frete	4,07	120,00	488,40	1,49
Trituração	d/h*	13,06	70,00	914,20	2,79
Secagem	d/h*	8,12	70,00	568,40	1,73
Ensacamento	d/h*	7,00	70,00	490,00	1,49
Custos com Adubo verde (<i>M. aegyptia</i>)				9011,60	27,49
Corte (34 t ha ⁻¹)	d/h*	90,17	70,00	6311,90	19,26
Transporte	Frete	4,07	120,00	488,40	1,49
Trituração	d/h*	16,71	70,00	1169,70	3,57
Secagem	d/h*	8,13	70,00	569,10	1,74
Ensacamento	d/h*	6,75	70,00	472,50	1,44
A.2.2 Custos com demais serviços				9100,00	27,76
Limpeza do terreno	h/t**	1	70,00	70,00	0,21
Aração	h/t**	2	70,00	140,00	0,43
Gradagem	h/t**	2	70,00	140,00	0,43
Confecção de canteiros	d/h*	40	70,00	2800,00	8,54
Solarização dos canteiros	d/h*	6	70,00	420,00	1,28
Retirada dos plásticos	d/h*	2	70,00	140,00	0,43
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	7	70,00	490,00	1,49
Plantio feijão-caupi	d/h*	3	70,00	210,00	0,64
Plantio cenoura	d/h*	10	70,00	700,00	2,14
Desbaste feijão-caupi	d/h*	3	70,00	210,00	0,64
Desbaste feijão-caupi	d/h*	6	70,00	420,00	1,28
Capina manual	d/h*	25	70,00	1750,00	5,34
Colheita	d/h*	15	70,00	1050,00	3,20
Transporte	d/h*	8	70,00	560,00	1,71
A.3. Energia elétrica				348,24	1,06
Forrageira	Kw/h	162,72	0,39	63,46	0,19
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	0,29	284,78	0,87
A.4. Outras despesas				120,60	0,37
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	0,37
A.5. Manutenção e Conservação				862,75	2,63
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	100,00	0,31
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	5000,00	250,00	0,76
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	512,75	1,56

	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				1791,35	5,46
B.1. Depreciação				461,35	1,41
Bobina de plástico	72	2064,00	0,5	14,33	0,04
Forrageira	120	1970,00	3,00	49,25	0,15
bomba submersa	60	2776,00	3,00	138,80	0,42
Tubos 2"	120	498,00	3,00	12,45	0,04
Poço	600	5000,00	3,00	25,00	0,08
Mangueiras	60	1812,00	3,00	90,60	0,28
Microaspersores	60	2600,00	3,00	130,00	0,40
Conexões	60	790,00	3,00	39,50	0,12
Galpão	600	5000	3,00	25,00	0,08
B.2. Impostos e taxas				10,00	0,03
Imposto Territorial rural	ha	1	10,00	10,00	0,03
B.3. Mão-de-obra fixa				1320,00	4,03
Aux. Administração	Salário	1	1320,00	1320,00	4,03
C. Custos Operacionais Totais (COT)				31680,54	
C.1. (A) + (B)				31680,54	96,64
D. Custos de Oportunidade (CO)				1099,84	3,36
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,31
Arrendamento	ha	1	100,00	100,00	0,31
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				999,84	3,05
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664,00	999,84	3,05
E. CUSTOS TOTAIS				32780,38	100
E.1. CV + CF + CO				32780,38	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 9. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 20 t ha⁻¹ de doses equitativas de *M. aegyptia* e *C. procera* em base seca na densidade populacional de 160 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2025.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				18099,59	86,23
A.1. Insumos				1992,00	9,49
Sementes de cenoura (Brasília)	500g	20,00	90,00	1800,00	8,58
Sementes de feijão-caupi (Tumucumaque)	kg	24,00	8,00	192,00	0,91
A.2. Mão-de-obra				14776,00	70,39
A.2.1 Custos com adubo verde (<i>C. procera</i>)				2666,50	12,70
Corte (10 t ha ⁻¹)	d/h*	26,55	70,00	1858,50	8,85
Transporte	Frete	1,25	120,00	150,00	0,71
Trituração	d/h*	4,80	70,00	336,00	1,60
Secagem	d/h*	2,50	70,00	175,00	0,83
Ensacamento	d/h*	2,10	70,00	147,00	0,70
Custos com Adubo verde (<i>M. aegyptia</i>)				2869,50	13,67
Corte (10 t ha ⁻¹)	d/h*	28,10	70,00	1967,00	9,37
Transporte	Frete	1,25	120,00	150,00	0,71
Trituração	d/h*	6,25	70,00	437,50	2,08
Secagem	d/h*	2,50	70,00	175,00	0,83
Ensacamento	d/h*	2	70,00	140,00	0,67
A.2.2 Custos com demais serviços				9240,00	44,02
Limpeza do terreno	h/t**	1	70,00	70,00	0,33
Aração	h/t**	2	70,00	140,00	0,67
Gradagem	h/t**	2	70,00	140,00	0,67
Confecção de canteiros	d/h*	40	70,00	2800,00	13,34
Solarização dos canteiros	d/h*	6	70,00	420,00	2,00
Retirada dos plásticos	d/h*	2	70,00	140,00	0,67
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	7	70,00	490,00	2,33
Plantio feijão-caupi	d/h*	4	70,00	280,00	1,33
Plantio cenoura	d/h*	10	70,00	700,00	3,33
Desbaste feijão-caupi	d/h*	4	70,00	280,00	1,33
Desbaste cenoura	d/h*	6	70,00	420,00	2,00
Capina manual	d/h*	25	70,00	1750,00	8,34
Colheita	d/h*	15	70,00	1050,00	5,00
Transporte	d/h*	8	70,00	560,00	2,67
A.3. Energia elétrica				348,24	1,66
Forrageira	Kw/h	162,72	0,39	63,46	0,30
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	0,29	284,78	1,36
A.4. Outras despesas				120,60	0,57
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	0,57
A.5. Manutenção e Conservação				862,75	4,11
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	100,00	0,48
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	5000,00	250,00	1,19
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	512,75	2,44

	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				1791,35	8,53
B.1. Depreciação				461,35	2,20
Bobina de plástico	72	2064,00	0,5	14,33	0,07
Forrageira	120	1970,00	3,00	49,25	0,23
bomba submersa	60	2776,00	3,00	138,80	0,66
Tubos 2"	120	498,00	3,00	12,45	0,06
Poço	600	5000,00	3,00	25,00	0,12
Mangueiras	60	1812,00	3,00	90,60	0,43
Microaspersores	60	2600,00	3,00	130,00	0,62
Conexões	60	790,00	3,00	39,50	0,19
Galpão	600	5000	3,00	25,00	0,12
B.2. Impostos e taxas				10,00	0,05
Imposto Territorial rural	ha	1	10,00	10,00	0,05
B.3. Mão-de-obra fixa				1320,00	6,29
Aux. Administração	Salário	1	1320,00	1320,00	6,29
C. Custos Operacionais Totais (COT)				19890,94	
C.1. (A) + (B)				19890,94	94,76
D. Custos de Oportunidade (CO)				1099,84	5,24
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,48
Arrendamento	ha	1	100,00	100,00	0,48
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				999,84	4,76
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664,00	999,84	4,76
E. CUSTOS TOTAIS				20990,78	100
E.1. CV + CF + CO				20990,78	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 10. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 36 t ha⁻¹ de doses equitativas de *M. aegyptia* e *C. procera* em base seca na densidade populacional de 160 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2025

