

Efeito do arranjo de plantio da quinoa em baixa altitude

Effect of the quantum plant arrangement at low altitude

Antonio Francelino de Oliveira Filho^{1*}, Maria Neurilan Costa Silva¹, Renato Innecco¹, Francisco Thiago Coelho Bezerra² e Wesley Eusébio de Abreu³

¹ Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza. CEP: 60.356-000, Brasil

² Programa de Pós-Graduação em Agronomia/CCA, Universidade Federal da Paraíba, Rodovia PB 079, Km 12, Caixa Postal 66, Areia-PB, Brasil, 58.397-000

³ Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza. CEP: 60.356-000, Brasil

(*E-mail: eng-francelino@hotmail.com)

<http://dx.doi.org/10.19084/RCA17189>

Recebido/received: 2017.07.30

Recebido em versão revista/received in revised form: 2017.11.22

Aceite/accepted: 2017.11.28

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi verificar os efeitos das combinações de plantio durante dois anos agrícolas no acúmulo de massa e rendimentos da cultivar de quinoa 'BRS Piabiru'. Os experimentos foram conduzidos na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, no Campus do Pici, em Fortaleza, CE nos anos agrícolas 2014/2015 (de outubro a fevereiro) e 2015/2016 (de setembro a janeiro). Os tratamentos resultaram de um esquema fatorial 3x3 (espaçamentos 20, 40 e 60 cm e densidade 10, 15 e 20 cm), sendo esses tratamentos distribuídos em quatro repetições. Avaliou-se a área foliar, índice de área foliar, massa seca da parte aérea, relação grão panícula, percentual de óleo nos grãos e produtividade de panículas. Os experimentos foram analisados de forma conjunta para os ciclos de cultivo. O melhor arranjo espacial para crescimento e produção de biomassa de quinoa é 20 x 10 cm. O menor espaçamento combinado com o aumento da densidade na linha (20 x 10 cm) resulta em elevação do índice de área foliar (4,08) e produtividade de panículas (4.229,17 kg ha⁻¹).

Palavras-chave: *Chenopodium quinoa* Willd., Partição de fotoassimilados, Arranjo populacional, Pseudocereal.

ABSTRACT

The objective of this research was to verify the effects of planting combinations and of the agricultural years on the accumulation of mass and yields of BRS Piabiru quinoa cultivar. The experiments were conducted in the experimental area of the Phytotechnology Department of the Federal University of Ceará, at Campus do Pici, in Fortaleza, CE for the agricultural years 2014/2015 (from October to February) and 2015/2016 (from September to January). The treatments resulted from a 3x3 factorial scheme (spacings 20, 40 and 60 cm and density 10, 15 and 20 cm), and these treatments were distributed in four replicates. The leaf area, leaf area index, aerial part dry matter, panicle grain ratio, percentage of oil in the grains and panicle productivity were evaluated. The experiments were analyzed together for the crop cycles. The best spatial arrangement for growth and production of quinoa biomass is 20 x 10 cm. The smaller spacing combined with increased line density (20 x 10 cm) resulted in increased leaf area index (4.08) and panicle productivity (4,229.17 kg ha⁻¹).

Keywords: *Chenopodium quinoa* Willd., Partitioning of photo-assimilates, Population Arrangement, Pseudocereal.

INTRODUÇÃO

Diante da atual demanda por alimentos nutricionalmente equilibrados e funcionais de alta qualidade proteica, apresentando ausência de glúten e que atenda as necessidades básicas de aminoácidos, a quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) desponta como excelente alternativa (Balbi *et al.*, 2014), o que

tem levado à expansão de seu cultivo. Visando diminuir a insegurança alimentar, revitalizar essa cultura milenar e transformar a dieta mundial, o ano de 2013 foi escolhido como ano internacional da quinoa (FAO, 2013).

Entre os anos de 2004 a 2014 observou-se aumento significativo na produção mundial, superior a 268%, saltando de 52.326 para 192.342 toneladas. Nesse mesmo período a área plantada foi de 67.243 para 195.342 hectares e a produtividade aumentou 27%, variando de 778 para 985 kg ha⁻¹ (FAOSTAT, 2017). No Brasil, a quinoa foi introduzida em 1990, e tem sido cultivada no cerrado em sucessão e entressafra (safrinha) com culturas anuais, como soja e milho em plantio direto, devido seu alto potencial para produção de fitomassa (Spehar e Trententi, 2011). Porém a produção nacional é incipiente, não estando disponível nenhum levantamento pelos órgãos oficiais.

Diante do desafio de produzir esse grão em larga escala, a fim de tornar os preços mais acessíveis, tem-se buscado a melhor época para o plantio de safrinha (Vasconcelos *et al.*, 2012) e testado os efeitos da densidade de sementeira (Spehar e Rocha, 2009) que facilite os tratos culturais, causando a menor competição intraespecífica. O arranjo populacional de plantio se apresenta como um fator de elevada importância, pois pode afetar as características produtivas e a produtividade de muitas culturas (Bezerra *et al.*, 2014).

