

## DESEMPENHO PRODUTIVO E EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA E DA TERRA EM SISTEMAS SOLTEIROS E CONSORCIADOS DE MILHO E FEIJÃO-CAUPI ESTABELECIDOS EM DISTINTAS ÉPOCAS NO SEMIÁRIDO

EVERTON KAUAN ELIAS BATISTA<sup>1</sup>, KAIO EMANUEL MACEDO DE LIMA<sup>2</sup>, MARIA TATIANE FERREIRA BENTO<sup>3</sup>, YGOR FERREIRA BARROS<sup>4</sup>, ALEXANDRE REUBER ALMEIDA DA SILVA<sup>5</sup>, CARLOS NEWDMAR VIEIRA FERNANDES<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Ceará (IFCE) - campus Iguatu, Rodovia Iguatu / Várzea Alegre, Km 05, s/n, Vila Cajazeiras, CEP: 63503-790, Iguatu, Ceará, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7151-8379>, [everton.kauan08@aluno.ifce.edu.br](mailto:everton.kauan08@aluno.ifce.edu.br)

<sup>2</sup> 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: (85) 3455-3037, Iguatu-CE, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9966-0758>, [kaiio.emmanuel10@aluno.ifce.edu.br](mailto:kaiio.emmanuel10@aluno.ifce.edu.br)

<sup>3</sup> 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: (85) 3455-3037, Iguatu-CE, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4885-758X>, [tatiane.ferreira09@aluno.ifce.edu.br](mailto:tatiane.ferreira09@aluno.ifce.edu.br)

<sup>4</sup> 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: (85) 3455-3037, Iguatu-CE, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/00009-0000-2919-4468>, [ygor.ferreira.barros09@aluno.ifce.edu.br](mailto:ygor.ferreira.barros09@aluno.ifce.edu.br)

<sup>5</sup> 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: (85) 3455-3037, Iguatu-CE, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9757-7265>, [alexandre.reuber@ifce.edu.br](mailto:alexandre.reuber@ifce.edu.br)

<sup>6</sup> 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: (85) 3455-3037, Iguatu-CE, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7709-6029>, [newdm.fernandes@ifce.edu.br](mailto:newdm.fernandes@ifce.edu.br)

**RESUMO:** Consórcios de milho e feijão-caupi podem otimizar o uso da água e da terra, promovendo maior estabilidade produtiva na agricultura de sequeiro no semiárido. Objetivou-se avaliar a produtividade de grãos verdes de feijão-caupi e de espigas verdes de milho, relacionando-a aos indicadores de eficiência no uso da água e da terra em sistemas de cultivo solteiros e consorciados, envolvendo feijão-caupi e dois genótipos de milho (híbrido e variedade), implantados em distintas épocas de semeadura sob condições de sequeiro no semiárido cearense. O experimento foi conduzido entre fevereiro e maio de 2025, em Iguatu (CE), utilizando delineamento em blocos casualizados, em parcelas subdivididas, com três repetições. As semeaduras ocorreram em 20 de fevereiro e 21 de março. Avaliaram-se sete sistemas: feijão-caupi solteiro (BRS Pujante), milho híbrido solteiro (PR27D28), milho variedade solteiro (BRS Caatingueiro), milho híbrido consorciado com feijão-caupi, milho variedade consorciado com feijão-caupi, feijão-caupi consorciado com milho híbrido e feijão-caupi consorciado com milho variedade. A semeadura precoce favoreceu o desempenho produtivo das culturas pela maior disponibilidade hídrica ao longo dos ciclos. O milho híbrido solteiro apresentou maiores produtividades e eficiência no uso da água, enquanto o feijão-caupi obteve melhor desempenho em cultivo solteiro, com redução nos consórcios. Os sistemas consorciados otimizaram-na.

