



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA

PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES DE QUINOA EM FUNÇÃO DO
ARRANJO ESPACIAL

ANTONIO FRANCELINO DE OLIVEIRA FILHO

FORTALEZA
2017

ANTONIO FRANCELINO DE OLIVEIRA FILHO

PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES DE QUINOA EM FUNÇÃO DO
ARRANJO ESPACIAL

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Agronomia/Fitotecnia do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Renato Innecco

FORTALEZA
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- O45p Oliveira Filho, Antonio Francelino de.
Produção e qualidade de sementes de quinoa em função do arranjo espacial / Antonio Francelino de Oliveira Filho. – 2017.
64 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Renato Innecco.
1. *Chenopodium quinoa* Willd. 2. Competição intraespecífica. 3. Qualidade de sementes. 4. Época de plantio. I. Título.

CDD 630

ANTONIO FRANCELINO DE OLIVEIRA FILHO

PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES DE QUINOA EM FUNÇÃO DO
ARRANJO ESPACIAL

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Agronomia/Fitotecnia do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Renato Innecco (Orientador)

Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho

Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Alek Sandro Dutra

Universidade Federal do Ceará - UFC

Pesq. Dra. Aurilene Araújo Vasconcelos

Universidade Federal do Ceará - UFC

Pesq. Dr. Francisco Thiago Coelho Bezerra

Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Aos meus pais
Antonio Francelino de Oliveira e
Cícera Benedita Tôrres de Oliveira.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em especial a Deus, que tudo criastes e até aqui tem me guiado;

Aos meus amados pais (Antônio Francelino e Cícera Torres) por sempre acreditar que a educação é libertadora e pela incansável luta para a realização deste sonho de ser doutor em agronomia;

A minha noiva Neurilan Costa pelo apoio em todas as horas e pela sua imensa contribuição para que esse trabalho se tornasse realidade;

A Universidade Federal do Ceará, em especial ao Departamento de Fitotecnia pela oportunidade e apoio na realização deste trabalho;

Ao professor Renato Innecco pela dedicação na orientação, convivência e apoio;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico- CNPQ pela concessão da bolsa durante o curso;

Ao Laboratório de Análise de Sementes da UFC e ao Laboratório de Fisiologia da Produção Vegetal do CCA/UFC por disponibilizar o pessoal e os equipamentos para a realização de etapas cruciais nesta pesquisa;

Ao amigo Francisco Thiago Coelho Bezerra pela colaboração nas análises estatísticas;

A todos os professores do Departamento de Fitotecnia da UFC pela experiência repassada e contribuição para minha formação acadêmica;

Aos membros da banca examinadora pelas diversas contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho;

Aos companheiros Bruno França, Wesley Eusébio, Wesley Nascimento, Marcelo Pinheiro, Charles Lobo, Frederico Yan, Fátima Queiroz, André Nogueira, Ítalo Viana, Cristiane Ramos, Maria da Conceição, Hernandes Rufino, Wallace Edelky e Maria Lucilânia pela indispensável contribuição na execução desta pesquisa.

A todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para tornar esse sonho realidade.

“Se não houver frutos,
valeu a beleza das flores.
se não houver flores,
valeu a sombra das folhas.
se não houver folhas,
valeu a intensão da semente.”

(Henfil)

RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar os efeitos dos arranjos populacionais nas características vegetativas, componentes de produção e potencial fisiológico de sementes da cultivar de quinoa BRS Piabiru em dois anos. Os experimentos foram conduzidos na área experimental do setor de agricultura, Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, em Fortaleza, CE durante os anos agrícolas 2014/2015 (de outubro a fevereiro) e 2015/2016 (de setembro a janeiro). Os tratamentos resultaram de um esquema fatorial 3x3 (espaçamentos entre fileiras: 20; 40 e 60 cm e espaçamentos entre plantas dentro da fileira: 10; 15 e 20 cm), sendo esses tratamentos distribuídos em quatro repetições. As características vegetativas foram avaliadas através da altura de plantas, diâmetro do caule, número de ramificações, área foliar específica, índice de área foliar e massa seca da parte aérea, já para as características de produção verificou-se o comprimento de panícula, relação semente panícula, produtividade, massa de 1000 sementes e teor de óleo nas sementes. O potencial fisiológico das sementes foi avaliado pelos testes de germinação e vigor (percentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e envelhecimento acelerado). Os experimentos foram analisados de forma conjunta em relação ao ciclo para a produção e qualidade de sementes. O arranjo populacional e ciclo de plantio interagem sobre as características vegetativas e o rendimento de quinoa, com a combinação de 20 x 10 cm produzindo 10 ton ha⁻¹ de massa seca da parte aérea e 1.162,12 kg ha⁻¹ de sementes. A qualidade fisiológica das sementes é dependente da densidade no interior da fileira, sendo o espaçamento de 15 e 20 cm os que promovem maiores percentuais de germinação (acima de 84%). O aumento da densidade de plantio proporciona redução acima de 18 cm no tamanho das panículas em algumas combinações, porém é compensado pelo aumento da produtividade de sementes. O ano agrícola afeta a qualidade de sementes dentro das diversas populações de plantas, devido às condições meteorológicas.

Palavras-chave: *Chenopodium quinoa* Willd. Competição intraespecífica. Qualidade de sementes. Época de plantio.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect over two years of population arrangements on vegetative characteristics, production components and physiological potential in seeds of the quinoa 'BRS Piabiru'. The experiments were carried out in the experimental area of the agriculture sector of the Department of Plant Science, Federal University of Ceará Pici Campus, in Fortaleza, Ceará, during the agricultural years 2014/2015 (from October to February) and 2015/2016 (from September to January). The treatments were the result of a 3 x 3 factorial scheme (row spacings: 20, 40 and 60 cm, and plant spacings within a row: 10, 15 and 20 cm), with the treatments distributed over four replications. Vegetative characteristics were evaluated by plant height, stem diameter, number of branches, specific leaf area, leaf area index and shoot dry weight. For the production characteristics, the panicle length, seed to panicle ratio, productivity, 1000-seed weight and seed oil content were evaluated. The physiological potential of the seeds was evaluated by tests of germination and vigour (percentage germination, germination speed index, mean germination time and accelerated ageing). The experiments were analysed jointly in relation to cycle for seed production and quality. Population arrangement and planting cycle interact on the vegetative characteristics and yield of the quinoa, with the combination of 20 x 10 cm producing around 10 ton.ha⁻¹ shoot dry weight, and 1,162.12 kg.ha⁻¹ seeds. The physiological quality of the seed is dependent on the density within the row, where spacings of 15 and 20 cm promote greater percentage germination (over 84%). An increase in planting density gives a reduction in panicle size of more than 18 cm for some combinations, but this is compensated for by an increase in seed productivity. The agricultural year affected seed quality within the various plant populations, which may be related to climatic factors.