A competição é uma forma das plantas vizinhas utilizarem os mesmos recursos e o sucesso é determinado pela capacidade da planta em capturá-los. Dessa maneira um bom competidor apresenta alta taxa de crescimento relativo, podendo utilizar os recursos rapidamente e sendo uma espécie com menor requerimento de recursos. A base fisiológica que explica a competição é bastante complexa e não está totalmente esclarecida (Silva e Silva, 2013). A quinoa é uma planta que apresenta plasticidade

fenotípica no crescimento, fator esse que lhe confere a condição de ramificar na ausência de estande adequado, compensando o baixo número de plantas (Spehar e Rocha, 2009).

A supressão do crescimento de plantas daninhas em uma copa pode ser melhorada através da melhoria da competitividade das culturas. Uma maneira de conseguir isso é modificando o padrão de plantio de culturas. Um padrão de plantio uniforme aumenta a capacidade de uma cultura para competir com as plantas daninhas por luz em comparação com um padrão de plantação aleatória e em linha, e como essa capacidade se relaciona com a densidade de plantas e plantas daninhas, bem como o tempo relativo de emergência da erva daninha (Evers e Bastiaans, 2016).

Apesar do arranjo de plantio estar diretamente relacionado com o rendimento das culturas. A indefinição do arranjo ideal para produção de quinoa em baixa latitude prevalece, já o aumento do adensamento de plantio tem sido prejudicial em regiões com baixa intensidade luminosa (Nadaletti *et al.*, 2014).

Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos do arranjo de espacial em duas safras sobre o acúmulo de massa na cultura da quinoa cultivar 'BRS Piabiru'.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos na Área Experimental do Setor de Agricultura (3° 44' de latitude Sul, 38° 33' a oeste de Greenwich e 19,5 m de altitude), do Departamento de Fitotecnia, da

Quadro 1 - Atributos químicos do solo da área experimental do Departamento de Fitotecnia, Campus do Pici, Fortaleza-CE nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade do perfil previamente a instalação dos experimentos, primeiro e segundo ciclo

Atributos químicos - primeiro ciclo											
pH (1:2,5 H ₂ O)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB*	CTC*	P ⁵⁺	V*	M.O.*
	cmol _c dm ⁻³								mg.dm ⁻³		%
5,8	1,00	0,80	0,13	0,10	0,11	1,16	2,00	3,20	10	63	0,76
5,9	1,00	0,80	0,12	0,15	0,17	1,82	2,10	3,90	3	54	0,58
Atributos químicos - segundo ciclo											
6,5	1,80	0,80	0,21	0,00	0,09	0,99	2,90	3,90	11	74	0,75
6,5	1,20	0,50	0,23	0,00	0,23	1,16	2,20	3,30	4	67	0,46

* SB: Soma de Bases; CTC: Capacidade de Troca de Cátions; V: Saturação por bases; MO: Matéria Orgânica. Fonte: Laboratório de Química do Solo, Departamento de Ciências do Solo/CCA/Universidade Federal do Ceará.

Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, em Fortaleza-CE. Os cultivos de quinoa foram realizados na mesma área, sendo o primeiro entre outubro de 2014 a fevereiro de 2015 e o segundo ciclo de setembro de 2015 a janeiro de 2016.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, e os tratamentos consistiram nas combinações entre três espaçamentos entre fileiras (20, 40 e 60 cm) e três densidades (médias de 10, 7 e, 5 covas por metro linear, equivalendo a 20, 14 e 10 plantas por metro linear), totalizando nove arranjos populacionais. As combinações foram definidas baseando-se em trabalhos conduzidos por Sphar e Rocha (2009)

com a cultura da quinoa no cerrado brasileiro. As parcelas foram compostas por cinco fileiras de três metros de comprimentos cada e sua largura variou em função do espaçamento entre linhas de plantio, sendo a área útil as três linhas centrais excluindo-se 0,5 m de suas extremidades.

O clima da região, segundo Köppen, é do tipo tropical chuvoso (Aw'). Os dados meteorológicos diários da temperatura média do ar e de precipitação pluviométrica na no Campus do PICI durante a condução dos experimentos encontram-se na Figura 1. Durante os cultivos se registou precipitação pluviométrica de 146 mm, primeira safra, e de 51,5 mm, segunda safra.

