

BIOMASSA E EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA E DA TERRA EM SISTEMAS SOLTEIROS E CONSORCIADOS DE FEIJÃO-CAUPI E MILHO SOB SEQUEIRO, EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA

YGOR FERREIRA BARROS¹, JOEL ALVES DE OLIVEIRA², MARIA TATIANE FERREIRA BENTO³, EVERTON KAUAN ELIAS BATISTA⁴, ALEXANDRE REUBER ALMEIDA DA SILVA⁵, CARLOS NEWDMAR VIEIRA FERNANDES⁶

¹ Curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Estado do Ceará (IFCE)- campus Iguatu / Várzea Alegre, Km 05, s/n, Vila Cajazeiras, CEP: 63503-790 Fone: (88) 9650-5627, Iguatu-CE, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/00009-0000-2919-4468>, ygor.ferreira.barros09@aluno.ifce.edu.br.

² Curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Estado do Ceará (IFCE)- campus Iguatu / Várzea Alegre, Km 05, s/n, Vila Cajazeiras, CEP: 63503-790 Fone: (88) 9438-5522, Iguatu-CE, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8716-3958>, oliveira.alves07@aluno.ifce.edu.br

³ Curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Estado do Ceará (IFCE)- campus Iguatu / Várzea Alegre, Km 05, s/n, Vila Cajazeiras, CEP: 63503-790 Fone: (88) 2184-1016, Iguatu-CE, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4885-758X>, tatiane.ferreira09@aluno.ifce.edu.br

⁴ Curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Estado do Ceará (IFCE)- campus Iguatu / Várzea Alegre, Km 05, s/n, Vila Cajazeiras, CEP: 63503-790 Fone: (88) 8182-6991, Iguatu-CE, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7151-8379>, evertton.kauan08@aluno.ifce.edu.br

⁵ Departamento de ensino, Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Estado do Ceará (IFCE)- campus Iguatu / Várzea Alegre, Km 05, s/n, Vila Cajazeiras, CEP: 63503-790 Fone: (88) 9985-6158, Iguatu-CE, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9757-7265>, alexandre.reuber@ifce.edu.br

⁶ Departamento de ensino, Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Estado do Ceará (IFCE)- campus Iguatu / Várzea Alegre, Km 05, s/n, Vila Cajazeiras, CEP: 63503-790 Fone: (88) 9940-2593, Iguatu-CE, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7709-6029>, newdmr.fernandes@ifce.edu.br

RESUMO: A produção agrícola em sequeiro no semiárido brasileiro enfrenta o desafio da irregularidade das precipitações. Sistemas consorciados de feijão-caupi e milho, aliados à escolha adequada dos genótipos e das épocas de semeadura, podem aumentar a produtividade e otimizar o uso da água da chuva e da terra. Este estudo avaliou a produção de biomassa e indicadores de eficiência no uso da água e da terra em sistemas solteiros e consorciados de feijão-caupi e dois genótipos de milho (híbrido e variedade), semeados em duas épocas sob condições de sequeiro, no semiárido cearense. O experimento foi realizado entre fevereiro e maio de 2025, em Iguatu (CE), utilizando um delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas e três repetições. As duas épocas de semeadura foram 20/02 e 21/03/2025. Foram usados os genótipos BRS Pujante, PR27D28 e BRS Caatingueiro. Os resultados mostraram que os consórcios, especialmente os com milho híbrido, geraram maior biomassa e eficiência no uso dos recursos quando plantados na primeira época. A semeadura tardia comprometeu o desempenho dos sistemas. Assim, recomenda-se antecipar a semeadura e priorizar consórcios do feijão-caupi com milho híbrido para melhorar a resiliência da agricultura de sequeiro no semiárido.

Palavras-chave: cultivo múltiplo; *vigna unguiculata* l. walp.; *zea mays* l.