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				22418,79	88,58
A.1. Insumos				1992,00	7,87
Sementes de cenoura (Brasília)	500g	20,00	90,00	1800,00	7,11
Sementes de feijão-caupi (Tumucumaque)	kg	24,00	8,00	192,00	0,76
A.2. Mão-de-obra				19095,20	75,45
A.2.1 Custos com adubo verde (<i>C. procera</i>)				4832,40	19,09
Corte (17,5 t ha ⁻¹)	d/h*	46,46	70,00	3252,20	12,85
Transporte	Frete	2,19	120,00	262,80	1,04
Trituração	d/h*	10,94	70,00	765,80	3,03
Secagem	d/h*	4,38	70,00	306,60	1,21
Ensacamento	d/h*	3,50	70,00	245,00	0,97
Custos com Adubo verde (<i>M. aegyptia</i>)				5022,80	19,85
Corte (17,5 t ha ⁻¹)	d/h*	49,18	70,00	3442,60	13,60
Transporte	Frete	2,19	120,00	262,80	1,04
Trituração	d/h*	10,94	70,00	765,80	3,03
Secagem	d/h*	4,38	70,00	306,60	1,21
Ensacamento	d/h*	3,5	70,00	245,00	0,97
A.2.2 Custos com demais serviços				9240,00	36,51
Limpeza do terreno	h/t**	1	70,00	70,00	0,28
Aração	h/t**	2	70,00	140,00	0,55
Gradagem	h/t**	2	70,00	140,00	0,55
Confecção de canteiros	d/h*	40	70,00	2800,00	11,06
Solarização dos canteiros	d/h*	6	70,00	420,00	1,66
Retirada dos plásticos	d/h*	2	70,00	140,00	0,55
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	7	70,00	490,00	1,94
Plantio feijão-caupi	d/h*	4	70,00	280,00	1,11
Plantio cenoura	d/h*	10	70,00	700,00	2,77
Desbaste feijão-caupi	d/h*	4	70,00	280,00	1,11
Desbaste cenoura	d/h*	6	70,00	420,00	1,66
Capina manual	d/h*	25	70,00	1750,00	6,91
Colheita	d/h*	15	70,00	1050,00	4,15
Transporte	d/h*	8	70,00	560,00	2,21
A.3. Energia elétrica				348,24	1,38
Forrageira	Kw/h	162,72	0,39	63,46	0,25
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	0,29	284,78	1,13
A.4. Outras despesas				120,60	0,48
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	0,48
A.5. Manutenção e Conservação				862,75	3,41
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	100,00	0,40
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	5000,00	250,00	0,99
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	512,75	2,03

	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				1791,35	7,08
B.1. Depreciação				461,35	1,82
Bobina de plástico	72	2064,00	0,5	14,33	0,06
Forrageira	120	1970,00	3,00	49,25	0,19
bomba submersa	60	2776,00	3,00	138,80	0,55
Tubos 2"	120	498,00	3,00	12,45	0,05
Poço	600	5000,00	3,00	25,00	0,10
Mangueiras	60	1812,00	3,00	90,60	0,36
Microaspersores	60	2600,00	3,00	130,00	0,51
Conexões	60	790,00	3,00	39,50	0,16
Galpão	600	5000	3,00	25,00	0,10
B.2. Impostos e taxas				10,00	0,04
Imposto Territorial rural	ha	1	10,00	10,00	0,04
B.3. Mão-de-obra fixa				1320,00	5,22
Aux. Administração	Salário	1	1320,00	1320,00	5,22
C. Custos Operacionais Totais (COT)				24210,14	
C.1. (A) + (B)				24210,14	95,65
D. Custos de Oportunidade (CO)				1099,84	4,35
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,40
Arrendamento	ha	1	100,00	100,00	0,40
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				999,84	3,95
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664,00	999,84	3,95
E. CUSTOS TOTAIS				25309,98	100
E.1. CV + CF + CO				25309,98	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 11. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 52 t ha⁻¹ de doses equitativas de *M. aegyptia* e *C. procera* em base seca na densidade populacional de 160 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2025.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				26405,24	90,13
A.1. Insumos				1992,00	6,80
Sementes de cenoura (Brasília)	500g	20,00	90,00	1800,00	6,14
Sementes de feijão-caupi (Tumucumaque)	kg	24,00	8,00	192,00	0,66
A.2. Mão-de-obra				23081,65	78,79
A.2.1 Custos com adubo verde (<i>C. procera</i>)				6666,25	22,75
Corte (26 t ha ⁻¹)	d/h*	66,38	70,00	4646,25	15,86
Transporte	Frete	3,13	120,00	375,00	1,28
Trituração	d/h*	12,00	70,00	840,00	2,87
Secagem	d/h*	6,25	70,00	437,50	1,49
Ensacamento	d/h*	5,25	70,00	367,50	1,25
Custos com Adubo verde (<i>M. aegyptia</i>)				7175,40	24,49
Corte (26 t ha ⁻¹)	d/h*	70,25	70,00	4917,50	16,79
Transporte	Frete	3,13	120,00	375,60	1,28
Trituração	d/h*	15,63	70,00	1094,10	3,73
Secagem	d/h*	6,26	70,00	438,20	1,50
Ensacamento	d/h*	5	70,00	350,00	1,19
A.2.2 Custos com demais serviços				9240,00	31,54
Limpeza do terreno	h/t**	1	70,00	70,00	0,24
Aração	h/t**	2	70,00	140,00	0,48
Gradagem	h/t**	2	70,00	140,00	0,48
Confecção de canteiros	d/h*	40	70,00	2800,00	9,56
Solarização dos canteiros	d/h*	6	70,00	420,00	1,43
Retirada dos plásticos	d/h*	2	70,00	140,00	0,48
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	7	70,00	490,00	1,67
Plantio feijão-caupi	d/h*	4	70,00	280,00	0,96
Plantio cenoura	d/h*	10	70,00	700,00	2,39
Desbaste feijão-caupi	d/h*	4	70,00	280,00	0,96
Desbaste cenoura	d/h*	6	70,00	420,00	1,43
Capina manual	d/h*	25	70,00	1750,00	5,97
Colheita	d/h*	15	70,00	1050,00	3,58
Transporte	d/h*	8	70,00	560,00	1,91
A.3. Energia elétrica				348,24	1,19
Forrageira	Kw/h	162,72	0,39	63,46	0,22
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	0,29	284,78	0,97
A.4. Outras despesas				120,60	0,41
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	0,41
A.5. Manutenção e Conservação				862,75	2,94
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	100,00	0,34
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	5000,00	250,00	0,85
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	512,75	1,75

