

MAMONA CONSORCIADA COM GIRASSOL EM PLANTIOS DEFASADOS: EFICIÊNCIA BIOLÓGICA

Ciro de Miranda Pinto

Doutorando em Agronomia/Fitotecnia/ Curso de Pós-graduação em Fitotecnia/UFC. E-mail ciroagron@gmail.com

Olienaide Riberio de Oliveira Pinto

Doutorando em Agronomia/Fitotecnia/ Curso de Pós-graduação em Fitotecnia/UFC. E-mail agron.olienaide@gmail.com

Francisco Aires Sizenando Filho

Doutorando em Agronomia/Fitotecnia/ Curso de Pós-graduação em Fitotecnia/UFC. E-mail eng.aires@hotmail.com

RESUMO - Um ensaio de campo foi conduzido nos anos agrícolas de 2008, 2009 e 2010, com objetivo de avaliar os efeitos das épocas defasagem no plantio do girassol (*Helianthus annuus* L.) em relação a mamona (*Ricinus communis* L.) nos sistemas consorciados no concerne a eficiência biológica. O delineamento utilizado no experimento foi blocos ao acaso com 6 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos analisados foram plantios defasados do girassol em 0; 7; 14 e 21 dias em relação a mamona, e cultivos isolados da mamona e girassol. O sistema de consorciação foi avaliado dos índices, a saber: UET, CET, REAT, média do UET+REAT, IPS, RC_o. Todos os tratamentos em plantio defasados do girassol consorciado com mamona 2008, 2009 e combinado apresentaram UET, REAT e a média de UET com REAT, superiores à unidade. Em 2010 apenas da primeira e segunda data de plantios defasados proporcionaram valores superiores a unidade para UET e média de UET com REAT. O CET nos anos de 2008 a 2010, e combinado configuram compatibilidade competitiva no sistema de consorciação em plantios defasados do girassol em relação a mamona. Mediante uso do IPS constatou-se estabilidade de produtividade em todos os tratamentos em plantios defasados do girassol em relação a mamona em 2008, 2009 e 2010. Uso dos índices de eficiência biológica na avaliação do sistema de consorciação classifica a mamona como cultura dominante sobre o girassol na utilização dos recursos do ambiente.

Palavras-chave: *Ricinus communis* (L.). *Helianthus annuus* (L.). UET. RAET. IPS.

CASTOR BEAN INTERCROPPED WITH SUNFLOWER IN LAGGED PLANTING: BIOLOGICAL EFFICIENCY

ABSTRACT - An experiment field was carried in the years 2008, 2009 e 2010, with aim of studying the response of castorbean (*Ricinus communis* L.) intercropping with sunflower (*Helianthus annuus* L.) in lagged planting regarding the biological efficiency. The design used in the experiment was randomized block with 6 treatments and 4 replications. The treatments were represented by sunflower delayde planting in 0; 7; 14 and 21 days in relation castor bean, and crop sole of castor bean and sunflower. The intercropping system was evaluated index, namely: LER, LEC, ATER, mean of LER and ATER, SPI, C_oR. All treatments lagged planting sunflower in the intercropping system in 2008, 2009 and had combined LER and average LER and ATER greater than unity. In 2010 only the first and second planting date lagged provided values greater than unity for LER and average LER and ATER. The LEC in the years 2008 to 2010, and pooled shape compatibility competitive in intercropping system in sunflower plantings lagged compared to castor bean. By using IPS was found stability productivity in all treatments in sunflower plantings lagged for castor bean in the 2008, 2009 and 2010. Using the index of biological efficiency in the evaluation of the intercropping system classifies the castor bean as the dominant crop on the sunflower in the use of environmental resources.

Key words: *Ricinus communis* (L.). *Helianthus annuus* (L.). LER. ATER. SPI.

INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é originária da África e, muito provavelmente, da Abissínia. Essa planta apresenta ampla distribuição geográfica, sendo encontrada em estado subespontâneo, ou cultivo, em quase todas as zonas tropicais e sub-tropicais do mundo (KRUG; MENDES, 1942). Vale destacar que produção de grãos de mamona mundial e no Brasil na safra 2009 foi

respectivamente, de 1.499.111 e 90.384 t. Enquanto, a produtividade da mamoneira no mundo e no Brasil em 2009 foi da ordem de 1.172 e 567,7 kg ha⁻¹ (FAOSTAT, 2009).

O plantio consorciado é prática comum entre os pequenos agricultores do Nordeste do Brasil. Essa prática consiste no cultivo simultâneo de duas ou mais espécies numa área agrícola, tendo a dimensão espacial e temporal de convivência entre as plantas sativas. Sabe-se que tal

sistema de plantio apresenta vantagens como, redução da erosão do solo, redução da incidência de plantas daninhas e pragas, redução do risco e aumento da estabilidade de rendimento possibilitando geração de renda ao pequeno produtor devido à diversificação das colheitas numa área agrícola.

As pesquisas envolvendo mamona e girassol, em sistemas consorciados em plantios defasados no Brasil são raras. Ensaios sobre épocas relativas de plantio, também denominado de plantios defasados nos sistemas de consorciados, propõem redução da competição interespecífica entre as espécies cultivadas juntas. Modificações nas datas relativas de plantio nos agroecossistemas de consorciação apresentam importância manejo agrícola, sendo investigadas em vários sistemas associados, a exemplo, mamona+gergelim (BELTRÃO *et al.*, 2010 a), mamona+amendoim (BELTRÃO *et al.*, 2010 b), algodão+feijão caupi (ENDONDO; SAMATANA, 1999; KALONDA, 1993), mandioca + soja (MBAH; MUONEKE; OKPARA, 2008), milho+ feijão caupi (FLESCHE, 2002; MAURICE *et al.*, 2010), girassol + cana-de-açúcar (PEÑA; DOMINGUEZ ; AGUDELO, 1989), algodão + amendoim (ARAÚJO *et al.*, 2006) e mandioca+feijão (HERNÁNDEZ; RAMOS; SÁNCHEZ, 1999).