BIOMASS AND EFFICIENCY IN WATER AND LAND USE IN SOLE AND INTERCROPPED SYSTEMS OF COWPEA AND CORN UNDER DRY FIELD, IN DIFFERENT SOWING TIMES

ABSTRACT: Dryland agricultural production in semiarid regions in Brazil faces the challenge of irregular rainfall. Intercropping systems of cowpea and maize, combined with the appropriate choice of genotypes and sowing dates, can increase productivity and optimize the use of rainwater and land. In this study, biomass production and indicators of water and land use efficiency in soil and intercropped systems of cowpea and two maize genotypes (hybrid and variety) sown on two dates

under rainfed conditions in the semiarid region of Ceará were evaluated. The experiment was conducted between February and May 2025 in Iguatu, Ceará, using a randomized block design with split plots and three replications. The two sowing dates were February 20 and March 21, 2025. The genotypes used were BRS Pujante, PR27D28, and BRS Caatingueiro. The results revealed that when planted at the first sowing date, intercropping systems, especially those with hybrid maize, produced greater biomass and higher resource use efficiency. Late sowing compromised system performance. Therefore, early sowing and the prioritization of cowpea–hybrid maize intercropping are recommended to improve the resilience of rainfed agriculture in semiarid regions.

Keywords: multiple cropping; *vigna unguiculata* l. walp.; *zea mays* L.

1 INTRODUÇÃO

A produção agrícola no semiárido brasileiro é fortemente influenciada pela variabilidade climática, especialmente quanto à distribuição irregular e à intensidade das chuvas. No município de Iguatu, Ceará, a precipitação concentra-se entre dezembro e maio, com frequência de veranicos e chuvas mal distribuídas, o que limita o sucesso da agricultura de sequeiro (Campos; Andrade, 2021). Nesse contexto, o uso de sistemas consorciados, como o de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) com milho (*Zea mays*), surge como alternativa promissora por possibilitar maior eficiência na utilização da água, da terra e de outros recursos produtivos (Ligarreto-Moreno; Arenas-Ochoa, 2023). Todavia, a escolha adequada de genótipos, arranjos de cultivo e épocas de semeadura pode contribuir significativamente para a sustentabilidade da produção em ambientes com restrição hídrica. Diante do exposto, objetivou-se avaliar o desempenho produtivo, com base na produção de biomassa e nos indicadores de uso eficiente da água e da terra, em sistemas de cultivo solteiros e consorciados com feijão-caupi e dois genótipos de milho (híbrido e variedade), estabelecidos em diferentes épocas de semeadura, em condições de sequeiro no semiárido cearense, visando elucidar os efeitos das variações da disponibilidade hídrica, com fator determinante da produção de biomassa pelas culturas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre fevereiro e maio de 2025, na área experimental do Instituto Federal do Ceará – *Campus Iguatu*,

em Iguatu, Ceará (6°39' S, 39°26' O; 218 m), em um Argissolo de textura areia franca (0 – 0,20 m), sob clima semiárido quente (BSh). Adotou-se um delineamento em blocos casualizados, em parcelas subdivididas 2 × 7, com três repetições, totalizando 42 unidades experimentais (15 m² cada). As parcelas corresponderam a duas épocas de semeadura (20/02 e 21/03/2025), e as subparcelas a sete sistemas de cultivo: (1) feijão-caupi solteiro; (2) milho híbrido solteiro; (3) milho variedade solteiro; (4) milho híbrido consorciado com feijão-caupi; (5) milho variedade consorciado com feijão-caupi; (6) feijão-caupi consorciado com milho híbrido; e (7) feijão-caupi consorciado com milho variedade. Utilizaram-se os genótipos BRS Pujante (feijão-caupi), PR27D28 (milho híbrido) e BRS Caatingueiro (milho variedade), recomendados pelo programa Hora de Plantar 2025.