	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				1791,35	6,11
B.1. Depreciação				461,35	1,57
Bobina de plástico	72	2064,00	0,5	14,33	0,05
Forrageira	120	1970,00	3,00	49,25	0,17
bomba submersa	60	2776,00	3,00	138,80	0,47
Tubos 2"	120	498,00	3,00	12,45	0,04
Poço	600	5000,00	3,00	25,00	0,09
Mangueiras	60	1812	3,00	90,60	0,31
Microaspersores	60	2600,00	3,00	130,00	0,44
Conexões	60	790,00	3,00	39,50	0,13
Galpão	600	5000	3,00	25,00	0,09
B.2. Impostos e taxas				10,00	0,03
Imposto Territorial rural	ha	1	10,00	10,00	0,03
B.3. Mão-de-obra fixa				1320,00	4,51
Aux. Administração	Salário	1	1320,00	1320,00	4,51
C. Custos Operacionais Totais (COT)				28196,59	
C.1. (A) + (B)				28196,59	96,25
D. Custos de Oportunidade (CO)				1099,84	3,75
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,34
Arrendamento	ha	1	100,00	100,00	0,34
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				999,84	3,41
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664,00	999,84	3,41
E. CUSTOS TOTAIS				29296,43	100
E.1. CV + CF + CO				29296,43	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 12. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 68 t ha⁻¹ de doses equitativas de *M. aegyptia* e *C. procera* em base seca na densidade populacional de 160 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFRSA, 2025.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				30077,19	91,23
A.1. Insumos				1992,00	6,04
Sementes de cenoura (Brasília)	500g	20,00	90,00	1800,00	5,46
Sementes de feijão-caupi (Tumucumaque)	kg	24,00	8,00	192,00	0,58
A.2. Mão-de-obra				26753,60	81,15
A.2.1 Custos com adubo verde (<i>C. procera</i>)				8502,00	25,79
Corte (34 t ha ⁻¹)	d/h*	86,30	70,00	6041,00	18,32
Transporte	Frete	4,07	120,00	488,40	1,48
Trituração	d/h*	13,06	70,00	914,20	2,77
Secagem	d/h*	8,12	70,00	568,40	1,72
Ensacamento	d/h*	7,00	70,00	490,00	1,49
Custos com Adubo verde (<i>M. aegyptia</i>)				9011,60	27,33
Corte (34 t ha ⁻¹)	d/h*	90,17	70,00	6311,90	19,15
Transporte	Frete	4,07	120,00	488,40	1,48
Trituração	d/h*	16,71	70,00	1169,70	3,55
Secagem	d/h*	8,13	70,00	569,10	1,73
Ensacamento	d/h*	6,75	70,00	472,50	1,43
A.2.2 Custos com demais serviços				9240,00	28,03
Limpeza do terreno	h/t**	1	70,00	70,00	0,21
Aração	h/t**	2	70,00	140,00	0,42
Gradagem	h/t**	2	70,00	140,00	0,42
Confecção de canteiros	d/h*	40	70,00	2800,00	8,49
Solarização dos canteiros	d/h*	6	70,00	420,00	1,27
Retirada dos plásticos	d/h*	2	70,00	140,00	0,42
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	7	70,00	490,00	1,49
Plantio feijão-caupi	d/h*	4	70,00	280,00	0,85
Plantio cenoura	d/h*	10	70,00	700,00	2,12
Desbaste feijão-caupi	d/h*	4	70,00	280,00	0,85
Desbaste cenoura	d/h*	6	70,00	420,00	1,27
Capina manual	d/h*	25	70,00	1750,00	5,31
Colheita	d/h*	15	70,00	1050,00	3,18
Transporte	d/h*	8	70,00	560,00	1,70
A.3. Energia elétrica				348,24	1,06
Forrageira	Kw/h	162,72	0,39	63,46	0,19
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	0,29	284,78	0,86
A.4. Outras despesas				120,60	0,37
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	0,37
A.5. Manutenção e Conservação				862,75	2,62
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	100,00	0,30
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	5000,00	250,00	0,76
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	512,75	1,56

	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				1791,35	5,43
B.1. Depreciação				461,35	1,40
Bobina de plástico	72	2064,00	0,50	14,33	0,04
Forrageira	120	1970,00	3,00	49,25	0,15
bomba submersa	60	2776,00	3,00	138,80	0,42
Tubos 2"	120	498,00	3,00	12,45	0,04
Poço	600	5000,00	3,00	25,00	0,08
Mangueiras	60	1812,00	3,00	90,60	0,27
Microaspersores	60	2600,00	3,00	130,00	0,39
Conexões	60	790,00	3,00	39,50	0,12
Galpão	600	5000	3,00	25,00	0,08
B.2. Impostos e taxas				10,00	0,03
Imposto Territorial rural	ha	1	10,00	10,00	0,03
B.3. Mão-de-obra fixa				1320,00	4,00
Aux. Administração	Salário	1	1320,00	1320,00	4,00
C. Custos Operacionais Totais (COT)				31868,54	
C.1. (A) + (B)				31868,54	96,66
D. Custos de Oportunidade (CO)				1099,84	3,34
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,30
Arrendamento	ha	1	100,00	100,00	0,30
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				999,84	3,03
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664,00	999,84	3,03
E. CUSTOS TOTAIS				32968,38	100
E.1. CV + CF + CO				32968,38	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 13. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 20 t ha⁻¹ de doses equitativas de *M. aegyptia* e *C. procera* em base seca na densidade populacional de 200 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2025.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				18287,59	86,35
A.1. Insumos				2040,00	9,63
Sementes de cenoura (Brasília)	500g	20,00	90,00	1800,00	8,50
Sementes de feijão-caupi (Tumucumaque)	kg	30,00	8,00	240,00	1,13
A.2. Mão-de-obra				14916,00	70,43
A.2.1 Custos com adubo verde (<i>C. procera</i>)				2666,50	12,59
Corte (10 t ha ⁻¹)	d/h*	26,55	70,00	1858,50	8,78
Transporte	Frete	1,25	120,00	150,00	0,71
Trituração	d/h*	4,80	70,00	336,00	1,59
Secagem	d/h*	2,50	70,00	175,00	0,83
Ensacamento	d/h*	2,10	70,00	147,00	0,69
Custos com Adubo verde (<i>M. aegyptia</i>)				2869,50	13,55
Corte (10 t ha ⁻¹)	d/h*	28,10	70,00	1967,00	9,29
Transporte	Frete	1,25	120,00	150,00	0,71
Trituração	d/h*	6,25	70,00	437,50	2,07
Secagem	d/h*	2,50	70,00	175,00	0,83
Ensacamento	d/h*	2	70,00	140,00	0,66
A.2.2 Custos com demais serviços				9380,00	44,29
Limpeza do terreno	h/t**	1	70,00	70,00	0,33
Aração	h/t**	2	70,00	140,00	0,66
Gradagem	h/t**	2	70,00	140,00	0,66
Confecção de canteiros	d/h*	40	70,00	2800,00	13,22
Solarização dos canteiros	d/h*	6	70,00	420,00	1,98
Retirada dos plásticos	d/h*	2	70,00	140,00	0,66
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	7	70,00	490,00	2,31
Plantio feijão-caupi	d/h*	5	70,00	350,00	1,65
Plantio cenoura	d/h*	10	70,00	700,00	3,31
Desbaste feijão-caupi	d/h*	5	70,00	350,00	1,65
Desbaste cenoura	d/h*	6	70,00	420,00	1,98
Capina manual	d/h*	25	70,00	1750,00	8,26
Colheita	d/h*	15	70,00	1050,00	4,96
Transporte	d/h*	8	70,00	560,00	2,64
A.3. Energia elétrica				348,24	1,64
Forrageira	Kw/h	162,72	0,39	63,46	0,30
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	0,29	284,78	1,34
A.4. Outras despesas				120,60	0,57
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	0,57
A.5. Manutenção e Conservação				862,75	4,07
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	100,00	0,47
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	5000,00	250,00	1,18
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	512,75	2,42