Diante da importância capital de se avaliar a eficiência biológica das plantas nos sistemas consorciados, diversos índices foram desenvolvidos, sendo amplamente estudados, dentre eles, uso eficiente de terra, UET (WILLEY; OSIRU, 1972; MEAD; RILEY, 1981), razão equivalente de área no tempo, REAT (HIEBSCH, 1978; HIEBSCH; MCCOLLUM, 1987), média aritmética entre UET e REAT (MASON; LEIHNER; VORST, 1986), índice de produtividade do sistema, IPS (ODO, 1991), razão de compensação, RC_o (NTARE; WILLIAMS, 1992)

e coeficiente equivalente de terra, CET (ADETILOYE; EZEDIMA; OKIGBO, 1983).

Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos das épocas relativas de plantio do girassol em relação a mamona nos sistemas consorciados mediante a eficiência biológica entre as plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Fazenda Lavoura Seca, localizada município de Quixadá-Ce, nos anos agrícolas de 2008, 2009 e 2010. As coordenadas geográficas da fazenda experimental Lavoura Seca são: 4° 59'S latitude, 39° 01'W longitude Greenwich e altitude de 190 m acima do nível do mar (BRASIL, 1973).

O clima do município de Quixadá conforme Köppen é semiárido do tipo BsH, quente e seco. A precipitação pluvial média é 873,3 mm, temperatura média anual de 26,7°C e umidade relativa do ar de 70% (BRASIL, 1973).

As características do solo da área experimental (Tabela 1) foram colhidas numa profundidade de 0- 20 cm.

A adubação foi procedida conforme as recomendações da análise de fertilidade do solo tendo como base a cultura principal que foi a mamona. Os fertilizantes empregados foram uréia, super-fosfato simples e cloreto de potássio (Tabela 1). Na adubação de fundação usou-se 1/3 da dose recomendada para o nitrogênio, sendo realizada de forma integral para os nutrientes potássio e fósforo. A adubação de cobertura foi realizada aos 30 dias, usou-se 2/3 da dose recomendada para nitrogênio com adição de 2 kg boro ha⁻¹.

Foram estudadas as em sistema de consorciação as cultivares de mamona BRS ENERGIA e para o girassol a EMBRAPA 122.

Tabela 1 - Características químicas do solo da área experimental e formula de adubação para mamona. Quixadá - CE, 2008, 2009 e 2010

Características Químicas	Anos Agrícolas		
	2008	2009	2010
pH em água (1: 2,5)	6,30	5,70	5,70
P ⁺ (mg kg ⁻¹)	5,00	14,00	7,00
K ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0,20	0,23	0,14
Na ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0,03	0,03	0,05
Al ⁺³ (cmol _c kg ⁻¹)	0,00	0,10	0,05
Ca ⁺² (cmol _c kg ⁻¹)	1,70	1,30	1,00
Mg ⁺² (cmol _c kg ⁻¹)	2,30	0,70	0,80
Adubação Química N:P:K	60:80:60	60:60:60	60:80:60

Análise realizada no Laboratório de Química do Solo, do Departamento de Ciências do Solo do CCA/UFC

A precipitação pluvial ocorrida durante a execução do experimento nos meses de janeiro a julho, foi da ordem de 594,30; 1.034,80 e 287,80 mm, respectivamente nos anos de 2008, 2009 e 2010.

Os tratamentos avaliados foram: T₁: mamona + girassol plantio simultâneo (0DAPM); T₂: mamona+ girassol plantio 7 dias após a mamona (7DAPM); T₃: mamona + girassol plantio 14 dias após a mamona (14DAPM); mamona+ girassol plantio 21 dias após a mamona (21DAPM); T₅: mamona e T₆: girassol em monocultivo tiveram a semeadura realizada ao mesmo tempo do tratamento T₁.

As parcelas consorciadas foram compostas por quatro fileiras de mamona com 8 m de comprimento espaçadas de 1,0 m, entre as quais foi intercalado 1 fileira de girassol. A mamona teve espaçamento dentro da fileira de 1 m, enquanto o girassol foi de 0,4 m.

No consórcio a população de plantas para a mamona foi de 10.000 plantas ha⁻¹ (1 m x 1 m), enquanto girassol teve 25.000 plantas ha⁻¹ (1 m x 0,4 m). O monocultivo teve suas parcelas constituídas de 4 fileiras de 8 m nos seguintes espaçamentos: mamona –1m x 1 m (10.000

plantas ha⁻¹) e o girassol – 0,8 m x 0,4 m (31.250 plantas ha⁻¹).

A área útil para coleta do material para o estudo da produção vegetal foi representada pelas duas fileiras centrais de cada parcela, de cada cultura, eliminando 1 m de cada extremidade das fileiras. Desta forma o consórcio teve uma área útil de 12 m². Já monocultivo de mamona e girassol apresentaram área útil de 12 m² e 9,6 m², respectivamente.

O solo foi preparado 2 dias antes do plantio, através duas arações. A mamona e girassol foram plantadas em covas com 3 a 5 cm de profundidade, com 5 sementes cova⁻¹.

As datas do plantio e adubação inicial, desbaste de plantas, adubação de cobertura e colheita constam na Tabela 3. A adubação de cobertura não foi realizada em virtude da baixa umidade do solo na área experimental no ano de 2010 (Tabela 2).

O manejo das plantas daninhas ocorrentes na área experimental foi realizado por meio de três capinas manuais com enxadas. Não foi necessária aplicação de agrotóxico para controle de “pragas”.