O solo foi preparado com aração e gradagem, seguido de semeadura manual. A adubação seguiu recomendações baseadas na análise de solo. Os tratos culturais incluíram capinas manuais e controle fitossanitário conforme práticas locais. A biomassa seca (BS) das culturas foram determinadas aos 69 dias após a semeadura, por meio da coleta de quatro plantas por parcela para os genótipos de milho. Para o feijão-caupi, utilizou-se um gabarito de 0,25 m². Em ambos os casos, as amostras foram secas a 65 °C em estufa de circulação forçada, sendo a BS expressa em kg ha⁻¹. A produtividade da água da chuva (PABS) foi calculada como a razão entre BS e precipitação acumulada (kg m⁻³), conforme Gebremedhin *et al.* (2023), e a eficiência do uso da terra (UETBS), segundo Willey (1979). A evapotranspiração da cultura (ETc) foi estimada pela multiplicação entre a

evapotranspiração de referência (ET_o) calculada pelo método FAO Penman-Monteith e os coeficientes das culturas (K_c) conforme as sugestões de K_c's de Souza, Bezerra e Teófilo (2005) e de Santos *et al.* (2014) para feijão-caupi e milho, respectivamente. A necessidade suplementar de água (NSA) foi calculada pela diferença entre a ET_c e a precipitação efetiva (Pe) e a satisfação relativa de água (SRA) pela razão entre a Pe e a ET_c, conforme Gebremedhin *et al.* (2023). Os dados das variáveis respostas das culturas foram submetidos à análise de variância e quando denotados efeitos significativos, adotou-se o teste de Tukey para comparação das médias, utilizando-se do software ASSISTAT.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (dados não apresentados) revelou efeito significativo da época de semeadura apenas sobre a UETBS. Os sistemas de cultivo influenciaram significativamente todas as variáveis (BS,

PABS e UETBS), assim como a interação entre épocas e tratamentos, indicando respostas diferenciadas em função da sazonalidade hídrica local propiciada pelos estabelecimentos dos cultivos nas diferentes épocas.

Durante os ciclos do feijão-caupi e do milho, ambas as épocas de semeadura tiveram precipitação efetiva acima da evapotranspiração, gerando excedente hídrico (NSA negativa). No milho-verde, a Época 1 apresentou NSA total de -82,08 mm e a Época 2, -14,94 mm, com SRA sempre acima de 100%, exceto na floração da Época 2 (68,78%), indicando possível restrição hídrica nesse estágio. As necessidades suplementares totais foram -128,13 mm (Época 1) e -76,33 mm (Época 2), com déficit maior na floração da Época 2 (NSA 43,36 mm e SRA 76,03%), evidenciando maior estresse hídrico nessa época. Houve excesso de água nos estádios iniciais em ambas as épocas, com SRA acima de 200% neste estágio, sugerindo risco de saturação do solo e prováveis efeitos adversos para as plantas (Tabela 1).

Tabela 1. Indicadores hídricos (PPT, ETc, NSA e SRA) nos diferentes estádios fenológicos do feijão-caupi e do milho-verde em duas épocas de cultivo.

Feijão-caupi						
Estádio	DAS	Época	PPT (mm per-1)	ETc (mm per-1)	NSA (mm per-1)	SRA (%)
Vegetativo	0 – 34	1	145,20	127,42	-17,78	113,95
		2	151,93	119,43	-32,50	127,21
Floração	35 – 50	1	110,93	92,53	-18,40	119,88
		2	63,71	92,63	28,92	68,78
Enchimento de vagens	5 – 64	1	110,34	58,77	-51,57	187,75
		2	116,96	94,93	-22,03	123,21
Maturação	65 – 69	1	0,00	5,67	5,67	0,00
		2	0,00	10,67	10,67	0,00
Totais	(-)	1	366,47	284,39	-82,08	128,86
		2	332,60	317,66	-14,94	104,70
Milho verde						
Inicial	0 – 16	1	109,90	39,93	-69,97	275,25
		2	115,34	39,04	-76,30	295,40
Desenvolvimento	17 – 37	1	131,81	61,33	-70,48	214,93
		2	108,70	56,38	-52,32	192,81
Floração	38 – 65	1	130,44	138,18	7,74	94,40
		2	137,55	180,91	43,36	76,03
Maturação Fisiológica	66 – 69	1	0,00	4,58	4,58	0,00
		2	0,00	8,92	8,92	0,00
Totais	(-)	1	372,15	244,02	-128,13	152,51
		2	361,59	285,26	-76,33	126,76