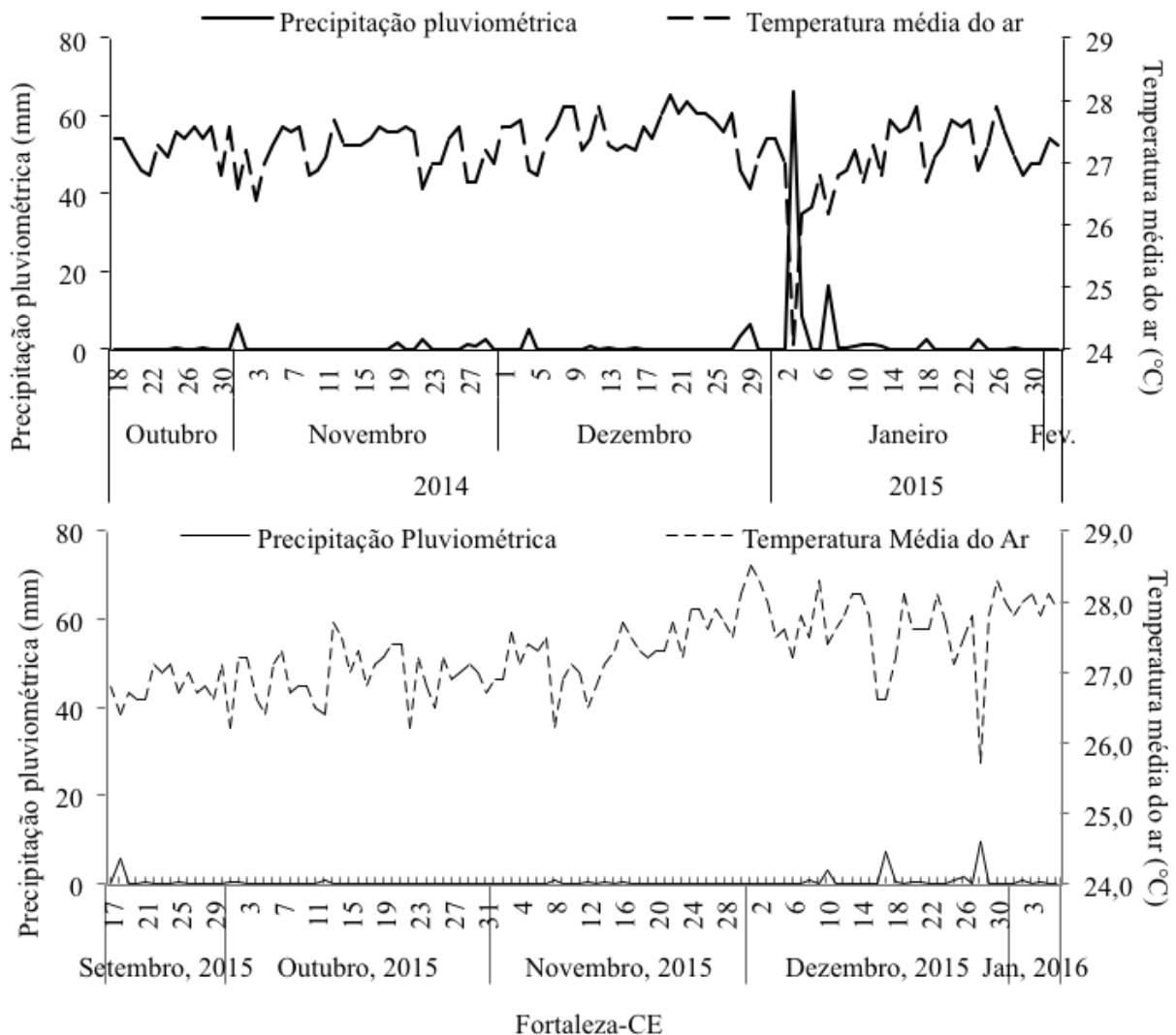


Figura 1 - Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura média do ar diárias (°C) na área experimental do Departamento de Fitotecnia, no Campus do Pici durante a execução dos experimentos, Fortaleza, CE, 2014, 2015 e 2016. Fonte: Estação meteorológica do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (Santos *et al.*, 2013). As análises de fertilidade da área experimental foram realizadas em amostras coletadas nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade do perfil do solo, no Laboratório de Química do Solo, do Departamento de Ciências do Solo, da Universidade Federal do Ceará, conforme resultados apresentados no Quadro 1.

Quadro 2 - Arranjos de plantio e populações de plantas de quinoa

Tratamentos*	Densidade de plantio (cm)		
Espaçamento (cm)	10	15	20
20	1.000.000	666.666	500.000
40	500.000	333.330	250.000
60	333.330	222.222	166.666

*Duas plantas cova⁻¹

O preparo do solo e o manejo da adubação seguiram as recomendações de Spehar e Rocha (2009), sendo realizada uma aração e duas gradagens antes da semeadura, não havendo necessidade de correção quanto a acidez. Os fertilizantes usados foram ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, na formulação 50-60-80 dos respectivos nutrientes N-P₂O₅-K₂O. Na adubação de fundação aplicou-se todo o fósforo, enquanto potássio e nitrogênio foram divididos em 3 aplicações, sendo 20% em fundação, 30% aos 15 dias após a semeadura e 50% aos 30 dias após a semeadura. A adubação de cobertura foi realizada em sulcos distanciados 10 cm das covas de plantio e profundidade de 10 cm.

A semeadura foi realizada manualmente, utilizando a cultivar de quinoa BRS Piabiru adquiridas da Embrapa Cerrados, colocando-se 4 a 5 sementes por cova a profundidade de 1 a 2 cm. O desbaste, para atender os arranjos populacionais definidos, foi realizado aos 20 dias após a emergência, permanecendo duas plantas por cova.