Tabela 2 – Datas de plantio e adubação de fundação, desbaste de plantas e adubação de cobertura das culturas da mamoneira e girassol cultivados na Fazenda Lavoura Seca. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Culturas	Anos Agrícolas		
	2008	2009	2010
	Plantio e adubação de fundação		
Mamona	13/03	04/03	07/04
Girassol (0DAPM*)	13/03	04/03	07/04
Girassol (7DAPM)	19/03	10/03	14/04
Girassol (14DAPM)	26/03	17/03	21/04
Girassol (21DAPM)	02/04	24/03	28/04
	Desbaste de plântulas		
Mamona	26/03	17/03	21/04
Girassol (0DAPM*)	26/03	17/03	21/04
Girassol (7DAPM)	02/04	24/03	28/04
Girassol (14DAPM)	16/04	31/03	05/05
Girassol (21DAPM)	30/04	07/04	12/05
	Adubação de cobertura		
Mamona	16/04	07/04	-
Girassol (0DAPM*)	16/04	07/04	-
Girassol (7DAPM)	23/04	14/04	-
Girassol (14DAPM)	30/04	21/04	-
Girassol (21DAPM)	07/05	28/04	-
	Colheita		
Mamona	30/07	20/07	26/08
Girassol (0DAPM*)	02/07	23/06	28/07
Girassol (7DAPM)	09/07	30/06	04/08
Girassol (14DAPM)	16/07	07/07	11/08
Girassol (21DAPM)	23/07	14/07	18/08

*Dias após o plantio da mamona

O sistema de consorciação foi avaliado através da eficiência biológica entre as plantas associadas. A eficiência biológica no sistema de consorciação foi avaliada mediante o uso das índices a saber: Uso Eficiente de Terra (UET), Razão Equivalente de Área no Tempo (REAT), Média Aritmética entre UET e REAT, Coeficiente Equivalente de Terra (CET), Índice de Produtividade do Sistema (IPS) e a Razão de Compensação (RCo).

O Uso Eficiente de Terra (UET) foi obtido conforme a fórmula proposta (WILLEY; OSIRU, 1972; MEAD; WILLEY, 1980; MEAD; RILEY, 1981), expresso na equação 1.

$$UET = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa}} + \frac{Y_{ba}}{Y_{bb}} = UET_a + UET_b \quad (1)$$

Onde, Y_{ab} e Y_{ba} representa a produtividade das culturas 'a' e 'b' em consórcio, Y_{aa} e Y_{bb} é produtividade do monocultivo. O UET_a e UET_b representam o uso eficiente de terra parcial da espécie 'a' e da espécie 'b'. Se $UET > 1$, então ocorre vantagem produtiva, se $UET=1$ não ocorre vantagem produtiva, se $UET < 1$, então ocorre desvantagem produtiva.

A Razão Equivalente de Área no Tempo (REAT) foi obtida conforme metodologia proposta por Hiebsch (1978) e Hiebsch e McCollum (1987), expressa na equação 2.

$$REAT = \frac{UET_a * t_a}{T_{ab}} + \frac{UET_b * t_b}{T_{ab}} = REAT_a + REAT_b \quad (2)$$

Onde, t_a representa o número de dias do plantio até a colheita da espécie 'a' e t_b representa o número de dias do plantio até a colheita da espécie 'b'. O termo T_{ab} representa o maior tempo de permanência da cultura até a colheita. O $REAT_a$ e $REAT_b$ representam o uso eficiente de terra e tempo parcial da espécie 'a' e da espécie 'b'. O T_{ab} representa o tempo total do sistema de consorciação entre a espécie 'a' e 'b'. Se $REAT > 1$, então ocorre

vantagem produtiva, se $REAT=1$ não ocorre vantagem produtiva, se $REAT < 1$, então ocorre desvantagem produtiva.

A média aritmética entre UET e REAT foi proposta por Mason, Leihner e Vorst (1986). Esses autores, afirmaram que o UET sobrestima e o REAT subestima os recursos do terreno, sugerindo-se o cálculo da média aritmética dos dois índices para a obtenção de um valor mais criterioso. Esse índice foi expresso na equação 3.

$$\frac{UET + REAT}{2} = \frac{UET_a + REAT_a}{2} + \frac{UET_b + REAT_b}{2} \quad (3)$$

O Coeficiente Equivalente de Terra (CET) proposto por Adetiloye, Ezedima e Okibo (1983), expresso na equação 4.

$$CET = UET_a * UET_b \quad (4)$$

Onde, UET_a e UET_b representam o uso eficiente de terra parcial da espécie 'a' e da espécie 'b'. O $CET > 0,25$ indica vantagem produtiva ou complementariedade competitiva na produtividade do sistema de consorciação. O $CET < 0,25$, sugeri que a mistura não teve complementariedade competitiva. O CET é usado para distinguir a produtividade de misturas com contribuições distintas do consórcio, mas com mesmo valor de UET na mistura. Esse índice avalia a interação interespecífica.

O índice de produtividade do sistema (IPS) foi obtido conforme metodologia proposta por Odo (1991), sendo expresso pela equação 5.

$$IPS = \left(\frac{Y_{aa}}{Y_{bb}} * Y_{ba} + Y_{aa} \right) \quad (5)$$

Onde, Y_{ab} e Y_{ba} representam a produtividade das culturas 'a' e 'b' em consórcio, Y_{aa} e Y_{bb} é produtividade do monocultivo. A principal vantagem do IPS é que esse índice uniformiza a produtividade da cultura secundária ou consorte em termos da cultura principal ou base. Esse índice também identifica a combinação que utiliza os recursos de crescimento de forma mais efetiva, e caracteriza a performance de estabilidade produtiva.

O efeito competitivo da espécie 'a' na espécie 'b' foi calculado como razão de compensação (RCo), conforme metodologia proposta por Ntare e Williams (1992), sendo expresso pela equação 6.

$$RC_o = \left(\frac{Y_{ab}}{Y_{bb} - Y_{ba}} \right) \quad (6)$$

Onde, Y_{ab} e Y_{ba} representam a produtividade das culturas 'a' e 'b' em consórcio, Y_{bb} é produtividade do monocultivo da cultura 'b'. Assim um resultado superior da unidade indica que o efeito competitivo da espécie 'a' na espécie 'b' foi balanceado pelo ganho substancial na espécie 'a'. Enquanto o valor unitário sugere substituição da espécie 'a' para 'b'.