	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				1791,35	8,46
B.1. Depreciação				461,35	2,18
Bobina de plástico	72	2064,00	0,50	14,33	0,07
Forrageira	120	1970,00	3,00	49,25	0,23
bomba submersa	60	2776,00	3,00	138,80	0,66
Tubos 2"	120	498,00	3,00	12,45	0,06
Poço	600	5000,00	3,00	25,00	0,12
Mangueiras	60	1812,00	3,00	90,60	0,43
Microaspersores	60	2600,00	3,00	130,00	0,61
Conexões	60	790,00	3,00	39,50	0,19
Galpão	600	5000	3,00	25,00	0,12
B.2. Impostos e taxas				10,00	0,05
Imposto Territorial rural	ha	1	10,00	10,00	0,05
B.3. Mão-de-obra fixa				1320,00	6,23
Aux. Administração	Salário	1	1320,00	1320,00	6,23
C. Custos Operacionais Totais (COT)				20078,94	
C.1. (A) + (B)				20078,94	94,81
D. Custos de Oportunidade (CO)				1099,84	5,19
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,47
Arrendamento	ha	1	100,00	100,00	0,47
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				999,84	4,72
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664,00	999,84	4,72
E. CUSTOS TOTAIS				21178,78	100
E.1. CV + CF + CO				21178,78	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 14. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 36 t ha⁻¹ de doses equitativas de *M. aegyptia* e *C. procera* em base seca na densidade populacional de 200 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2025.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				22606,79	89,80
A.1. Insumos				2040,00	8,10
Sementes de cenoura (Brasília)	500g	20,00	90,00	1800,00	7,15
Sementes de feijão-caupi (Tumucumaque)	kg	30,00	8,00	240,00	0,95
A.2. Mão-de-obra				19235,20	76,40
A.2.1 Custos com adubo verde (<i>C. procera</i>)				4832,40	19,19
Corte (18 t ha ⁻¹)	d/h*	46,46	70,00	3252,20	12,92
Transporte	Frete	2,19	120,00	262,80	1,04
Trituração	d/h*	10,94	70,00	765,80	3,04
Secagem	d/h*	4,38	70,00	306,60	1,22
Ensacamento	d/h*	3,50	70,00	245,00	0,97
Custos com Adubo verde (<i>M. aegyptia</i>)				5022,80	19,95
Corte (18 t ha ⁻¹)	d/h*	49,18	70,00	3442,60	13,67
Transporte	Frete	2,19	120,00	262,80	1,04
Trituração	d/h*	10,94	70,00	765,80	3,04
Secagem	d/h*	4,38	70,00	306,60	1,22
Ensacamento	d/h*	3,5	70,00	245,00	0,97
A.2.2 Custos com demais serviços				9380,00	37,26
Limpeza do terreno	h/t**	1	70,00	70,00	0,28
Aração	h/t**	2	70,00	140,00	0,56
Gradagem	h/t**	2	70,00	140,00	0,56
Confecção de canteiros	d/h*	40	70,00	2800,00	11,12
Solarização dos canteiros	d/h*	6	70,00	420,00	1,67
Retirada dos plásticos	d/h*	2	70,00	140,00	0,56
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	7	70,00	490,00	1,95
Plantio feijão-caupi	d/h*	5	70,00	350,00	1,39
Plantio cenoura	d/h*	10	70,00	700,00	2,78
Desbaste feijão-caupi	d/h*	5	70,00	350,00	1,39
Desbaste cenoura	d/h*	6	70,00	420,00	1,67
Capina manual	d/h*	25	70,00	1750,00	6,95
Colheita	d/h*	15	70,00	1050,00	4,17
Transporte	d/h*	8	70,00	560,00	2,22
A.3. Energia elétrica				348,24	1,38
Forrageira	Kw/h	162,72	0,39	63,46	0,25
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	0,29	284,78	1,13
A.4. Outras despesas				120,60	0,48
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	0,48
A.5. Manutenção e Conservação				862,75	3,43
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	100,00	0,40
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	5000,00	250,00	0,99
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	512,75	2,04

	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				1469,35	5,84
B.1. Depreciação				461,35	1,83
Bobina de plástico	72	2064,00	0,5	14,33	0,06
Forrageira	120	1970,00	3,00	49,25	0,20
bomba submersa	60	2776,00	3,00	138,80	0,55
Tubos 2"	120	498,00	3,00	12,45	0,05
Poço	600	5000,00	3,00	25,00	0,10
Mangueiras	60	1812,00	3,00	90,60	0,36
Microaspersores	60	2600,00	3,00	130,00	0,52
Conexões	60	790,00	3,00	39,50	0,16
Galpão	600	5000,00	3,00	25,00	0,10
B.2. Impostos e taxas				10,00	0,04
Imposto Territorial rural	ha	1	10,00	10,00	0,04
B.3. Mão-de-obra fixa				998,00	3,96
Aux. Administração	Salário	1	998,00	998,00	3,96
C. Custos Operacionais Totais (COT)				24076,14	
C.1. (A) + (B)				24076,14	95,63
D. Custos de Oportunidade (CO)				1099,84	4,37
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,40
Arrendamento	ha	1	100,00	100,00	0,40
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				999,84	3,97
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664,00	999,84	3,97
E. CUSTOS TOTAIS				25175,98	100
E.1. CV + CF + CO				25175,98	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 15. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 52 t ha⁻¹ de doses equitativas de *M. aegyptia* e *C. procera* em base seca na densidade populacional de 200 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2025.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				26593,24	#DIV/0!
A.1. Insumos				2040,00	6,92
Sementes de cenoura (Brasília)	500g	20,00	90,00	1800,00	6,10
Sementes de feijão-caupi (Tumucumaque)	kg	30,00	8,00	240,00	0,81
A.2. Mão-de-obra				23221,65	78,76
A.2.1 Custos com adubo verde (<i>C. procera</i>)				6666,25	22,61
Corte (26 t ha ⁻¹)	d/h*	66,38	70,00	4646,25	15,76
Transporte	Frete	3,13	120,00	375,00	1,27
Trituração	d/h*	12,00	70,00	840,00	2,85
Secagem	d/h*	6,25	70,00	437,50	1,48
Ensacamento	d/h*	5,25	70,00	367,50	1,25
Custos com Adubo verde (<i>M. aegyptia</i>)				7175,40	24,34
Corte (26 t ha ⁻¹)	d/h*	70,25	70,00	4917,50	16,68
Transporte	Frete	3,13	120,00	375,60	1,27
Trituração	d/h*	15,63	70,00	1094,10	3,71
Secagem	d/h*	6,26	70,00	438,20	1,49
Ensacamento	d/h*	5	70,00	350,00	1,19
A.2.2 Custos com demais serviços				9380,00	31,81
Limpeza do terreno	h/t**	1	70,00	70,00	0,24
Aração	h/t**	2	70,00	140,00	0,47
Gradagem	h/t**	2	70,00	140,00	0,47
Confecção de canteiros	d/h*	40	70,00	2800,00	9,50
Solarização dos canteiros	d/h*	6	70,00	420,00	1,42
Retirada dos plásticos	d/h*	2	70,00	140,00	0,47
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	7	70,00	490,00	1,66
Plantio feijão-caupi	d/h*	5	70,00	350,00	1,19
Plantio cenoura	d/h*	10	70,00	700,00	2,37
Desbaste feijão-caupi	d/h*	5	70,00	350,00	1,19
Desbaste cenoura	d/h*	6	70,00	420,00	1,42
Capina manual	d/h*	25	70,00	1750,00	5,94
Colheita	d/h*	15	70,00	1050,00	3,56
Transporte	d/h*	8	70,00	560,00	1,90
A.3. Energia elétrica				348,24	1,18
Forrageira	Kw/h	162,72	0,39	63,46	0,22
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	0,29	284,78	0,97
A.4. Outras despesas				120,60	0,41
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	0,41
A.5. Manutenção e Conservação				862,75	2,93
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	100,00	0,34
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	5000,00	250,00	0,85