O controle das plantas daninhas foi realizado com três capinas com enxada manual aos 15, 30 e 50 dias após a emergência. Na irrigação utilizou-se água do açude do Campus do PICI (condutividade elétrica = 1,18 dS m⁻¹; pH = 7,22), e foram utilizados microaspersores (65 L ha⁻¹). A irrigação foi suspensa aos 90 dias após a semeadura para facilitar o processo de maturidade fisiológica das

sementes, caracterizando-se assim pela queda das folhas e mudança na coloração das panículas.

Para avaliação do acúmulo de fitomassa, foram coletadas aos 85 dias após a emergência 6 plantas que haviam sido marcadas após o desbaste, foram enviadas ao Laboratório de Fisiologia da Produção da Universidade Federal do Ceará. Para a área foliar específica, adotou-se o método dos discos foliares, que consistiu na retirada de discos foliares de uma área conhecida (2,41 cm²) (10 discos por planta) com um vazador. Os discos foram coletados de limbos foliares das folhas frescas distribuídos simetricamente (parte basal, mediana e apical) por toda a planta, evitando-se sempre as nervuras mais espessas. Em seguida essas as amostra foram secas em estufa a 65°C e aferida sua massa. Todas as folhas das plantas coletadas passaram pelo mesmo procedimento, cuja massa seca resultou no somatório das folhas mais os discos foliares para as estimativas de áreas foliares.

A área foliar foi estimada pela seguinte fórmula: $AF = [(PF + PD) \times AD]/PD$, onde AF é a área foliar estimada (cm²), PF é a massa seca da folha (g), PD a massa seca dos discos (g) e AD a área conhecida do disco retirado da folha (2,41 cm²) (Souza *et al.*, 2012). O índice de área foliar (IAF) foi determinado através da relação entre a área foliar da planta pelo espaçamento.

A colheita foi realizada aos 110 dias após a semeadura (primeira safra – 12/02/2015, segunda safra – 06/01/2016). Diferente da quinoa cultivada no Cerrado brasileiro, que atinge a maturidade aos 145 dias. A redução no ciclo, em comparação ao cultivo no Cerrado, provavelmente está relacionada a quantidade de luz no Nordeste brasileiro, que pode ter acelerado o metabolismo.

A relação grão panícula (RGP) é resultado da divisão da massa de grãos pela massa total das panículas e multiplicado por 100, onde a mesma se expressa em porcentagem. Já os teores de óleo nos grãos foram determinados pelo método de Soxhlet, utilizando o extrator de gordura da Tecnal modelo TE-044-8/50, usando o hexano como solvente em amostras de 5 gramas de grãos macerados. As produtividades foram quantificadas a partir de panículas e sementes colhidas na área útil e posteriormente convertida para hectare.

Os dados foram avaliados quanto a homogeneidade dos erros através da relação entre o maior e o menor erro entre as safras (Banzato e Kronka, 2006). Verificado a homogeneidade dos erros procedeu-se a análise conjunta dos dados, utilizando o teste F ($p \leq 0,05$) da análise de variância para verificação da significância dos tratamentos, bem como as interações. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey admitindo-se um erro de 5% de probabilidade. Nas análises estatísticas utilizou-se o software SAS® 9.3 (2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos dos fatores avaliados sobre o acúmulo de fitomassa podem ser observados no Quadro 3.

No Quadro 4 estão apresentados os valores médios da área foliar, índice de área foliar e massa seca da parte aérea da quinoa BRS Piabiru cultivada em função da safra e do arranjo populacional.

A maior área foliar foi obtida na primeira safra a partir da combinação entre o espaçamento de 60 cm e a densidade de 14 plantas por metro linear (população de 238 mil plantas por hectare), com média de 1.903,32 cm² por planta. De forma geral, observou-se que a diminuição do espaçamento reduziu a área foliar, enquanto a modificação na densidade é mais variável a resposta em área foliar. O aumento da área foliar associado ao

maior espaçamento mostra em parte a redução do efeito da competição intraespecífica, onde os recursos disponíveis se tornam mais abundantes para investimento no aumento da área foliar por planta e conseqüentemente na área fotossinteticamente ativa por planta (Zanine e Santos, 2004). O efeito do ciclo de plantio pode estar relacionado aos fatores climáticos, como a temperatura do ar, sendo que essa temperatura na primeira safra se manteve mais constante durante grande parte do cultivo (Figura 1), fator esse que pode ter sido decisivo para elevar os valores da área foliar por planta. A temperatura afeta todas as reações bioquímicas da fotossíntese e altera as taxas de respiração das plantas (Taiz e Zeiger, 2013).