Nos anos agrícolas de 2008, 2009 e 2010, no sistema de consorciação da mamona com girassol, adotou-

se o delineamento estatístico de blocos ao acaso com 6 tratamentos e 4 repetições, perfazendo 24 unidades experimentais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uso Eficiente de Terra (UET)

Na Tabela 3, encontram-se os valores parciais (UET_a e UET_b) e totais de UET para os anos de 2008, 2009 e 2010. A avaliação biológica do consórcio mamona com girassol em plantios defasados, utilizando-se o UET, constatou-se

vantagem produtiva em relação aos monocultivos nos anos de 2008 e 2009 (Tabela 3). No ano de 2010, apenas o tratamento 0DAPM e 7DAPM apresentaram vantagem produtiva em relação ao monocultivo (Tabela 3). Os valores totais de UET nos agrícolas de 2008 a 2010 apresentaram variação de 0,88 a 1,53 revelando ganhos de 8 a 53% no consórcio quando confrontados ao monocultivos. Os valores combinados de UET variaram de 1,19 a 1,29 mostrando uma eficiência de 19 a 29% do sistema consorciado em comparação ao monocultivos (Tabela 3).

Tabela 3 - Uso eficiente de terra (UET), produtividade de grãos da mamona e girassol no sistema de consorciação da mamona com girassol em plantios defasados em condições de sequeiro. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Tratamentos	2008			2009		
	UET _a *	UET _b **	UET	UET _a	UET _b	UET
Ma+Gi (0DPAM)	0,52	0,67	1,20	0,88	0,51	1,39
Ma+Gi (7DAPM***)	0,50	0,79	1,29	0,95	0,58	1,53
Ma+Gi (14DAPM)	0,56	0,70	1,26	1,07	0,34	1,41
Ma+Gi (21DAPM)	1,00	0,56	1,56	1,18	0,27	1,45
Tratamentos	2010			Combinado		
	UET _a	UET _b	UET	UET _a	UET _b	UET
Ma+Gi (0DPAM)	0,50	0,61	1,11	0,63	0,59	1,22
Ma+Gi (7DAPM***)	0,38	0,70	1,08	0,51	0,69	1,20
Ma+Gi (14DAPM)	0,47	0,45	0,92	0,70	0,49	1,19
Ma+Gi (21DAPM)	0,65	0,24	0,88	0,94	0,35	1,29
Tratamentos	Mamona (kg ha ⁻¹)			Girassol (kg ha ⁻¹)		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Ma+Gi (0DPAM)	592,70	1.028,12	365,62	919,79	382,29	426,04
Ma+Gi (7DAPM***)	567,70	1.126,04	282,29	1.057,29	441,66	484,37
Ma+Gi (14DAPM)	632,29	1.259,37	345,83	938,54	256,25	313,54
Ma+Gi (21DAPM)	1.059,37	1.333,33	472,91	693,75	167,70	164,58
Monocultivo	1.129,16	1.183,33	739,58	1.351,56	750,00	695,31

*UET_a para a mamona e ** UET_b para o girassol; ***Dias após o plantio da mamona

O uso eficiente de terra foi amplamente estudado por alguns autores que trabalharam com mamona consorciada e constataram vantagens nesse índice para o plantio associado em relação ao monocultivo. Dentre as combinações de sucesso em plantios defasados da cultura consorte em relação a principal, ocorreram em mamona + gergelim (BELTRÃO et al., 2010 a), mamona + amendoim (BELTRÃO et al., 2010 b). Outros agroecossistemas onde ocorreram vantagens biológicas foram verificadas em mamona + amendoim, mamona + grão de bico, mamona + “ guar ou clusterbean” (*Cyamopsis tetragonoloba*) e mamona + capim-pé-de-galinha (KUMAR et al., 2010), mamona consorciado com feijão mungo, feijão mungo-verde, caupi, soja e gergelim

(THANUNATHAN et al., 2008), mamona + milho (AZEVEDO et al., 2007), mamona + sorgo e mamona +caupi (CORRÊA et al., 2006) e mamona culturas anuais de ciclo curto (TÁVORA et al., 1988), sorgo + mamona (TARHALKAR; RAO, 1979).

Razão Equivalente de Área no Tempo (REAT)

A Razão Equivalente de Área no Tempo, prover uma avaliação mais realista, pois compara a vantagem produtiva do consórcio em relação à cultura semeada em monocultivo de uma forma mais apropriada que UET, o qual não leva em consideração o tempo necessário que plantas empregadas no sistema de consorciação passam no

campo do até colheita. Analisando-se o REAT em 2008, constata-se uma variação de 1,06 a 1,45 mostrando ganhos de 6 a 45% do sistemas consorciados em comparação aos monocultivos na utilização terra e tempo (Tabela 9). Com

relação ao ano de 2009 verificou-se valores de 1,29 a 1,42, tendo vantagens na utilização da terra e área de 29 a 42% (Tabela 4).

Tabela 4- Razão Equivalente de Área no Tempo (REAT) do sistema de consorciação da mamona com girassol em plantios defasados no regime de sequeiro. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Tratamentos	2008			2009		
	REAT _a *	REAT _b **	REAT	REAT _a *	REAT _b **	REAT
Ma+Gi (0DAPM)	0,52	0,54	1,06	0,88	0,41	1,29
Ma+Gi (7DAPM***)	0,50	0,63	1,14	0,95	0,46	1,42
Ma+Gi (14DAPM)	0,56	0,56	1,12	1,07	0,27	1,34
Ma+Gi (21DAPM)	1,0	0,45	1,45	1,18	0,21	1,39
Tratamentos	2010			Combinado		
	REAT _a *	REAT _b **	REAT	REAT _a *	REAT _b **	REAT
Ma+Gi (0DAPM)	0,50	0,49	0,98	0,63	0,48	1,11
Ma+Gi (7DAPM)	0,38	0,55	0,94	0,61	0,55	1,16
Ma+Gi (14DAPM)	0,47	0,36	0,83	0,70	0,40	1,10
Ma+Gi (21DAPM)	0,65	0,19	0,84	0,94	0,28	1,23

*REAT_a para a mamona e **REAT_b para o girassol; ***Dias após o plantio da mamona

A REAT apresentou valores inferiores à unidade em todas as épocas de defasagem (0DAPM; 7DAPM; 14DAPM e 21DAPM) de plantio do girassol em relação à mamona para o ano de 2010. Valores inferiores à unidade expressam que não houve vantagem biológica na utilização da terra e tempo do consórcio da mamona com girassol em plantios defasados em relação aos monocultivos dessas espécies (Tabela 4). Para o valor combinado constataram-se valores de 1,11 a 1,23, ou seja, teve ganhos de 11 a 23% dos sistemas consorciados em relação aos monocultivos (Tabela 4).