Keywords: *Chenopodium quinoa* Willd. Intraspecific competition. Seed quality. Planting time.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Plantas de quinoa BRS Piabiru em campo direcionando seus ápices em direção à trajetória do sol às 08h00min (à esquerda) e às 16h00min (à direita), em Fortaleza, 2015.....	16
Figura 2-	Panículas de quinoa BRS Piabiru do tipo glomerulada (à esquerda) e amarantiforme (à direita) cultivadas da área experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza, 2016.....	17
Figura 3-	Frutos de quinoa e suas respectivas partes: A) quinoa grão; (B) Sementes de Quinoa (sem pericarpo); (C) longitudinal médio de uma seção de semente de quinoa; (D) Excisados de embriões.....	22
Figura 4-	Germinação de sementes de quinoa cultivar BRS Piabiru na panícula cultivada na área experimental do Departamento de Fitotecnia da UFC, em Fortaleza-CE, 2016.....	23
Figura 5-	Imagem aérea da área experimental do cultivo da quinoa no Campus do Pici, em Fortaleza, CE, 2014.....	26
Figura 6-	Precipitação pluviométrica e temperatura média do ar diárias da área experimental do Departamento de Fitotecnia, no Campus do Pici durante a execução dos experimentos, Fortaleza, CE, 2014 a 2016.....	27
Figura 7-	Crescimento em altura de plantas de quinoa BRS Piabiru na primeira safra (2014/2015) em função dos dias após a emergência, Fortaleza-CE.....	36
Figura 8-	Crescimento de plantas de quinoa segunda safra (2015/2016) em função dos dias após a emergência sob espaçamentos dentro da linha de 10 (◆), 15 (■) e 20 (▲) cm, nos espaçamentos de 20 (A), 40 (B) e 60 (C). Fortaleza-CE.....	38
Figura 9-	Diâmetro do caule de plantas de quinoa BRS Piabiru primeira safra (2014/2015) em função dos dias após a emergência, Fortaleza-CE.....	39
Figura 10-	Diâmetro do caule de plantas de quinoa BRS Piabiru segunda safra de plantio em função dos dias após a emergência em função sob espaçamentos no interior da linha de 10 (◆), 15 (■) e 20 (▲) cm, nos espaçamentos de 20 (A), 40 (B) e 60 (C). Fortaleza-CE (2014/2015).....	40
Figura 11-	Ramificações em plantas de quinoa BRS Piabiru primeira safra de plantio (2014/2015).....	41
Figura 12-	Ramificações de plantas de quinoa segunda ciclo (2015/2016) em função dos dias após a emergência sob espaçamentos dentro da linha de 10 (◆), 15 (■) e 20 (▲) cm, nos espaçamentos de 20 (A), 40 (B) e 60 (C). Fortaleza-CE.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 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.....	28
Tabela 2-	Arranjos de plantio e populações (plantas por hectare) de quinoa.....	28
Tabela 3-	Características químicas da água de irrigação, usada na área experimental do Departamento de Fitotecnia, Campus do Pici, Fortaleza, CE, 2015.....	30
Tabela 4-	Valor do teste F para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e número de ramificações (Ramos) de quinoa cultivar BRS Piabiru nas safras 2014/2015 e 2015/2016 em função do espaçamento e da idade das plantas....	36
Tabela 5-	Altura de plantas de quinoa primeira safra (2014/2015) com variação do arranjo de plantio. Fortaleza-CE.....	37
Tabela 6-	Diâmetro do caule de plantas de quinoa durante a primeira e segunda safra de plantio isolada (2014/2015 e 2015/2016 respectivamente), com variação de espaçamento entre e dentro da linha de cultivo.....	40
Tabela 7-	Ramificações em função do espaçamento entre fileiras de plantio no primeiro ciclo de cultivo de quinoa.....	42
Tabela 8-	Resumo da análise de variância (quadrados médios) para: área foliar (AF), índice de área foliar (IAF), massa seca da parte aérea (MSPA) e comprimento de panícula (CP) de quinoa em função do arranjo de plantio (Espaçamento entre e dentro da linha) e do ciclo de cultivo (2014/2015 e 2015/2016). Fortaleza-CE.....	44
Tabela 9-	Área 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.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 10-	Valores médios do comprimento de panícula (CP) de quinoa cultivada em dois ciclos de plantio com variação para o arranjo populacional.....	47
Tabela 11-	Resumo da análise de variância (quadrados médios) para massa de 1000 sementes (M1000S), percentagem de germinação (%G) índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) e envelhecimento acelerado (EA) de quinoa em função do arranjo de plantio e do ciclo (2014/2015 e 2015/2016 respectivamente).....	48
Tabela 12-	Média da massa de 1000 sementes de quinoa cultivada em dois ciclos de plantio com variação para o arranjo populacional.....	49
Tabela 13-	Percentagem de germinação (%G), Índice de velocidade de germinação (IVG), e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de quinoa cultivada em dois ciclos de plantio com variação para ciclo e espaçamento entre plantas na fileira.....	50
Tabela 14-	Teste de envelhecimento acelerado (EA) de quinoa cultivada durante dois ciclos de plantio, de acordo com o arranjo populacional.....	51
Tabela 15-	Resumo da análise de variância (quadrados médios) para relação semente panícula (RSP) e teor de óleo nas sementes e produtividade (PR) de quinoa em função do arranjo de plantio (espaçamento entre e dentro da fileira) e do ciclo de cultivo (2014/2015 e 2015/2016). Fortaleza-CE, 2017.....	52
Tabela 16-	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.....	53
Tabela 17-	Média da produtividade de sementes (PR) de quinoa cultivada em dois ciclos de plantio com variação para o arranjo populacional.....	54