**Palavras-chaves:** *Zea mays* L., *Vigna unguiculata* L. Walp., Agricultura de sequeiro.

## PRODUCTIVE PERFORMANCE AND EFFICIENCY IN WATER AND LAND USE IN SOLE AND INTERCROPPED CORN AND COWPEA SYSTEMS ESTABLISHED AT DIFFERENT SEASONS IN THE SEMI-ARID REGION

**ABSTRACT:** Corn and cowpea intercropping can optimize water and land use, promoting greater production stability in rainfed agriculture in semiarid regions. The objective was to evaluate the productivity of green cowpea grains and green corn ears, relating it to indicators of water and land

Recebido em 05/11/2025 e aprovado para publicação em 10/12/2025

DOI: <http://dx.doi.org/10.17224/EnergAgric.2025v40p112-117>

use efficiency in single and intercropped systems involving cowpea and two corn genotypes (hybrid and variety) planted at different sowing times under rainfed conditions in the semiarid region of Ceará. The experiment was conducted between February and May 2025 in Iguatu (CE) using a randomized block design in subdivided plots with three replications. Sowing took place on February 20 and March 21. Seven systems were evaluated: single cowpea (BRS Pujante), single hybrid corn (PR27D28), single corn variety (BRS Caatingueiro), hybrid corn intercropped with cowpea, corn variety intercropped with cowpea, cowpea intercropped with hybrid corn, and cowpea intercropped with corn variety. Early sowing favored crop productivity because of greater water availability throughout the cycles. Single hybrid corn resulted in higher yields and water use efficiency, whereas single-cropping resulted in better yields and water use efficiency, with a reduction in intercropping. Intercropping systems optimized it.

**Keywords:** *Zea mays* L., *Vigna unguiculata* L., Walp., Rainfed agriculture.

## 1 INTRODUÇÃO

No semiárido brasileiro, estratégias como a consorciação entre milho e feijão-caupi têm sido adotadas para otimizar o uso da água e da terra frente à elevada variabilidade climática (Souza *et al.*, 2004).

No entanto, os resultados agrônômicos sob sequeiro ainda são inconsistentes, influenciados pelas interações entre culturas, condições ambientais e genótipos (Ponce-Encinas *et al.*, 2022). A época de semeadura, por sua vez, exerce papel decisivo ao afetar a disponibilidade hídrica no solo (Cunha *et al.*, 2019).

Nesse contexto, torna-se necessário investigar a interação entre sistemas de cultivo, genótipos e épocas de semeadura visando maior eficiência produtiva e resiliência no semiárido.

Assim, objetivou-se avaliar a produtividade de grãos verdes de feijão-caupi e de espigas verdes de milho, associando-a aos indicadores de eficiência no uso da água e da terra em sistemas de cultivo solteiros e consorciados, envolvendo feijão-caupi e dois genótipos de milho (híbrido e variedade), estabelecidos em distintas épocas de semeadura sob condições de sequeiro no semiárido cearense.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto Federal do Ceará – Campus Iguatu (6°39' S, 39°26' O; 218 m de altitude), em Iguatu, CE, durante a estação chuvosa de 2025 (fevereiro a maio). O clima é

semiárido quente (BSh) e o solo classificado como Argissolo de textura areia franca (0 – 0,20 m).

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas 2 × 7, correspondendo a duas épocas de semeadura e a sete sistemas de cultivo envolvendo feijão-caupi e dois genótipos de milho (híbrido e variedade), em monocultivo e consórcio, com três repetições, totalizando 42 unidades experimentais. Cada parcela mediu 15 m<sup>2</sup>, com espaçamento de 0,75 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas, com densidade de cinco plantas por metro linear. As épocas de semeadura foram 20 de fevereiro e 21 de março de 2025.

Os tratamentos foram: (1) feijão-caupi solteiro (BRS Pujante), (2) milho híbrido solteiro (PR27D28), (3) milho variedade solteiro (BRS Caatingueiro), (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.

O solo foi preparado por aração e gradagem, seguido de semeadura manual, com adubação conforme análise de solo. Durante os cultivos, foram empregadas todas as práticas de manejo necessárias.