Valores inferiores à unidade para o REAT foram encontrados por Sarkar, Chakraborty, Bala (1998) e Ebge, Alibo e Nwueze (2010) em sistemas consorciados. Ao passo, que autores como Kumar, Reddy e Reddy (2010), Egbe e Kalu (2009), Rahman *et al.* (2009), John e Mini (2005), Queiroz e Marín (2003), Singh e Shivaraj (1998), Thiaw, Hall e Parker (1993) e Leihner (1983) constataram valores superiores a unidade, sugerindo que ocorreu eficiência agrícola da terra e tempo para o sistema de consorciação em comparação a seus monocultivos.

Média aritmética UET+REAT

A Média aritmética entre UET+REAT, encontram-se na Tabela 5, onde são colocados os valores parciais e totais desse índice nos anos de 2008, 2009 e 2010. De acordo com Mason, Leihner e Vorst (1986) o UET sobrestima e o REAT subestima os recursos a eficiência

de uso da terra sendo, portanto o mais adequado usar a média entre esses índices. Em 2008 nas defasagens de 0DAPM, 7DAPM, 14DAPM e 21DAPM, ocorreram valores superiores à unidade para média entre UET e REAT, tendo vantagem biológica de 13 a 51% (Tabela 10).

No ano de 2009 todas as defasagens de plantio do girassol em relação à mamona (0DAPM, 7DAPM, 14DAPM e 21DAPM) no sistema de consorciação proporcionaram valores superiores à unidade para média entre UET e REAT, tendo variação de 34 a 47%, indicando vantagem dos cultivos consorciados em comparação ao monocultivo (Tabela 5).

A média entre UET e REAT apresentou valores maiores do que a unidade no ano de 2010 nos tratamentos 0DAPM e 7DAPM, ocorrendo ganhos de 1 e 5%. Nos tratamentos 14DAPM e 21DAPM ocorreram desvantagens dos sistemas consorciados em comparação aos monocultivos de 13 e 14%. O valor combinado apresentou ganhos de 17 a 26% dos tratamentos consorciados em relação aos monocultivos (Tabela 5).

Mason, Leihner e Vorst (1986) trabalhando com consórcio mandioca+feijão caupi e mandioca+amendoim observaram valores acima da unidade, com eficiência produtiva no uso da terra de 15 a 35% para a média entre UET e REAT. Enquanto, Jana *et al.* (2000) constataram vantagem produtiva de 4 a 19% dos cultivos consorciados em relação aos monocultivo para o milho doce+ feijão comum.

Tabela 5 - Média aritmética entre UET e REAT do sistema de consorciação da mamona com girassol em plantios defasados no regime de sequeiro. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Tratamentos	2008			2009		
	$\frac{UET_a + REAT_a}{2}$	$\frac{UET_b + REAT_b}{2}$	UET + REAT	$\frac{UET_a + REAT_a}{2}$	$\frac{UET_b + REAT_b}{2}$	UET + REAT
Ma+Gi (0DAPM)	0,52	0,61	1,13	0,88	0,46	1,34
Ma+Gi (7DAPM*)	0,50	0,71	1,21	0,95	0,52	1,47
Ma+Gi (14DAPM)	0,56	0,63	1,19	1,07	0,31	1,38
Ma+Gi (21DAPM)	1,00	0,51	1,51	1,18	0,24	1,42

Tratamentos	2010			Combinado		
	$\frac{UET_a + REAT_a}{2}$	$\frac{UET_b + REAT_b}{2}$	UET + REAT	$\frac{UET_a + REAT_a}{2}$	$\frac{UET_b + REAT_b}{2}$	UET + REAT
Ma+Gi (0DAPM)	0,50	0,55	1,05	0,63	0,54	1,17
Ma+Gi (7DAPM)	0,38	0,63	1,01	0,61	0,62	1,23
Ma+Gi (14DAPM)	0,47	0,40	0,87	0,70	0,45	1,15
Ma+Gi (21DAPM)	0,65	0,21	0,86	0,94	0,32	1,26

$UET_a + REAT_a / 2$ para a mamona e $UET_b + REAT_b / 2$ para o girassol

Coefficiente Equivalente de Terra (CET)

Os valores de CET, encontram-se na Tabela 6 nos anos de 2008, 2009 e 2010 como também o combinado. Por meio do uso do CET foi possível identificar vantagem para o sistema de consorciação nos anos agrícolas de

2008, 2009 e no combinado (Tabela 6), sugerindo que ocorreu complementariedade competitiva no uso dos fatores de produção, o qual é caracterizado pelo $CET > 0,25$. Vale destacar que o CET, apresentou equivalência de resultados entre os índices UET (Tabela 3) com relação a vantagens do consórcio em relação ao monocultivo.