O máximo índice de área foliar em função do arranjo de plantio foi alcançado isoladamente quando se usou máxima população de plantas de quinoa (20 x 10 cm) no segundo ano, alcançando média de 4,08. Apesar desse mesmo arranjo de plantio ter apresentado uma queda acentuada no primeiro ano de cultivo, este se mostrou superior às demais combinações. Em seguida, o espaçamento intermediário entre linhas e o menor densidade (40 x 10 cm) resultaram em índices superiores a duas unidades, que não diferiu de muitos arranjos intermediários, tanto no primeiro como no segundo ano. Plantas de quinoa cultivadas na segunda safra em baixas populações (40 ou 60 cm x 20 cm) apresentaram IAF 0,85 e 0,75 respectivamente.

Quadro 3 - Resumo da análise de variância (quadrados médios) para: área foliar (AF), índice de área foliar (IAF), massa seca da parte aérea (MSPA), relação grão panícula (RGP), teor de óleo nos grãos (% ÓLEO) e produtividade de panícula (PP) de quinoa em função do arranjo de plantio (espaçamento e densidade) e do ciclo de cultivo (2014/2015 e 2015/2016). Fortaleza-CE

Fonte de variação	GL	AF	IAF	MSPA	RGP	% ÓLEO	PP
Bloco (ciclo)	6	117369,14	0,05	0,37	41,882	3,676	205581,51
Ciclo (C)	1	1050350,71**	1,19**	9,40**	796,936**	10,780**	14922639,75**
Espaçamento (E)	2	1764751,67**	7,24**	63,47**	20,977 ^{ns}	2,372 ^{ns}	3044000,12**
C x E	2	536835,51**	1,20**	9,34**	3,466 ^{ns}	2,550 ^{ns}	974300,20**
Densidade (D)	2	71295,65**	10,01**	95,55**	60,897*	3,379 ^{ns}	6596620,01**
C x D	2	200110,72**	0,25*	1,56 ^{ns}	14,739 ^{ns}	0,328 ^{ns}	967296,07**
E x D	4	195090,83**	2,50**	6,68**	83,812**	1,803 ^{ns}	674396,33**
C x E x D	4	87947,07**	0,10 ^{ns}	7,27**	22,099 ^{ns}	3,263 ^{ns}	324117,65*
Resíduo	48	15300,42	0,07	0,78	17,956	1,387	90254,81
Média		920,30	1,82	6,54	31,31	9,51	2.658,90
		cm ² planta ⁻¹		t ha ⁻¹			Kg ha ⁻¹
CV (%)		13,44	14,22	13,54	13,54	12,39	11,30

**,* e ^{ns}: significativo a 1%, 5% e não significativo respectivamente pelo teste F.

Quadro 4 - foliar (AF), índice de área foliar (IAF) e massa seca da parte aérea (MSPA) de quinoa cultivada em dois ciclos de plantio com variação para o arranjo populacional. Fortaleza-CE

AF (cm ² planta ⁻¹)	Primeiro ciclo			Segundo ciclo		
	Densidade de plantio (cm)			Densidade de plantio (cm)		
Espaçamento (cm)	10	15	20	10	15	20
20	676,86 aBα	686,30 aBα	734,91 aCα	815,28 aAα	567,99 bBα	684,19 abBα
40	870,31 aABα	841,31 aBα	1.028,11 aBα	844,79 aAα	828,55 aAα	660,98 aBβ
60	1.081,30 cAα	1.903,32 aAα	1.547,27 bAα	876,13 aAβ	979,16 aAβ	938,58 aAβ
IAF	Primeiro ciclo			Segundo ciclo		
	Densidade de plantio (cm)			Densidade de plantio (cm)		
Espaçamento (cm)	10	15	20	10	15	20
20	3,66 aAβ	1,80 bAα	1,49 bAα	4,08 aAα	1,91 bAα	1,71 bAα
40	2,19 aBα	1,70 bAα	1,58 bAα	2,02 aBα	1,35 bBα	0,85 cBβ
60	1,78 aBα	2,08 aAα	1,25 bAα	1,46 aCα	1,10 abBβ	0,75 bBβ
MSPA (t ha ⁻¹)	Primeiro ciclo			Segundo ciclo		
	Densidade de plantio (cm)			Densidade de plantio (cm)		
Espaçamento (cm)	10	15	20	10	15	20
20	9,98 aAα	7,39 bAβ	4,71 cAβ	11,16 aAα	9,93 aAα	7,33 bAα
40	5,35 bBβ	7,06 aAα	4,80 bAα	8,15 aBα	5,02 bBβ	3,16 cBβ
60	8,52 aAα	4,12 bBα	3,66 bAα	8,47 aBα	4,82 bBα	4,06 bBα

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre níveis de densidade, maiúsculas entre níveis de espaçamento e grega entre ciclos, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Bilalis *et al.* (2012) testaram formas de manejo do solo e adubação e verificaram elevados índices de área foliar (acima de uma unidade), valores estes que se assemelham aos verificados nessa pesquisa, destacando-se assim o potencial dessa granífera em acumular elevados índices para área foliar em suas populações.