7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	512,75	1,74
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				1791,35	6,08
B.1. Depreciação				461,35	1,56
bomba submersa	60	2776,00	3,00	138,80	0,47
Tubos 2"	120	498,00	3,00	12,45	0,04
Poço	600	5000,00	3,00	25,00	0,08
Mangueiras	60	1812,00	3,00	90,60	0,31
Microaspersores	60	2600,00	3,00	130,00	0,44
Conexões	60	790,00	3,00	39,50	0,13
Galpão	600	5000	3,00	25,00	0,08
B.2. Impostos e taxas				10,00	0,03
Imposto Territorial rural	ha	1	10,00	10,00	0,03
B.3. Mão-de-obra fixa				1320,00	4,48
Aux. Administração	Salário	1	1320,00	1320,00	4,48
C. Custos Operacionais Totais (COT)				28384,59	
C.1. (A) + (B)				28384,59	96,27
D. Custos de Oportunidade (CO)				1099,84	3,73
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,34
Arrendamento	ha	1	100,00	100,00	0,34
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				999,84	3,39
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664,00	999,84	3,39
E. CUSTOS TOTAIS				29484,43	100
E.1. CV + CF + CO				29484,43	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 16. Custos de produção por hectare do consórcio de cenoura e feijão-caupi adubado com 68 t ha⁻¹ de doses equitativas de *M. aegyptia* e *C. procera* em base seca na densidade populacional de 200 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2025.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				30265,19	91,28
A.1. Insumos				2040,00	6,15
Sementes de cenoura (Brasília)	500g	20,00	90,00	1800,00	5,43
Sementes de feijão-caupi (Tumucumaque)	kg	30,00	8,00	240,00	0,72
A.2. Mão-de-obra				26893,60	81,11
A.2.1 Custos com adubo verde (<i>C. procera</i>)				8502,00	25,64
Corte (34 t ha ⁻¹)	d/h*	86,30	70,00	6041,00	18,22
Transporte	Frete	4,07	120,00	488,40	1,47
Trituração	d/h*	13,06	70,00	914,20	2,76
Secagem	d/h*	8,12	70,00	568,40	1,71
Ensacamento	d/h*	7,00	70,00	490,00	1,48
Custos com Adubo verde (<i>M. aegyptia</i>)				9011,60	27,18
Corte (34 t ha ⁻¹)	d/h*	90,17	70,00	6311,90	19,04
Transporte	Frete	4,07	120,00	488,40	1,47
Trituração	d/h*	16,71	70,00	1169,70	3,53
Secagem	d/h*	8,13	70,00	569,10	1,72
Ensacamento	d/h*	6,75	70,00	472,50	1,43
A.2.2 Custos com demais serviços				9380,00	28,29
Limpeza do terreno	h/t**	1	70,00	70,00	0,21
Aração	h/t**	2	70,00	140,00	0,42
Gradagem	h/t**	2	70,00	140,00	0,42
Confecção de canteiros	d/h*	40	70,00	2800,00	8,44
Solarização dos canteiros	d/h*	6	70,00	420,00	1,27
Retirada dos plásticos	d/h*	2	70,00	140,00	0,42
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	7	70,00	490,00	1,48
Plantio feijão-caupi	d/h*	5	70,00	350,00	1,06
Plantio cenoura	d/h*	10	70,00	700,00	2,11
Desbaste feijão-caupi	d/h*	5	70,00	350,00	1,06
Desbaste cenoura	d/h*	6	70,00	420,00	1,27
Capina manual	d/h*	25	70,00	1750,00	5,28
Colheita	d/h*	15	70,00	1050,00	3,17
Transporte	d/h*	8	70,00	560,00	1,69
A.3. Energia elétrica				348,24	1,05
Forrageira	Kw/h	162,72	0,39	63,46	0,19
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	0,29	284,78	0,86
A.4. Outras despesas				120,60	0,36
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	12060,48	120,60	0,36
A.5. Manutenção e Conservação				862,75	2,60
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	10000,00	100,00	0,30
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	5000,00	250,00	0,75
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	7325,00	512,75	1,55