Tabela 5 - Coeficiente Equivalente de Terra (CET) do sistema de consorciação da mamona com girassol em plantios defasados no regime de sequeiro. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Tratamentos	2008	2009	2010	Combinado
Ma+Gi (0DAPM)	0,35	0,44	0,31	0,36
Ma+Gi (7DAPM*)	0,39	0,55	0,27	0,40
Ma+Gi (14DAPM)	0,39	0,36	0,21	0,32
Ma+Gi (21DAPM)	0,54	0,32	0,15	0,33

*Dias após o plantio da mamona

Para o CET em 2010, constatou-se complementariedade competitiva nos tratamentos 0DAPM e 7DAPM no sistema de consorciação mamona com girassol, caracterizado pelo $CET > 0,25$ (Tabela 6). Para os pesquisadores Adetiloye, Ezedima e Okigbo (1983) a compatibilidade do sistema de consorciação é caracterizada por valores superiores a 0,25 para o CET. Alguns autores usaram o CET como índice de avaliação do sistema de consorciação e caracterizaram a complementariedade competitiva entre as espécies

associadas, dentre eles, Egbe (2010), Egbe, Alibo, Nwueze (2010), Okonji et al. (2007), John e Mini (2005), Olowe, Ajali e Ogunbayo (2006).

Razão de Compensação (RC_o)

Analisando-se a Razão de Compensação (RC_o) em 2008, constata-se que os tratamentos 0DAPM, 14DAPM e 21DAPM figuraram vantagens no sistema de consorciação em plantios defasados do girassol em relação a mamona.

O valor negativo da Razão de Compensação no tratamento 7DAPM foi derivado da superioridade produtiva girassol em associação comparado ao seu monocultivo (Tabela 7). Cabe salientar que tal valor negativo da razão de compensação, apresenta relação direta com UET na segunda defasagem (7DAPM) de plantio que apresenta superior a unidade (Tabela 3).

Em 2009 e 2010 primeira (0DAPM) e segunda (7DAPM) defasagem do plantio do girassol em relação à mamona foram vantajosas para o sistema de consorciação, tal fato, é suportado pelo UET (Tabela 3), CET (Tabela 6), sugerindo uma relação direta entre esses índices.

Tabela 7 - Razão de Compensação (RC_o) do sistema de consorciação da mamona com girassol em plantios defasados no regime de sequeiro. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Tratamentos	2008	2009	2010	Combinado
Ma+Gi (0DAPM)	2,76	1,09	1,67	1,84
Ma+Gi (7DAPM*)	-0,99	1,63	2,74	1,12
Ma+Gi (14DAPM)	2,63	0,55	0,88	1,35
Ma+Gi (21DAPM)	1,09	0,32	0,32	0,57

Com relação ao valor Razão de Compensação para o valor combinado nos tratamentos 0DAPM, 7DAPM e 14DAPM foram vantajosas, ou seja, apresentaram valores superiores a unidade (Tabela 7). Oseni e Aliyu (2010) usaram a Razão de Compensação, e observaram efeito competitivo sorgo sobre o feijão caupi, no arranjo 1 fileira de sorgo + 1 fileira de feijão caupi, proporcionando vantagem na produtividade de grãos do sistema de consorciação. Ntare e Williams (1990) estudando a resposta de cultivares de feijão caupi consorciados com milheto, constataram variação de 0,33 a 3,83 no índice Razão de Compensação.

Índice de Produtividade do Sistema (IPS)

O Índice de Produtividade do Sistema (IPS), padroniza a produtividade da cultura consorte (girassol) tomando

como base a cultura principal (mamona). Esse índice possibilitou identificar todas as defasagens de plantio (0DAPM, 7DAPM, 14DAPM e 21DAPM) do girassol em relação à mamona como estáveis para produtividade 2008 a 2010, como também no valor combinado (Tabela 8), pois o IPS foi superior ao monocultivo do girassol. Alguns autores dentre eles, Oseni e Aliyu (2010), Oseni (2010), Agegnehu, Ghizaw e Sinebo (2006 a, b) e Endondo e Samatana (1999) verificaram estabilidade na produtividade nos sistemas de consorciação analisados, o que é incado pelo valor do IPS superior a produtividade do monocultivo de seus consortes. Analisando-se os valores absolutos da Tabela 8, constata-se que o plantio do girassol em relação a mamona ocorrido aos 7DAPM, foi o que apresentou maior IPS no período experimental como também no valor combinado.

Tabela 8 - Índice de Produtividade do Sistema (IPS) do sistema de consorciação da mamona com girassol em plantios defasados no regime de sequeiro. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Tratamentos	2008	2009	2010	Combinado
	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Ma+Gi (0DAPM)	1.897,34	1.791,52	1.194,13	1.627,66
Ma+Gi (7DAPM*)	2.006,68	1.874,47	1.253,49	1.711,54
Ma+Gi (14DAPM)	1.914,00	1.586,63	1.074,11	1.524,91
Ma+Gi (21DAPM)	1.708,41	1.456,59	913,59	1.359,53
Monocultivo Gi	1.351,56	750,00	695,31	932,29

*Dias após o plantio da mamona

CONCLUSÕES

Todos os tratamentos em plantio defasados do girassol consorciado com mamona 2008, 2009 e combinado

apresentaram UET, REAT e a média de UET com REAT, superiores à unidade. Em 2010 apenas da primeira e segunda data de plantios defasados proporcionaram valores superiores a unidade para UET e média de UET com REAT.

O CET nos anos de 2008 a 2010, e combinado configuram compatibilidade competitiva no sistema de consorciação em plantios defasados do girassol em relação à mamona. Em 2010 apenas aos 0DAPM e 7DAPM proporcionaram vantagem para o sistema de consorciação.

De acordo com o critério de avaliação da RC_o os tratamentos 0DAPM e 14DAPM verificou-se vantagens nos sistemas consorciados em 2008. Para 2009, 2010 constatou-se vantagem para o sistema de consorciação nos tratamentos 0DAPM e 7DAPM. Enquanto no combinado constatou-se vantagem nos tratamentos 0DAPM, 7DAPM e 14DAPM.

O sistema de consorciação em plantios defasados do girassol em relação a mamona, proporcionaram estabilidade da produtividade de grãos em 2008 a 2010, como também no combinado.

Uso dos índices de eficiência biológica na avaliação do sistema de consorciação permitiu classificar a mamona como cultura dominante sobre o girassol na utilização dos recursos do ambiente.