A média do IAF superior a uma unidade nos dois anos agrícolas mostra o potencial dessa cultura para cultivos em plantio direto e em sucessão com outras culturas (Spehar, 2007), uma vez que esses valores significa uma proteção ao solo e um aumento da superfície fotossinteticamente ativa, resultando no aumento da taxa bruta de produção (Larcher, 2006). Por outro lado, o incremento no índice de área foliar aumenta a produção de massa de matéria seca, porém, em decorrência do autosombreamento das folhas, a taxa fotossintética média por unidade de área foliar decresce. Cada cultura possui um IAF ideal para máxima interceptação de radiação. À medida que esse índice aumenta, as folhas da parte inferior das plantas tornam-se mais sombreadas e, conseqüentemente, a taxa fotossintética média de toda a área foliar é diminuída (Zabot *et al.*, 2004), sendo compensada pelo conjunto populacional mais adensado.

Avaliando genótipos de quinoa na Argentina, Bertero e Ruiz (2008) concluíram que devido à densidade de plantas e às condições ambientais a cultura nunca chegou à interceptação total da radiação. Eles associam esse fato à variação da eficiência de interceptação, que na maioria das vezes é causada pela variação nos índices de área foliares.

Usando o arranjo de plantio 20 x 10 cm (1.000.000 plantas por hectare), tanto no primeiro como no segundo ciclo, alcançou-se o maior acúmulo de massa seca da parte aérea de quinoa (9,98 e 11,16 t ha⁻¹ respectivamente) que não diferiu quando se adotou o 15 cm entre plantas dentro da linha de plantio no segundo ano e manteve-se o mesmo espaçamento entre fileira (20 cm). Os tratamentos adotados nessa pesquisa apresentaram diversos comportamentos entre os anos agrícolas, sem variações significativas nos espaçamentos menores entre linhas e com variações nos espaçamentos intermediários. O aumento do espaçamento entre plantas na fileira de plantio resulta numa drástica redução na massa seca acumulada acima do solo, apresentando forte relação com o ciclo de plantio e com o espaçamento.

A produção de fitomassa nessa pesquisa destaca o potencial da quinoa no uso de sistema de plantio direto, como planta de cobertura, tendo em vista a grande quantidade de resíduo orgânico que pode ser deixado na área de plantio após a colheita (média de 6 t ha⁻¹, podendo esse valor passar de 11 t ha⁻¹ a depender da época de cultivo). Considera-se que 6 t ha⁻¹ de resíduo sobre a superfície é uma quantidade adequada ao sistema de plantio direto, na qual consegue-se boa taxa de cobertura do solo (Alvarenga *et al.*, 2001), além de poder ser usado como forragem na alimentação animal, diversificando assim a agricultura (Spehar e Trecent, 2011).

Os valores médios da produtividade de panículas da quinoa 'BRS Piabiru' cultivada em duas safras, variando o arranjo populacional estão destacados no Quadro 5.

A produtividade de panículas foi superior a 4 toneladas por hectare quando cultivada em segunda safra usando densidade de plantio de 10 cm e os espaçamentos entre fileiras de 20 ou 40 cm. Esses resultados sugerem que as plantas destinaram maior energia e assimilados para as partes reprodutivas, colimando em maior produção. Nesse sentido ocorreu um sinergismo entre plantas dentro da população que resultou em maiores rendimentos. Todas as combinações de plantas usadas no segundo ano apresentaram rendimentos iguais ou superiores as do ciclo anterior e a baixa densidade (20 cm) combinado com espaçamento médio ou alto (40 ou 60 cm) nos dois anos resultaram em baixos rendimentos (abaixo de 2 t ha⁻¹).

Quadro 5 - Produtividade de panículas (PP) de quinoa cultivada em dois ciclos de plantio com variação para o arranjo populacional. Fortaleza, CE

PP (kg ha ⁻¹)	Primeiro ciclo Densidade de plantio (cm)			Segundo ciclo Densidade de plantio (cm)		
	10	15	20	10	15	20
Espaçamento (cm)						
20	2.631,65 aAβ	2.282,10 abBβ	2.015,63 bAβ	4.229,17 aAα	3.545,84 bAα	3.229,17 bAα
40	2.300,84 bAβ	3.042,70 aAα	1.585,15 cAα	4.072,92 aAα	3.276,04 bAα	1.964,58 cBα
60	2.247,80 aAβ	2.082,15 abBβ	1.648,80 bAα	2.995,83 aBα	2.723,61 aBα	1.990,28 bBα

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre níveis de densidade, maiúsculas entre níveis de espaçamento e grega entre ciclos, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

O fato de o aumento populacional resultar em aumento de produção pode ser explicado pela elevada quantidade de luz presente na região de cultivo, onde a quinoa devido à sua arquitetura foliar consegue mesmo em altas populações interceptar grande parte dessa luz e convertê-las em acúmulo de massa nas sementes. Já em outras regiões, onde a luz é um fator limitante pode ocorrer competição por esse fator de produção quando cultivada em altas populações. Nadaletti *et al.* (2014) cultivaram linhaça a lanço e em linha com diversas populações de plantas no Paraná, onde a quantidade de luz é limitante e concluíram que o aumento da densidade de plantio foi prejudicial tanto na linha, como a lanço.