	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				1791,35	5,40
B.1. Depreciação				461,35	1,39
Bobina de plástico	72	2064,00	0,5	14,33	0,04
Forrageira	120	1970,00	3,00	49,25	0,15
bomba submersa	60	2776,00	3,00	138,80	0,42
Tubos 2"	120	498,00	3,00	12,45	0,04
Poço	600	5000,00	3,00	25,00	0,08
Mangueiras	60	1812,00	3,00	90,60	0,27
Microaspersores	60	2600,00	3,00	130,00	0,39
Conexões	60	790,00	3,00	39,50	0,12
Galpão	600	5000,00	3,00	25,00	0,08
B.2. Impostos e taxas				10,00	0,03
Imposto Territorial rural	ha	1	10,00	10,00	0,03
B.3. Mão-de-obra fixa				1320,00	3,98
Aux. Administração	Salário	1	1320,00	1320,00	3,98
C. Custos Operacionais Totais (COT)				32056,54	
C.1. (A) + (B)				32056,54	96,68
D. Custos de Oportunidade (CO)				1099,84	3,32
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,30
Arrendamento	ha	1	100,00	100,00	0,30
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				999,84	3,02
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	16664,00	999,84	3,02
E. CUSTOS TOTAIS				33156,38	100
E.1. CV + CF + CO				33156,38	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 17. Custos de produção por hectare do feijão-caupi em monocultivo adubado com 50 t ha⁻¹ de doses equitativas de *M. aegyptia* e *C. procera* em base seca na densidade populacional de 200 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2025.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)	% sobre CT	
				Un.	TOTAL
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 24.091,59	R\$ 89,29
A.1. Insumos				R\$ 240,00	0,89
Sementes de feijão-caupi (Tumucumaque)	kg	30,00	8,00	R\$ 240,00	0,89
A.2. Mão-de-obra				R\$ 22.520,00	83,46
A.2.1 Custos com adubo verde (<i>C. procera</i>)				R\$ 6.666,25	24,71
Corte (26 t ha ⁻¹)	d/h*	66,38	R\$ 70,00	R\$ 4.646,25	17,22
Transporte	Frete	3,13	R\$ 120,00	R\$ 375,00	1,39
Trituração	d/h*	12,00	R\$ 70,00	R\$ 840,00	3,11
Secagem	d/h*	6,25	R\$ 70,00	R\$ 437,50	1,62
Ensacamento	d/h*	5,25	R\$ 70,00	R\$ 367,50	1,36
Custos com Adubo verde (<i>M. aegyptia</i>)				R\$ 7.173,75	26,59
Corte (26 t ha ⁻¹)	d/h*	70,25	R\$ 70,00	R\$ 4.917,50	18,22
Transporte	Frete	3,13	R\$ 120,00	R\$ 375,00	1,39
Trituração	d/h*	15,63	R\$ 70,00	R\$ 1.093,75	4,05
Secagem	d/h*	6,25	R\$ 70,00	R\$ 437,50	1,62
Ensacamento	d/h*	5,00	R\$ 70,00	R\$ 350,00	1,30
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 8.680,00	32,17
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00	0,26
Aração	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,52
Gradagem	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,52
Confecção de canteiros	d/h*	40	R\$ 70,00	R\$ 2.800,00	10,38
Solarização dos canteiros	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,56
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,52
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	7	R\$ 70,00	R\$ 490,00	1,82
Plantio feijão-caupi	d/h*	10	R\$ 70,00	R\$ 700,00	2,59
Desbaste	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,56
Capina manual	d/h*	25	R\$ 70,00	R\$ 1.750,00	6,49
Colheita	d/h*	15	R\$ 70,00	R\$ 1.050,00	3,89
Transporte	d/h*	8	R\$ 70,00	R\$ 560,00	2,08
A.3. Energia elétrica				R\$ 348,24	1,29
Forrageira	Kw/h	162,72	0,39	R\$ 63,46	0,24
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	0,29	R\$ 284,78	1,06
A.4. Outras despesas				R\$ 120,60	0,45
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 12.060,48	R\$ 120,60	0,45
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 862,75	3,20
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$ 100,00	0,37
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 5.000,00	R\$ 250,00	0,93
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 7.325,00	R\$ 512,75	1,90

	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 1.791,35	6,64
B.1. Depreciação				R\$ 461,35	1,71
Bobina de plásticos	72	R\$ 2.064,00	0,5	R\$ 14,33	0,05
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	3,00	R\$ 49,25	0,18
bomba submersa	60	R\$ 2.776,00	3,00	R\$ 138,80	0,51
Tubos 2"	120	R\$ 498,00	3,00	R\$ 12,45	0,05
Poço	600	R\$ 5.000,00	3,00	R\$ 25,00	0,09
Mangueiras	60	R\$ 1.812,00	3,00	R\$ 90,60	0,34
Microaspersores	60	R\$ 2.600,00	3,00	R\$ 130,00	0,48
Conexões	60	R\$ 790,00	3,00	R\$ 39,50	0,15
Galpão	600	R\$ 5.000,00	3,00	R\$ 25,00	0,09
B.2. Impostos e taxas				R\$ 10,00	0,04
Imposto Territorial rural	ha	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00	0,04
B.3. Mão-de-obra fixa				R\$ 1.320,00	4,89
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.320,00	R\$ 1.320,00	4,89
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 25.882,94	
C.1. (A) + (B)				R\$ 25.882,94	95,92
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.099,84	4,08
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,37
Arrendamento	ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,37
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 999,84	3,71
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 16.664,00	R\$ 999,84	3,71
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 26.982,78	100
E.1. CV + CF + CO				R\$ 26.982,78	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 18. Custos de produção por hectare da cenoura em monocultivo adubada com 50 t ha⁻¹ de doses equitativas de *M. aegyptia* e *C. procera* em base seca na densidade populacional de 500 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2025.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 21.4299,59	R\$ 86,86
A.1. Insumos				R\$ 1.800,00	7,30
Sementes de cenoura (Brasília)	500g	20,00	90,00	R\$ 1.800,00	7,30
A.2. Mão-de-obra				R\$ 18.648,00	75,59
A.2.1 Custos com adubo verde (<i>C. procera</i>)				R\$ 4.666,38	18,91
Corte (20 t ha ⁻¹)	d/h*	46,46	R\$ 70,00	R\$ 3.252,38	13,18
Transporte	Frete	2,19	R\$ 120,00	R\$ 262,50	1,06
Trituração	d/h*	8,40	R\$ 70,00	R\$ 588,00	2,38
Secagem	d/h*	4,38	R\$ 70,00	R\$ 306,25	1,24
Ensacamento	d/h*	3,68	R\$ 70,00	R\$ 257,25	1,04
Custos com Adubo verde (<i>M. aegyptia</i>)				R\$ 5.021,63	20,35
Corte (20 t ha ⁻¹)	d/h*	49,18	R\$ 70,00	R\$ 3.442,25	13,95
Transporte	Frete	2,19	R\$ 120,00	R\$ 262,50	1,06
Trituração	d/h*	10,94	R\$ 70,00	R\$ 765,63	3,10
Secagem	d/h*	4,38	R\$ 70,00	R\$ 306,25	1,24
Ensacamento	d/h*	3,50	R\$ 70,00	R\$ 245,00	0,99
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 8.610,00	34,90
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00	0,28
Aração	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,57
Gradagem	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,57
Confecção de canteiros	d/h*	40	R\$ 70,00	R\$ 2.800,00	11,35
Solarização dos canteiros	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,70
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,57
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	7	R\$ 70,00	R\$ 490,00	1,99
Plantio cenoura	d/h*	10	R\$ 70,00	R\$ 700,00	2,84
Desbaste	d/h*	5	R\$ 70,00	R\$ 350,00	1,42
Capina manual	d/h*	25	R\$ 70,00	R\$ 1.750,00	7,09
Colheita	d/h*	15	R\$ 70,00	R\$ 1.050,00	4,26
Transporte	d/h*	8	R\$ 70,00	R\$ 560,00	2,27
A.3. Energia elétrica				R\$ 348,24	1,41
Forrageira	Kw/h	162,72	0,39	R\$ 63,46	0,26
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	0,29	R\$ 284,78	1,15
A.4. Outras despesas				R\$ 120,60	0,49
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 12.060,48	R\$ 120,60	0,49
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 862,75	3,50
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$ 100,00	0,41
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 5.000,00	R\$ 250,00	1,01
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 7.325,00	R\$ 512,75	2,08
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT

B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 1.791,35	7,26
B.1. Depreciação				R\$ 461,35	1,87
Bobina de plástico	72	R\$ 2.064,00	0,5	R\$ 14,33	0,06
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	3,00	R\$ 49,25	0,20
bomba submersa	60	R\$ 2.776,00	3,00	R\$ 138,80	0,56
Tubos 2"	120	R\$ 498,00	3,00	R\$ 12,45	0,05
Poço	600	R\$ 5.000,00	3,00	R\$ 25,00	0,10
Mangueiras	60	R\$ 1.812,00	3,00	R\$ 90,60	0,37
Microaspersores	60	R\$ 2.600,00	3,00	R\$ 130,00	0,53
Conexões	60	R\$ 790,00	3,00	R\$ 39,50	0,16
Galpão	600	R\$ 5.000,00	3,00	R\$ 25,00	0,10
B.2. Impostos e taxas				R\$ 10,00	0,04
Imposto Territorial rural	ha	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00	0,04
B.3. Mão-de-obra fixa				R\$ 1.320,00	5,35
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.320,00	R\$ 1.320,00	5,35
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 23.570,94	
C.1. (A) + (B)				R\$ 23.570,94	95,54
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.099,84	4,46
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,41
Arrendamento	ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,41
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 999,84	4,05
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 16.664,00	R\$ 999,84	4,05
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 24.320,78	100
E.1. CV + CF + CO				R\$ 24.320,78	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 19. Tabela de médias das características avaliadas na cultura do feijão-caupi: altura de plantas (AP), número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens verde (CVV), produtividade de vagens verdes (PVV), peso de 100 grãos verdes (P100GV), produtividade de grãos verdes (PGV) e dos índices agromonetários: índice de produtividade do sistema (IPS), coeficiente de equivalência de terra (CET) e razão de equivalência monetária (REM) avaliados no consórcio cenoura × feijão-caupi sob doses de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi em ambiente semiárido. Mossoró, UFERSA, 2025.

Densidades populacionais de feijão-caupi (mil plantas ha ⁻¹)	Doses de biomassa seca de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i>	Características agrônômicas						Índices agromonetários		
		AP (cm)	CVV (cm)	PVV (t ha ⁻¹)	P100GV (g)	NVVP (und)	PGV (t ha ⁻¹)	IPS	CET	REM
80	20	62,20	20,05	1,49	38,22	4,58	2,87	21,00	0,70	1,22
80	36	65,45	20,97	1,68	39,00	6,23	3,33	21,56	0,77	1,15
80	52	65,67	21,38	1,85	39,22	6,96	3,77	22,12	0,80	1,18
80	68	64,16	21,37	1,69	41,00	5,58	3,62	22,04	0,78	1,18
120	20	62,35	21,31	1,61	39,16	4,75	3,37	21,45	0,73	1,19
120	36	65,58	21,68	1,85	39,91	6,79	3,38	21,78	0,76	1,13
120	52	66,94	21,76	2,14	40,98	7,38	4,01	22,63	0,83	1,21
120	68	66,69	21,58	2,02	42,56	6,20	3,91	22,20	0,79	1,19
160	20	63,39	21,43	1,75	40,14	4,82	3,62	22,60	0,86	1,23
160	36	65,66	21,74	1,79	40,94	6,82	3,91	22,70	0,86	1,23
160	52	67,44	21,88	1,99	40,99	7,57	4,13	22,83	0,87	1,23
160	68	67,34	21,69	1,86	40,44	6,92	3,96	23,33	0,89	1,26
200	20	63,37	21,31	1,64	38,53	4,27	3,65	21,22	0,75	1,18
200	36	64,08	21,32	1,74	39,03	5,08	3,76	21,65	0,77	1,16
200	52	66,93	20,41	1,88	39,53	6,05	3,94	22,21	0,91	1,21
200	68	66,79	20,24	1,75	39,04	5,48	3,77	21,33	0,75	1,13

Tabela 20. Tabela de médias da cultura da cenoura: altura de plantas (AP), número de folhas por planta (NFP), massa verde da parte aérea (MVPA), massa seca de raízes (MSR), produtividade total (PT), produtividade comercial (PC), produtividade de raízes longas (PRL), médias (PRM), curtas (PRC) e refugo (PRR) avaliados no consórcio cenoura × feijão-caupi sob doses de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi em ambiente semiárido. Mossoró, UFRSA, 2025.

Densidades populacionais de feijão-caupi (mil plantas ha ⁻¹)	Doses de biomassa seca de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i>	AP (cm)	NFP (und)	MVPA (t ha ⁻¹)	MSR (t ha ⁻¹)	PRC (t ha ⁻¹)	PRM (t ha ⁻¹)	PRL (t ha ⁻¹)	PC (t ha ⁻¹)	PRR (t ha ⁻¹)	PT (t ha ⁻¹)
80	20	37,68	7,3	3,90	1,08	5,08	10,26	6,56	21,90	3,02	24,92
80	36	39,58	7,5	4,04	1,15	5,53	8,84	5,84	20,21	2,02	22,23
80	52	39,74	7,6	4,36	1,16	6,74	8,71	5,74	21,19	2,01	23,20
80	68	37,50	7,3	4,43	1,12	6,46	8,24	5,30	20,00	1,92	21,92
120	20	38,14	7,5	3,92	1,10	5,88	10,15	5,87	21,90	1,63	23,53
120	36	39,17	7,6	4,32	1,16	6,57	8,99	5,49	21,05	1,54	22,59
120	52	39,84	7,7	4,42	1,17	6,94	8,94	5,36	21,24	1,49	22,73
120	68	38,96	7,6	4,50	1,13	7,02	8,88	5,28	20,88	1,31	22,19
160	20	38,04	7,2	4,01	1,13	6,24	10,50	5,45	22,19	1,60	23,79
160	36	38,20	7,5	4,36	1,17	6,52	9,39	5,37	21,28	1,49	22,77
160	52	38,51	7,6	4,49	1,18	6,58	9,11	5,34	21,03	1,40	22,43
160	68	38,43	7,5	4,54	1,14	6,86	9,09	5,22	21,17	1,23	22,40
200	20	35,71	7,2	4,19	1,11	4,83	9,57	5,44	19,84	1,20	21,04
200	36	35,92	7,4	4,65	1,13	5,77	9,21	5,33	20,31	1,39	21,70
200	52	35,96	7,5	4,71	1,14	5,75	9,08	5,17	20,00	1,24	21,24
200	68	34,88	6,8	4,55	1,11	6,14	8,54	5,09	19,77	1,15	20,92

Tabela 21. Tabela de médias dos índices agrobiológicos: razão equivalente de terra (RET), vantagem do consórcio (VC), índice de eficiência produtiva e escore da variável canônica (Z) e de competição: índice de superação da cenoura sobre o feijão-caupi (IS_c), índice de superação do feijão-caupi sobre a cenoura (IS_f), razão competitiva (RC) e perda de rendimento real (PRR) avaliados no consórcio cenoura × feijão-caupi sob doses de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi em ambiente semiárido. Mossoró, UFERSA, 2025.