REFERÊNCIAS

- ADETILOYE, P.O, EZEDIMA, F. O. C.; OKIGBO, B. N. A land equivalent coefficient (LEC) concept for the evaluation of competitive and productive interactions in simple to complex crop mixtures. **Ecological Modelling**, v.19, n.1, p.27-39, 1983.
- AGEGNEHU, G.; GHIZAW, A.; SINEBO, W. Crop productivity and land-use efficiency of a teff/faba bean mixed cropping system in a tropical highland environment. **Experimental Agriculture**, v.42, n.4, p.495-504, 2006 a.
- AGEGNEHU, G.; GHIZAW, A.; SINEBO, W. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. **European Journal of Agronomy**, v.25. n.3, p.202-207, 2006 b.
- ARAÚJO, A. C. DE; BELTRÃO, N. E. DE, M.; BRUNO, G. B.; MORAES, M. DOS, S. Cultivares, épocas de plantio e componentes da produção no consórcio de algodão e amendoim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.357-363, 2006.
- AZEVEDO, D. M. P. DE; BELTRÃO, N. E. DE, M.; SEVERINO, L. S.; SANTOS, J. W. DOS; LEÃO, A. B. Arranjos de fileiras no consórcio mamoneira com milho no semi-árido PARAIBANO. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.11, n.2, p.91-105, 2007 a.
- BELTRÃO, N. E. M.; VALE, L. S.; MARQUES, L. F.; CARDOSO, G. D.; MARACAJA, P. B. Época relativa de plantio no consórcio mamona e gergelim. **Revista Verde de Agricultura e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, v.5, n.5, p-67-73, 2010 a.
- BELTRÃO, N. E. M.; VALE, L. S.; MARQUES, L. F.; CARDOSO, G. D.; OUTO, J. S. Consórcio mamona e amendoim: Opção para a agricultura familiar. **Revista Verde de Agricultura e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, v.5, n.4, p-222-227, 2010 b.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. Rio de Janeiro: MAPA/SUDENE. 1973. v. 1, p. 301 (Boletim Técnico, 28).
- CORRÊA, M. L. P.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B. Comportamento de cultivares de mamona em sistema de monocultivos e consorciados com caupi e sorgo granífero. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.2, p.200-207, 2006.
- DE WIT, C.T. On competition. **Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen**, v.66, n. 8, p.1-82, 1960.
- DHIMA, K. V.; LITHOURGIDS, A. S.; VASALAKOGLU, I. B.; DORDAS, C. A. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. **Field Crops Research**, v.100, n.2-3, p.249-256, 2007.
- EGBE, O. M. Effects of plant density of intercropping soybean with tall sorghum on competitive ability of soybean and economic yield at Otobi, Benue State, Nigeria. **Journal of Cereal and Oilseeds**, v.1, n.1, p.1-10, 2010.
- EGBE, O. M.; ALIBO, S. E.; NWUEZE, I. Evaluation of some extra-early and early-maturing cowpea varieties for intercropping with maize in southern Guinea Savana of Nigeria. **Agriculture and Biology Journal of North America**, v.1, n.5, p.845-858, 2010.
- EGBE, O. M.; KALU, B. A. Evaluation of pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] genotypes for intercropping with tall sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in southern guinea savanna of NIGERIA. **Journal of Agricultural and Biological Science**, v.4, n.4, p.54 -65, 2009.

- ENDONDO, C.; SAMATANA, M. Influence de la date du semis niébe sur le rendement du cotonnier dans l'association cotonnier-niéber. **Cahiers Agriculture**, v.8, n.3, p.215-217, 1999.
- FLESCHE, R.D. Efeitos temporais e espaciais no consórcio intercalar de milho e feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.37, n.1, p.51-56, 2002.
- HERNÁNDEZ, A.; RAMOS, R.; SÁNCHEZ, J. Distribución espacial y temporal en el policultivo yuca-frijol: uso equivalente de la tierra. **Agronomía Mesoamericana**, v.10, n.1, p. 63-66, 1999.
- HIEBSCH, C.K. Comparing intercrops with monoculture. In: **Agronomic economic research on soils of the tropics, Annual Report 1976-1977**. Soil Science Department, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, pp. 187-200, 1978.
- HIEBSCH, C. K.; McCollum, R.E. Area x time equivalency ratios: A method for evaluating the productivity of intercrops. **Agronomy Journal**, v.79, n.1, p.15-22, 1987.
- JANA, A. C.; BARRIGA, B. P.; KRARUP, H. A.; FUENTES, R. P. Eficiência de la asociación maíz (*Zea mays*) y frejol (*Phaseolus vulgaris*). **Agro Sur**, v.28, n.1, p.71-80, 2000.
- JOHN, S. A.; MINI, C. Biological efficiency of intercropping in okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench), **Journal of Tropical Agriculture**, v.43, n.1-2, p.33-36, 2005.
- KALONDA, O. Cultures associées de coton (*Gossypium hirsutum*) et de niébé (*Vigna unguiculata*) au Zaïre. **Cahiers Agriculture**, v.2, p. 146-149, 1993.
- KRUG, C. A.; MENDES, P. T. Melhoramento da mamoneira (*Ricinus communis* L.). II — Observações gerais sobre a variabilidade do gênero *Ricinus*. **Bragantia**, v.12, n.5, p.155-197, 1942.
- KUMAR, H. C. S.; MUDALAGIRIYAPPA; NANJAPPA, H. V.; RAMACHANDRAPPA, B. K. Productive performance of castor (*Ricinus communis* L.) based intercropping systems under rainfed conditions of Central Dry Zone in Karnataka. **Mysore Journal of Agricultural Sciences**, v.44, n.3, p.481-484, 2010.
- KUMAR, D. S.; REDDY, D. S.; REDDY, T. Y. Productivity of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) based intercropping systems under rainfed conditions. **Current Biotica**, v.3, n.4, p.490-499, 2010.
- LEIHNER, D. **Management and evaluation of intercropping systems with cassava**. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 70 p., 1983.
- MASON, S. C.; LEIHNER, D. E.; VORST, J. J. Cassava-cowpea and cassava-peanut intercropping. I. Yield and land use efficiency. **Agronomy Journal**, v.78, n. 1, p.43-46, 1986.
- MASON, S. C.; LEIHNER, D. E. Yield and land-use efficiency of a cassava/cowpea intercropping system grown at different phosphorus rates. **Field Crops Research**, v.18, n. 4, p.45-54, 1988.
- MBAH, E. U.; MUONEKE, C.O.; OKPARA, D. A. Effect of compound fertilizer on the yield and productivity of soybean and maize in soybean/maize intercrop in SOUTHEASTERN NIGERIA. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.7, n. 2 , p. 87 – 95, 2007.
- MEAD, R.; RILEY, J. A Review of Statistical Ideas Relevant to Intercropping Research. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)**, v.144, n.4, p.462-509, 1981.
- MEAD, R.; WILLEY, R. W. The concept of a 'Land Equivalent Ratio' and advantages in yields from intercropping. **Experimental Agriculture**, v.16, n.3, p.217-228, 1980.
- NTARE, B. R.; WILLIAMS, J. H. Response of cowpea cultivars to planting pattern and date of sowing in Intercrops with pearl millet in Niger. **Experimental Agriculture**, v.28, n.1, p.41-48, 1992.
- ODO, P.E. Evaluation of Short and Tall Sorghum Varieties in Mixtures with Cowpea in the Sudan Savanna Of Nigeria: Land Equivalent Ratio, Grain Yield and System Productivity Index. **Experimental Agriculture**, v.27, n.4, p. 435-441, 1991.
- OKONJI, C. J. ; OKELEYE, K. A.; OLOWE, V. I. O.; AJAYI, E. O. Potentials of intercropping rice (*Oryza sativa* L.) and cassava (*Manihot esculenta* Crantz) of different morphotypes in the transition zone of South West Nigeria. **International Journal of Agricultural Research**, v.2, n.5, p.476-4482, 2007.
- OLOWE, V. I. O.; AJAYI, J. A.; OGUNBAYO, A. S. Potential of intercropping soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) and cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) with sunflower (*Helianthus annuus* L.) in the transition zone of south west Nigeria. **Tropical Agricultural Research and Extension**, v.9, p.91-102, 2006.