No Quadro 6 estão os valores médios da interação entre espaçamento e densidade, além do efeito do

Quadro 6 - Média da relação semente panícula (RSP) e teor de óleo nas sementes de quinoa cultivada em dois ciclos de plantio em Fortaleza com variação para o arranjo populacional. Fortaleza-CE, 2017

RGP	Espaçamento x Densidade		
	Densidade de plantio (cm)		
Espaçamento (cm)	10	15	20
20	35,52 aA	26,28 bB	29,30 bA
40	32,55 aA	30,25 aAB	31,17 aA
60	31,37 aA	34,77 aA	30,56 aA
Ciclo	RGP	%ÓLEO	
I	34,63 A	9,12 B	
II	27,98 B	9,89 A	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

ciclo no teor de óleo e na relação grão panícula da quinoa cultivada em duas safras.

Os menores valores para a relação grão panícula (abaixo de 30) foram verificados quando as plantas foram arrançadas em 15 ou 20 cm entre si no interior da linha com menor espaçamento (20 cm). Já os demais arranjos populacionais utilizados não afetaram essa relação. Estes resultados corroboram com pesquisa conduzida por Spehar e Rocha (2009), quando testaram o efeito da densidade de semeadura da quinoa no planalto central e verificaram baixo efeito da densidade de plantio no índice de colheita, que relaciona a quantidade de grãos com a biomassa. No geral, a partição de fotoassimilados em plantas de quinoa apresenta baixa relação com a competição de plantas no campo frente o espaçamento entre e a densidade.

A época de cultivo apresentou efeito na relação grão panícula, sendo o primeiro ano agrícola o que apresentou valores mais elevados (34,63). Vasconcelos *et al.* (2012) relataram que variando a data de semeadura, ocorre variação no número de dias para floração e maturação, devido fatores ambientais não controláveis, como temperatura e disponibilidade de água. Essa variação pode ser influenciada pelo mecanismo de partição de fotoassimilados, aumentando ou não o enchimento de sementes na panícula, fato esse que deve ter causado essa variação entre safras. Os mecanismos de partição de fotoassimilados na planta determinam as quantidades de carbono fixadas e distribuídas nos tecidos drenos específicos e apresentam importante papel na produtividade das plantas cultivadas (Taiz e Zeiger, 2013).

O teor de óleo nas sementes dessa chenopodiáceae apresentou variação entre os anos agrícolas (ciclo). O segundo ciclo com média de 9,89% foi

superior ao primeiro (9,12%). Esse valor é superior aos teores encontrados por Miranda *et al.* (2012) quando trabalharam com seis ecótipos de quinoa oriundos de três áreas geográficas do Chile e observaram teores de óleo abaixo de 7,15% para todas as variedades.

A quinoa quando cultivada em regiões de temperaturas mais elevadas (baixa altitude e baixa latitude) do que seu centro de origem (altiplano andino) apresentam maiores teores de gordura em seus grãos (Gomes, 1999). Sendo assim, a região próxima ao nível do mar se apresenta com forte potencial para exploração dessa cultura. Rotta *et al.* (2011) analisaram e descreveram a composição centesimal de ácidos graxos dessa variedade de quinoa ('BRS Piabiru') e verificaram que a quase totalidade desses ácidos essenciais presentes no grão são insaturados e apresentam elevado valor biológico.

CONCLUSÕES

O melhor arranjo espacial para crescimento e produção de biomassa de quinoa é 20 x 10 cm. O menor espaçamento combinado com aumento da densidade (20 x 10 cm) resulta em elevação do índice de área foliar (4,08) e produtividade de panículas (4.229,17 kg ha⁻¹). O teor de óleo nos grãos não é afetado pelo arranjo populacional. A partição de fotoassimilados na panícula se altera entre as safras da quinoa.

AGRADECIMENTO

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarenga, R.C.; Cabezas, W.A.L.; Cruz, J.C. & Santana, D.P. (2001) – Plantas de cobertura de solo em sistema de plantio direto. *Informe Agropecuário*, vol. 22, n. 208, p. 25-36.
- Balbi, M. E.; Oliveira, K. & Chiquito, R. F. (2014) – Análise da composição química e nutricional da quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.). *Visão Acadêmica*, vol. 15, n. 2, p. 28-42.
- Banzatto, D.A. & Kronka, S.N. (2006) – *Experimentação agrícola*. 4. ed. Jaboticabal, FUNEP, 237 p.