A produtividade de espigas frescas de milho-verde e de grãos verdes de feijão-caupi foi avaliada aos 69 dias após a semeadura, na área útil de cada unidade, e expressa em kg ha<sup>-1</sup>. A evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) foi estimada pela multiplicação da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) calculada pelo método FAO Penman-Monteith

pelos coeficientes culturais ( $K_c$ ) específicos para cada cultura e estágio, permitindo o cálculo da necessidade suplementar de água (NSA) e da satisfação relativa de água (SRA).

A produtividade da água da chuva foi obtida pela razão entre a produtividade de grãos e/ou espigas verdes e a precipitação total acumulada entre a semeadura e a colheita, expressa em  $m^3 ha^{-1}$ , conforme Gebremedhin *et al.* (2023). A eficiência do uso da terra (UET) foi estimada com base na metodologia de Willey (1979).

Os dados foram analisados pela análise de variância e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software ASSISTAT.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (não apresentada) revelou efeito significativo da época de

semeadura sobre a produtividade de grãos (feijão-caupi) e de espigas verdes - genótipos de milho - (PGEV) e a produtividade da água (PAGEV), mas não sobre o uso eficiente da terra (UETGEV). Os tratamentos (sistemas de cultivo e genótipos) também influenciaram significativamente a produtividade de grãos (feijão-caupi) e de espigas verdes - genótipos de milho - (PGEV) e a produtividade da água (PAGEV), enquanto a interação entre época de semeadura e tratamentos não foi significativa para nenhuma das variáveis avaliadas.

Observou-se que, nas duas épocas de semeadura, os diferentes genótipos de milho avaliados e o feijão-caupi apresentaram satisfação relativa de água (SRA) superior a 100%, evidenciando que a precipitação efetiva foi suficiente para suprir a demanda hídrica das culturas, mesmo sob condições de sequeiro (Tabela 1).

**Tabela 1.** Precipitação efetiva (PPT, mm período<sup>-1</sup>), evapotranspiração da cultura (ETc, mm período<sup>-1</sup>), necessidade suplementar de água (NSA, mm período<sup>-1</sup>) e satisfação relativa de água (%) em feijão-caupi e em genótipos de milho (híbrido e variedade), cultivados solteiros e consorciados, sob sequeiro, em duas épocas de semeadura na estação chuvosa de 2025, Iguatu, CE.

Culturas	Época 1				Época 2			
	PPT	ETc	NSA	SRA	PPT	ETc	NSA	SRA
	(mm período <sup>-1</sup> )				(mm período <sup>-1</sup> )			
	(%)				(%)			
Milho híbrido e variedade	366,47	284,39	-82,08	128,86	332,60	317,66	-14,94	101,56
Feijão-caupi	372,15	244,02	-128,13	152,51	361,59	285,26	-76,33	126,76

Fonte: Elaborada pelo autor (2025)

Em ambas as épocas, o feijão-caupi apresentou maior excesso hídrico (NSA negativa) e, conseqüentemente, maior SRA em comparação aos genótipos de milho, especialmente na Época 1, o que indica menor exigência hídrica dessa leguminosa. Verifica-se ainda que, na Época 2, a redução da precipitação foi acompanhada por maior demanda hídrica (ETc) do feijão-caupi, resultando em menor excesso de água disponível em relação à Época 1.

Essas variações refletem os efeitos da distribuição das chuvas sobre o balanço hídrico

das culturas e reforçam a importância da adequada escolha da época de semeadura como estratégia de manejo de culturas anuais em regiões semiáridas (Tabela 1).

Os resultados apresentados na Tabela 2 evidenciam que a primeira Época de semeadura proporcionou maior produtividade média geral de grãos verdes de feijão-caupi e de espigas verdes de milho, maior produtividade da água e maior eficiência de uso da terra em comparação à Época 2, muito embora não tenha sido detectado diferenças estatísticas entre as épocas para a variável UETGEV.

**Tabela 2.** Valores médios gerais e produtividade de grãos verdes de feijão-caupi e de espigas verdes de milho (PGEV, kg ha<sup>-1</sup>), produtividade da água (PAGEV, km m<sup>-3</sup>) e uso eficiente da terra (UETGEV, adimensional), em sistemas de cultivo solteiros e consorciados com feijão-caupi e genótipos de milho (híbrido e variedade), sob condições de sequeiro, em duas épocas de semeadura, durante a estação chuvosa de 2025, no município de Iguatu, CE.