- OSENI, T. O. Evaluation of sorghum-cowpea intercropping productivity in Savanna Agro-Ecology using competition indices. **Journal of Agricultural Science**, v.2, n.3, p.229-233, 2010.
- OSENI, T. O.; ALIYU, A. G. Effects of row arrangements on sorghum-cowpea intercrops in the semi arid Savannah of Nigeria. **International Journal of Agriculture and Biology**, v.12, n.1, p.137-140, 2010.
- PEÑA, J. A.; DOMINGUESZ, P.; AGUDELO, O. Epocas de siembra de girasol intercalado en caña de azucar. **Acta Agronomica**, v. 39, n. 3-4, p. 150-158, 1989.
- Produção e Produtividade da mamoneira em 2009.** Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em 22 de dez de 2010.
- QUEIROZ, A. I.; MARÍN, D. Rendimiento engranos y eficiencia de una asociación maíz (*Zea mays*) y quinchoncho (*Cajanus cajan*) con o sin fertilización. **Bioagro**, v. 15, n. 2, p. 121,128, 2003.
- RAHMAN, M. M.; AWAL, M. A.; AMIN, A.; PARVEJ, M. R. Compatibility, growth and production of mustard/lentil intercrops. **International Journal of Botany**, v.5, n.1, p.100-106, 2009.
- SARKAR, R. K.; CHAKRABORTY, A.; BALA, B. Effect of alternative cropping system on yield and advantage in direct seeded upland rice áreas in Iidican Sub-Tropics. **Journal Agronomy and Crop Science**, v.180, n.1, p.1-6, 1998.
- SHANTHY, A.; CHINNAMUTHU, C. R.; RAMESH, T. Productivity and economics of groundnut-sunflower intercropping system as influenced by nutrient management practices under irrigated condition. **The Madras Agricultural Journal**, v.96, n.7-12, p.374-377. 2009.
- SINGH, M.; SHIVARAJ, B. Intercropping Studies in Lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) (Steud. Wats.). **Journal Agronomy and Crop Science**, v.180, n 1, p.23-26, 1998.
- TARLALKAR, P. P.; RAO, N.G. P. **Genotype-plant density considerations in the development of an eficiente intercropping system for sorghum.** Proceedings of the International Workshop on intercropping. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Hyderabad, India, 10-13 Jan. 1979.
- TÁVORA, F. J. A. F.; MELO, F. I. O.; SILVA, F.P. DA; BARBOSA FILHO, M. Consorciação d mamona com culturas anuais de ciclo curto. **Revista Ciência Agrônômica**, v.19, n.2, p.85-94, 1988.
- THANUNATHAN, K.; MALARVIZHI, S.; THIRUPATHI, M., IMAYAVARAMABAN, V. Economic evaluation of castor-based intercropping systems, **The Madras Agricultural Journal**, v.95, n.1-6, p.38-41. 2008.
- THIAW, S.; HALL, A. E.; PARKER, D. R. Varietal intercropping and the yield and stability of cowpea production in semiarid Senegal. **Field Crops Research**, v.33, n.3, p.217-233, 1993.
- WILLEY, R.W. Intercropping - its importance and research needs. Part I. Competition and yield advantages. **Field Crop Abstracts**, v.32, p.1-10, 1979.
- WILLEY, R.W.; RAO, M.R. A competitive ratio for quantifying completion between intercrops. **Experimental Agriculture**, v.16, n.2, p.117-125, 1980.
- WILLEY, R. W.; OSIRU, D. S. O. Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population. **The Journal of Agricultural Science**, v.79, n.3, p.517-529, 1972.

Recebido em 12 10 2011

Aceito em 22 12 2012