SUMÁRIO

	Página
1	INTRODUÇÃO..... 11
1.2	Hipóteses..... 13
1.3	Objetivos..... 13
2	REVISÃO DE LITERATURA..... 14
2.1	A cultura da quinoa..... 14
2.2	Competição de plantas e arranjo populacional..... 20
2.3	Potencial fisiológico de sementes de quinoa..... 22
3	MATERIAL E MÉTODOS..... 26
3.1	Local e período de execução da pesquisa..... 26
3.2	Implantação e condução do experimento no campo..... 28
3.3	Irrigação..... 29
3.4	Variáveis analisadas..... 31
3.4.1	Crescimento..... 31
3.4.2	Características vegetativas..... 31
3.4.3	Componentes de produção..... 32
3.4.4	Qualidade das sementes..... 32
3.4.4.1	<i>Massa de mil sementes.....</i> 32
3.4.4.2	<i>Teor de água.....</i> 33
3.4.4.3	<i>Porcentagem de germinação, tempo médio de germinação e IVG.....</i> 33
3.4.4.4	<i>Envelhecimento acelerado.....</i> 34
3.4.5	Análise estatística dos dados..... 35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 36
4.1	Análise de crescimento características vegetativas..... 36
4.2	Potencial fisiológico de sementes e rendimentos..... 48
5	CONCLUSÕES..... 56
	REFERÊNCIAS..... 57

1 INTRODUÇÃO

Diante da atual demanda por alimentos funcionais (todo alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido na dieta usual produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos benéficos à saúde) de alta qualidade proteica, apresentando ausência de glúten e que atenda as necessidades básicas de aminoácidos, a quinoa desponta como excelente alternativa. Com estas propriedades, esta granífera tem sido demandada mundialmente, o que tem levado à expansão de seu cultivo, inclusive como alternativa aos cultivos comerciais. Este pseudocereal enquadra-se no contexto do mercado consumidor que almeja produtos diferenciados, especialmente com aspectos nutricionais relevantes.

Rica em proteínas, a quinoa tem boa distribuição de aminoácidos essenciais, com as quantidades mais elevadas de lisina (5 a 8%) e metionina (2,4 a 5,1%) do que a maioria dos cereais (STIKIC *et al.*, 2012), assemelhando-se assim à caseína, fração proteica do leite. Este pseudocereal ainda adequa-se muito bem à dieta de pessoas interessadas em alimentos com alto valor nutritivo e sem glúten, podendo também ser utilizado por pacientes celíacos (NASCIMENTO *et al.*, 2014) e o teor de fibra nas sementes é superior ao do milho e trigo em 25% (LAMOTHE *et al.*, 2015).

Devido essas razões têm-se observado um aumento significativo de produção de quinoa nos últimos anos. A prova disso é que a produção mundial teve um incremento superior a 268% na última década, saltando de 52.326 para 192.342 toneladas entre 2004 e 2014. 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 há⁻¹ (FAOSTAT, 2017).