Épocas de semeadura	PGEV (kg ha <sup>-1</sup> )	PAGEV (km m <sup>-3</sup> )	UETGEV (adimensional)
Época 1	8.881,51 <sup>a</sup>	1,71 <sup>a</sup>	1,57 <sup>a</sup>
Época 2	6.578,95 <sup>b</sup>	1,32 <sup>b</sup>	1,41 <sup>a</sup>

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si, conforme o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

**Fonte:** Elaborada pelo autor (2025)

Essas diferenças refletem as melhores condições hídricas observadas na Época 1 (Tabela 2), em que se verificou maior precipitação efetiva e maiores índices de satisfação relativa de água para ambas as culturas. A superioridade da Época 1 indica que a semeadura mais precoce favoreceu o desenvolvimento das culturas e o aproveitamento da água disponível no solo, resultando em maior rendimento produtivo e melhor eficiência no uso dos recursos precipitação natural e área disponível.

Tais resultados reforçam a importância do manejo adequado da época de plantio como estratégia para maximizar a produtividade e a sustentabilidade de sistemas agrícolas sob sequeiro no semiárido.

Os dados da Tabela 3 mostram que o milho, tanto híbrido quanto variedade, alcançou as maiores produtividades de espigas verdes (PGEV), variando de 10.621,50 a 11.903,50 kg ha<sup>-1</sup>, independentemente de estar em cultivo solteiro ou consorciado com feijão-caupi, não havendo diferenças estatísticas entre esses sistemas de cultivo (solteiro e/ ou consorciado) nos quais empregou-se a cultura do milho. Todavia, o consórcio de milho híbrido com feijão-caupi apresentou o maior valor de produtividade de espigas verdes (11.903,50 kg ha<sup>-1</sup>), seguido pelo milho híbrido solteiro (11.048,36 kg ha<sup>-1</sup>), milho variedade com feijão-caupi (10.951,67 kg ha<sup>-1</sup>) e milho variedade solteiro (10.621,50 kg ha<sup>-1</sup>).

**Tabela 3.** Valores médios de produtividade de grãos verdes de feijão-caupi e/ou espigas verdes de milho (PGEV, kg ha<sup>-1</sup>), produtividade da água (PAGEV, kg m<sup>-3</sup>) e uso eficiente da terra (UETGEV, adimensional), em sistemas de cultivo solteiros e consorciados com feijão-caupi e genótipos de milho (híbrido e variedade), sob condições de sequeiro, durante a estação chuvosa de 2025, no município de Iguatu, CE.

Variável	Tratamentos						
	Feijão-caupi solteiro	Milho híbrido solteiro	Milho variedade solteiro	Milho híbrido com feijão-caupi	Milho variedade com feijão-caupi	Feijão-caupi com milho híbrido	Feijão-caupi com milho variedade
PGEV (kg ha <sup>-1</sup> )	4.312,60 <sup>b</sup>	11.048,36 <sup>a</sup>	10.621,50 <sup>a</sup>	11.903,50 <sup>a</sup>	10.951,67 <sup>a</sup>	2.340,30 <sup>b</sup>	2.933,70 <sup>b</sup>
PAGEV (kg m <sup>-3</sup> )	0,84 <sup>b</sup>	2,174 <sup>a</sup>	2,09 <sup>a</sup>	2,34 <sup>a</sup>	2,15 <sup>a</sup>	0,45 <sup>b</sup>	0,57 <sup>b</sup>
UETGEV (-)	-	-	-	1,65 <sup>a</sup>	1,97 <sup>a</sup>	0,52 <sup>a</sup>	1,82 <sup>a</sup>

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si, conforme o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pelo autor (2025)