Precipitação efetiva (PPT, mm período⁻¹), evapotranspiração da cultura (ETc, mm período⁻¹), necessidade suplementar de água (NSA, mm período⁻¹) e satisfação relativa de água (SRA, %) nos diferentes estádios fenológicos em feijão-caupi e em genótipos de milho (híbrido e variedade), cultivados solteiros e consorciados, sob sequeiro, em duas épocas de semeadura durante a estação chuvosa de 2025, em Iguatu, Ceará.

Fonte: Autores (2025)

A produção de biomassa seca (BS) foi maior na Época 1 para o feijão-caupi solteiro (7.802 kg ha⁻¹) e para o milho híbrido consorciado com feijão-caupi (13.169 kg ha⁻¹), refletindo o melhor suprimento relativo de água (SRA) nos estádios vegetativos e reprodutivos do feijão. O milho híbrido e variedade solteiros mantiveram alta BS em ambas as épocas, com destaque para o milho híbrido na Época 2 (11.886 kg ha⁻¹). A queda da BS do feijão em consórcio com milho variedade na Época 2 (4.669 kg ha⁻¹) está associada à menor disponibilidade hídrica durante a floração do feijão-caupi. A produtividade da água na BS (PABS) acompanhou o padrão da BS, mas mostrou maior sensibilidade ao suprimento hídrico, com ganhos para o milho híbrido solteiro e consórcios na Época 2, mesmo com menores precipitações, e queda para o feijão-

caupi solteiro e consorciado com milho variedade, devido à restrição hídrica (SRA < 70%). A eficiência do uso da terra (UETBS) foi alta e semelhante entre consórcios na Época 1, com destaque para feijão-caupi com milho variedade (2,80). Na Época 2, a UETBS caiu significativamente nos consórcios com feijão, especialmente com milho variedade (0,44), mostrando menor eficiência sob restrição hídrica durante a fase reprodutiva do feijão. Em resumo, na Época 1, todos os consórcios apresentaram UETBS > 1, indicando vantagem produtiva sobre monocultivos com bom suprimento hídrico; na Época 2, apenas consórcios com milho mantiveram essa vantagem (UETBS = 2,13), enquanto o feijão-caupi em consórcio teve UETBS < 1, evidenciando a desvantagem produtiva da

cultura sob restrição hídrica, especialmente quando incidente na floração (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios de biomassa seca, produtividade da água e uso eficiente da terra em feijão-caupi e milho

Tratamento	BS (kg ha ⁻¹)		PABS (kg m ⁻³)		UETBS (–)	
	Ép. Sem. 1	Ép. Sem. 2	Ép. Sem. 1	Ép. Sem. 2	Ép. Sem. 1	Ép. Sem. 2
Feijão-caupi solteiro	7.801,94 ^{aABC}	5.119,12 ^{aBC}	1,51 ^{aABC}	1,02 ^{aBC}	–	–
Milho híbrido solteiro	11.488,74 ^{aAB}	11.885,55 ^{aA}	2,22 ^{aAB}	2,39 ^{aA}	–	–
Milho var. solteiro	7.011,62 ^{aBC}	9.020,43 ^{aABC}	1,35 ^{aBC}	1,81 ^{aABC}	–	–
Milho híbrido cons. feijão-caupi	13.169,39 ^{aA}	13.088,41 ^{aA}	2,54 ^{aA}	2,63 ^{aA}	2,13 ^{aA}	2,13 ^{aA}
Milho var. cons. feijão-caupi	4.767,08 ^{bC}	10.575,56 ^{aAB}	0,92 ^{bC}	2,12 ^{aAB}	1,79 ^{aA}	1,60 ^{aAB}
Feijão-caupi cons. milho híbrido	7.490,01 ^{aBC}	5.267,36 ^{aBC}	1,44 ^{aABC}	1,05 ^{aBC}	1,66 ^{aA}	0,40 ^{bB}
Feijão-caupi cons. milho var.	8.305,09 ^{aABC}	4.668,69 ^{bC}	1,60 ^{aABC}	0,93 ^{aC}	2,80 ^{aA}	0,44 ^{bB}