Densidades populacionais de feijão-caupi (mil plantas ha ⁻¹)	Doses de biomassa seca de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i>	Índices agrobiológicos				Índices de competição			
		RET	VC	IEP	Z	IS _c	IS _f	RC	PRR
80	20	1,69	10,45	0,86	2,46	0,38	-0,38	2,30	1,38
80	36	1,73	11,54	0,83	2,71	0,48	-0,48	2,09	1,46
80	52	1,78	12,21	0,90	2,82	0,57	-0,57	2,12	1,56
80	68	1,67	11,33	0,96	2,68	0,36	-0,36	2,09	1,43
120	20	1,74	11,07	0,86	2,78	0,48	-0,48	2,24	1,49
120	36	1,77	12,11	0,86	2,81	0,56	-0,56	2,11	1,55
120	52	1,83	12,36	0,89	2,83	0,66	-0,66	2,11	1,58
120	68	1,73	11,48	0,98	2,80	0,45	-0,45	2,14	1,51
160	20	1,78	11,99	0,87	2,81	0,49	-0,49	2,12	1,58
160	36	1,79	12,36	0,86	2,85	0,50	-0,50	2,08	1,65
160	52	1,85	13,06	0,89	2,87	0,67	-0,67	2,07	1,67
160	68	1,82	12,89	0,95	2,84	0,49	-0,49	2,08	1,64
200	20	1,71	10,01	0,79	2,65	0,52	-0,52	2,10	1,31
200	36	1,77	11,49	0,83	2,72	0,56	-0,56	2,09	1,46
200	52	1,82	13,02	0,86	2,82	0,68	-0,68	2,03	1,65
200	68	1,77	11,06	0,96	2,65	0,46	-0,46	2,08	1,40

Tabela 22. Tabela de médias dos indicadores de eficiência econômica: renda bruta (RB), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) avaliados no consórcio cenoura × feijão-caupi sob doses de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi em ambiente semiárido. Mossoró, UFERSA, 2025.

Densidades populacionais de feijão-caupi (mil plantas ha ⁻¹)	Doses de biomassa seca de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i>	RB (R\$ ha ⁻¹)	RL (R\$ ha ⁻¹)	TR (R\$)	IL (%)
80	20	152880,80	127210,77	5,73	86,99
80	36	153092,45	128103,22	6,13	83,65
80	52	159434,94	129814,50	6,39	81,40
80	68	151648,60	117936,22	4,50	77,76
120	20	153579,47	130776,69	5,77	87,09
120	36	158562,02	133440,04	6,31	84,06
120	52	159992,20	134883,80	6,50	81,80
120	68	152584,05	130803,67	4,99	79,90
160	20	162616,12	135625,34	6,25	87,35
160	36	163364,92	136054,94	6,38	84,31
160	52	164857,25	137560,82	6,66	81,65
160	68	160666,18	127697,80	4,87	79,38
200	20	149511,64	128332,86	6,06	85,71
200	36	153620,56	128444,58	6,10	83,60
200	52	155224,59	129740,16	6,26	80,96
200	68	150038,69	116882,31	4,53	77,88

Tabela 23. Tabela de médias dos indicadores pós-colheita de grãos de feijão-caupi: carotenoides totais (CT), clorofila total (CLOT) e os minerais potássio (K), fósforo (P) e sódio (Na) avaliados no consórcio cenoura × feijão-caupi sob doses de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi em ambiente semiárido. Mossoró, UFERSA, 2025.

Densidades populacionais de feijão-caupi (mil plantas ha ⁻¹)	Doses de biomassa seca de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i>	CT (mg g ⁻¹)	CLOT (mg 100g ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	Na (g kg ⁻¹)
80	20	0,719	3,75	14,13	5,27	0,168
80	36	0,759	3,99	14,38	5,57	0,186
80	52	0,790	3,82	14,04	4,99	0,247
80	68	0,711	3,12	13,42	5,15	0,179
120	20	0,743	3,87	14,16	5,41	0,185
120	36	0,767	4,13	14,67	6,08	0,226
120	52	0,822	3,27	14,54	5,97	0,205
120	68	0,792	3,24	13,73	5,34	0,175
160	20	0,761	3,98	13,90	5,17	0,185
160	36	0,769	3,68	14,16	5,23	0,204
160	52	0,726	3,36	14,40	4,96	0,184
160	68	0,716	3,13	12,80	5,12	0,156
200	20	0,697	3,83	13,17	4,64	0,161
200	36	0,784	4,26	14,13	4,79	0,184
200	52	0,735	3,76	13,07	5,52	0,190
200	68	0,707	3,00	12,76	4,04	0,170

Tabela 24. Tabela de médias dos parâmetros de cor na cenoura: luminosidade (L), (a^*) e (b^*) e índices de qualidade pós-colheita: potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) açúcares solúveis totais (AST), vitamina C (Vit C) e carotenoide total (CT) avaliados no consórcio cenoura × feijão-caupi sob doses de biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* e densidades populacionais de feijão-caupi em ambiente semiárido. Mossoró, UFRSA, 2025.

Densidades populacionais de feijão-caupi (mil plantas ha ⁻¹)	Doses de biomassa seca de <i>M. aegyptia</i> e <i>C. procera</i>	Parâmetros de cor			Índices de qualidade pós-colheita					
		L*	a^*	b^*	pH _c	SS _f	AT	AST	Vit C	CT
80	20	58,85	20,98	41,70	5,78	8,38	0,115	7,62	32,55	0,83
80	36	59,21	22,30	42,19	5,91	8,56	0,137	7,65	36,67	0,86
80	52	58,87	21,10	41,24	5,92	8,61	0,140	8,00	38,04	0,83
80	68	58,34	20,77	41,07	5,64	8,03	0,116	7,56	33,42	0,74
120	20	59,60	21,35	42,43	5,81	8,57	0,130	7,78	36,29	0,90
120	36	60,65	22,84	43,56	5,93	8,59	0,149	7,79	39,98	0,92
120	52	60,20	21,54	42,38	5,94	8,63	0,144	8,02	40,23	0,77
120	68	59,45	21,44	41,97	5,69	8,26	0,130	7,57	37,50	0,75
160	20	60,21	20,29	41,67	5,82	8,98	0,156	7,79	37,95	0,96
160	36	60,75	20,38	41,54	5,94	9,24	0,166	7,80	40,02	0,87
160	52	60,22	19,93	41,55	5,95	9,57	0,149	8,07	45,28	0,78
160	68	59,56	19,67	40,01	5,75	8,38	0,133	7,69	40,88	0,73
200	20	59,42	20,17	41,47	5,76	8,44	0,144	7,27	35,46	0,82
200	36	59,46	21,10	41,51	5,86	8,52	0,147	7,32	37,67	0,80
200	52	59,14	20,04	41,06	5,88	8,75	0,148	7,39	36,38	0,72
200	68	59,17	19,18	40,00	5,54	8,36	0,118	7,06	35,58	0,73