Por outro lado, as produtividades de grãos verde do feijão-caupi mostraram-se, no geral, inferiores quando estatisticamente comparadas com as produtividades de grãos verde do feijão-caupi, com valores de 4.312,60 kg ha<sup>-1</sup> no cultivo solteiro, 2.933,70 kg ha<sup>-1</sup> no consórcio com milho variedade e 2.340,30 kg ha<sup>-1</sup> no consórcio com milho híbrido. Contudo, sem denotações de diferenças estaticamente significativas quando comparados entre si. Esses resultados evidenciam que a cultura do milho, especialmente o híbrido, apresenta maiores produtividades de grãos, enquanto o feijão-caupi apresenta produtividades de grãos verdes inferiores quando estatisticamente comparados ao milho, mostrando-se favorecido quando cultivado especialmente de forma solteira.

Em relação ao uso eficiente da terra (UETGEV), todos os sistemas consorciados apresentaram valores superiores a 1, evidenciando vantagem no uso do solo quando comparados aos cultivos solteiros. O maior índice foi registrado no consórcio entre milho variedade e feijão-caupi (1,97), seguido pelo consórcio entre milho variedade e feijão-caupi considerado separadamente (1,82), embora sem diferenças estatisticamente significativas.

#### 4 CONCLUSÕES

A época de semeadura influencia diretamente o desempenho produtivo do milho e do feijão-caupi sob condições de sequeiro no semiárido, com melhores resultados obtidos na semeadura mais precoce (fevereiro), associada a maior disponibilidade hídrica.

O milho, tanto híbrido quanto variedade, apresentou as maiores produtividades de espigas verdes e elevada eficiência no uso da água, independentemente de o cultivo ter se dado de forma solteira ou consorciada com feijão-caupi, indicando que o consórcio com o feijão-caupi não comprometeu o desempenho do milho.

Já o feijão-caupi obteve melhor desempenho produtivo e hídrico quando cultivado isoladamente, sendo sensivelmente afetado em consórcios com o milho. Por outro lado, os sistemas consorciados apresentaram maiores valores de uso eficiente da terra, com destaque para o consórcio entre milho variedade e feijão-caupi, demonstrando maior aproveitamento do espaço disponível no ambiente de produção nesta configuração de cultivo.

## 5 AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao NESAS – Núcleo de Estudos em Sistemas Agrícolas do Semiárido, pelo apoio, parceria e contribuições científicas ao longo do desenvolvimento deste trabalho, bem como ao Instituto Federal do Ceará (IFCE), Campus Iguatu, pela infraestrutura, incentivo à pesquisa e formação acadêmica de qualidade, que tornaram possível a realização deste estudo.

## 6 REFERÊNCIAS

CUNHA, B. A.; NEGREIROS, M. M.; ALVES, K. A.; TORRES, J. P. Influência da época de semeadura na severidade de doenças foliares e na produtividade do milho safrinha. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 45, n. 4, p. 424-427, out. 2019.

GEBREMEDHIN, T.; HAILE, G. G.; GEBREMICAEL, T. G.; LIBSEKAL, H.; REDA, K. W. 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.

PONCE-ENCINAS, M. C.; LÓPEZ-MORALES, F.; CHURA-CHUQUIJA, J.; HERNÁNDEZ-LEAL, E.; HERNÁNDEZ-SALINAS, G.; ARAGÓN-GARCÍA, A. Interação genótipo-ambiente na produtividade de híbridos de milho amarelo, utilizando AMMI e SREG. **Revista Ciência Agrícola**, Texcoco, v. 7, p. 1247-1258, nov. 2022.

SOUZA, M. L. O.; TÁVORA, F. J. A. F.; BLEICHER, E.; PITOMBEIRA, J. B. Efeito do consórcio do milho (*Zea mays* L.) com o feijão - de- corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) no rendimento de grãos, uso eficiente da terra e ocorrência de pragas. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 35, número especial, p. 196-205, 2004.

WILLEY, R. W. Intercropping - its importance ad research needs. Part 1, competition and yield advantage. **Field Crop Abstracts**, Slough, v. 32, n. 1, p. 1-10, 1979.