Valores médios de produção de biomassa seca (BS, kg ha⁻¹), produtividade da água na produção de biomassa seca (PABS, kg m⁻³) e uso eficiente da terra na produção de biomassa seca (UETBS) de plantas de feijão-caupi e de genótipos de milho (híbrido e variedade), cultivados em sistema solteiro e consorciado, sob condições de sequeiro, em duas épocas de semeadura (Ep. Sem.), correspondentes à primeira (1) e à segunda (2) época de cultivo, durante a estação chuvosa de 2025, no município de Iguatu, Ceará. Consorciado (cons.); Variedade (var.). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si, conforme o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade; DMS: diferença mínima significativa.

Fonte: Autores (2025)

4 CONCLUSÕES

Os sistemas consorciados entre feijão-caupi e milho, especialmente com milho híbrido, apresentaram maior produção de biomassa e eficiência no uso da água e da terra quando semeados no início da estação chuvosa. A segunda época de semeadura, com restrição hídrica durante a floração do feijão-caupi, reduziu o desempenho dos consórcios. Recomenda-se, portanto, a adoção de consórcios com milho, preferencialmente híbrido, semeados mais antecipadamente, como estratégia eficiente para agricultura de sequeiro no semiárido.

5 REFERÊNCIAS

- CAMPOS, D. A.; ANDRADE, E. M. de. Seasonal trend of climate variables in an area of the Caatinga phytogeographic domain. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 15, e06833, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v15i0.6833>. Disponível em: <https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/6833>. Acesso em: 10 jun. de 2025.
- GEBREMEDHIN, T.; HAILE, G. G.; GEBREMICAEL, T. G.; LIBSEKAL, H.; WELDE REDA, K. Balancing crop water requirements through supplemental irrigation under rainfed agriculture in a semi-arid environment. **Heliyon**, Washington, DC., v. 9, n. 8, p. e18727, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18727>.

Disponível em:

<https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S2405-8440%2823%2905935-2>. Acesso em: 10 jun. de 2025.

LIGARRETO-MORENO, G. A.; ARENAS-OCHOA, E. G. Biomass, yield and competitiveness of maize and bean crops in an association system. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 70, n. 2, p. 23-31, mar. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X202370020003> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/jjxZhXzJSHfywPRpNXsL8zH/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 10 jun. de 2025.

SANTOS, W. O.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MEDEIROS, J. F.; MOURA, M. S. B.; COSTA NUNES, R. L. Coeficientes de cultivo e necessidades hídricas da cultura do milho verde nas condições do semiárido brasileiro. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 4, p. 559-572, 2014. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2014v19n4p559>

Disponível em:

<https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/529/1062>. Acesso em: 11 jun. de 2025.

SOUZA, M. D. S. M.; BEZERRA, F. M. L.; TEÓFILO, E. M. Coeficientes de cultura do feijão caupi na região litorânea do Ceará. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 3, p. 241-248, 2005. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2005v10n3p241-248> Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3199/1988>. Acesso em: 12 jun. de 2025.

WILLEY, R. W. Intercropping - its importance and research needs. Part 1, competition and yield advantage. **Field Crop Abstracts**, Slough, v. 32, n. 1, p. 1-10, 1979. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/19790783327>. Acesso em: 12 jun. de 2025.