- Bertero H.D. & Ruiz, R.A. (2010) – Reproductive partitioning in sea level quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. *Field Crops Research*, vol. 118, n. 1, p. 94-101. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.04.009>
- Bezerra, F.T.C.; Dutra, A.S.; Ferreira Bezerra, M.A.; Oliveira Filho, A.F. & Barros, G.L. (2014) – Comportamento vegetativo e produtividade de girassol em função do arranjo espacial das plantas. *Revista Ciência Agronômica*, vol. 45, n. 2, p. 335-343.
- Bilalis, D.; Kakabouki I.; Karkanis A.; Travlos I.; Triantafyllidis V. & Hela D. (2012) – Seed and saponin production of organic quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) for different tillage and fertilization. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, vol. 40, n. 1, p. 42-46. <http://dx.doi.org/10.15835/nbha4017400>
- Evers, J.B. & Bastiaans, L. (2016) – Quantifying the effect of crop spatial arrangement on weed suppression using functional-structural plant modelling. *Journal of Plant Research*, vol. 129, n. 1, p. 339-351. <http://dx.doi.org/10.1007/s10265-016-0807-2>
- FAO (2013) – *Quinoa: 2013 international year*. 2013, [cit. 2017.06.11]. www.fao.org/faostat/en/#data/QC
- Gomes, M.P. (1999) – *Avaliação do conteúdo orgânico-mineral de grãos de quinoa*. 59 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- Larcher, W. (2006) – *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos: Rima, 550 p.
- Miranda, M.; Vega-Gálvez, A.; Quispe-Fuentes, I.; Rodríguez, M.J.; Maureira, H. & Martínez, E.A. (2012) – Nutritional aspects of six quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) ecotypes from three geographical areas of Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, vol. 72, n. 2, p. 175-181. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392012000200002>
- Nadaletti, W.C.; Santos, R.F.; Bariccatti, R.A.; Souza, S.N.M. de; Belli Filho, P.; Cremonese, P. & Antonelli, J. (2014) – Linhaça dourada: Sistema de plantio à lanço e na linha. *Acta Iguazu*. vol. 3, n. 1, p. 169-174.
- Rotta, M.E.; Batiston, W.P.; Gohara, A.K.; Souza, A.H.P.; Palombini, S.V.; Pagamunici, L.M.; Torquato, A.S.; Gomes, S.T.M.; Visentainer, J.V.; Souza, N.E. & Matsushita, M. (2011) – Composição centesimal e perfil de ácidos graxos da *Chenopodium quinoa*, BRS Piabiru. In: *34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Florianópolis. Anais eletrônicos...Florianópolis: UEM, 2011. [cit. 2016.03.29] <http://sec.sbq.org.br/cdrom/34ra/resumos/T3484-1.pdf>
- SAS. Base SAS® 9.3. (2012) – *Procedures Guide: Statistical Procedures*. 2ª ed. Cary: SAS Institute Inc.
- Santos, H.G.; Jacomine, P.K.T.; Anjos, L.H.C.; Oliveira, V.A.; Lumberras, J.F.; Coelho, M.R.; Almeida, J.A.; Cunha, T.J.F. & Oliveira, J.B. (2013) – *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 3 ed. Brasília: Embrapa. 353 p.
- Silva, A.A. da & Silva, J.F. da (2013) – *Tópicos em manejo de plantas daninhas*. 1. ed. Viçosa: Editora UFV. 367 p.
- Souza, M.S.; Alves, S.S.V.; Dombroski, J.L.D.; Freitas, J.D.B. de & Aroucha, E.M.M. (2012) – Comparação de métodos de mensuração de área foliar para a cultura da melancia. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, vol. 42, n. 2, p. 241-245. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000200016>
- Spehar, C.R. (2007) – *Quinoa: alternativa para a diversificação agrícola e alimentar*. Planaltina: Embrapa Cerrados.
- Spehar, C.R. & Rocha, J.E. da S. (2009) – Effect of sowing density on plant growth and development of quinoa, genotype 4.5, in the Brazilian savannah highlands. *Bioscience Journal*, vol. 25, n. 4, p. 53-58.
- Spehar, C.R. & Trecenti, C. (2011) – Desempenho agrônomo de espécies tradicionais e inovadoras da agricultura em semeadura de sucessão e entressafra no cerrado do planalto central brasileiro. *Bioscience Journal*, vol. 27, n. 1, p. 102-111.
- Vasconcelos, F.S. de; Vasconcelos, E.S. de; Balan, M.G. & Silvério, S. (2012) – Desenvolvimento e produtividade de quinoa semeada em diferentes datas no período safrinha. *Revista Ciência Agronômica*, vol. 43, n. 3, p. 510-515. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902012000300013>
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2013) – *Fisiologia Vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: ARTMED, 918 p.
- Zabot, L.; Dutra, L.M.C.; Jauer, A.; Luccas Filho, O.A.; Uhry, D.; Stefanelo, C.; Losekan, M.E.; Farias, J. R. & Ludwig, M.P. (2004) – Análise de crescimento da cultivar de feijão BR IPAGRO 44 Guapo Brilhante cultivada na safrinha, em quatro densidades de semeadura, em Santa Maria/RS. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, vol. 3, n. 2, p. 105-115.
- Zanine, A de M & Santos, E. M. (2004) – Competição entre espécies de plantas: uma revisão. *Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia*, vol. 11, n. 1, p. 10-30.