A produção nacional é incipiente, não estando disponível nenhum levantamento pelos órgãos oficiais. A área plantada, ainda que pequena, tem potencial de crescer, para atender à demanda, hoje suprida pelo produto importado. Preços atrativos fazem aumentar o interesse de produtores. Desde a década de 1990 tem-se verificado o potencial de cultivo comercial desta espécie, na região do Cerrado do Brasil, onde na ocasião foram obtidos vários genótipos (SPEHAR, 2007), sendo que o potencial de outras regiões como o Nordeste é desconhecido e necessita de pesquisas, tanto na seleção de cultivares mais adaptadas, como de manejo. Como consequência da busca por cultivares dessa espécie com potencial agrícola, a produção brasileira poderá suplementar um mercado externo crescente, que exige características específicas como grãos grandes (maiores que 3 mg), ausência de saponina (detergente natural de sabor amargo formado por glicosídeos) e boa qualidade nutricional. Grãos desprovidos de saponina permitem seu uso direto na alimentação, sem a remoção do envoltório do fruto (aquênio), que contém tal substância.

A quinoa é uma espécie que apresenta grande plasticidade fenotípica (capacidade dos organismos de alterar a sua fisiologia ou morfologia de acordo com as condições do ambiente. Também pode ser definida como “a habilidade de um genótipo de produzir mais de um fenótipo quando exposto a diferentes ambientes”) e quando esta é cultivada sob temperaturas mais elevadas, apresenta maiores quantidades de gorduras e proteínas nos grãos do que aquela cultivada no Altiplano Andino (GOMES, 1999).

Ao ser produzida em larga escala no Brasil, como alternativa de sucessão (safrinha) no sistema plantio direto, o grão será utilizado pelas indústrias de alimentos e rações. A planta inteira pode ser utilizada na alimentação animal, no sistema integrado lavoura-pecuária (SPEHAR; SANTOS, 2002).

Devido à alta quantidade de biomassa produzida pela cultura da quinoa, esta constitui uma excelente alternativa para proteção e conservação do solo, além do mais requer baixa quantidade de sementes para semeadura, sendo de enorme vantagem ao aumentar a diversidade do sistema produtivo, reduzindo os custos da cultura principal e apresentando-se como uma ótima utilização na alimentação humana e animal. A quinoa torna-se atrativa e possibilita atender prontamente a demanda dos agricultores (SPEHAR, 2007).

No Brasil, o consumo de quinoa é limitado em virtude do alto custo do grão importado, em torno de R\$ 20,00 Kg no atacado, do desconhecimento da população, de hábitos e costumes tradicionais de cereais como arroz, trigo e milho e da baixa disponibilidade de cultivares adaptadas às condições locais. Ademais a planta e o grão têm sido pouco estudados e seu consumo chega a ser desconhecido pela maioria da população. Desta forma, são necessários novos estudos, de maneira a investigar cada vez mais a viabilidade tecnológica, nutricional, funcional e de cultivo desta granífera, consolidando seu uso como mais uma matéria-prima na dieta alimentar brasileira (BORGES *et al.*, 2010).

Por ser uma cultura com recente implantação no Brasil, a quinoa merece especial atenção na adoção de técnicas que aperfeiçoem o seu cultivo, buscando alcançar os máximos rendimentos, sem comprometer a qualidade das sementes quando cultivados em baixas latitudes.

É indispensável determinar o arranjo populacional que além de favorecer os tratos culturais, resulte em máximas produtividades, baixa competição entre plantas e produza material propagativo com alto padrão de qualidade e vigor, a fim de evitar falhas no estande da lavoura ou o surgimento de plantas com baixo vigor (MARCOS FILHO, 2015).

O arranjo populacional das plantas é resultado do ajuste do espaçamento entre fileiras de plantio e do espaçamento dentro da fileira, representando fator decisivo de produção e qualidade fisiológica das sementes devido maior ou menor competição

intraespecífica (competição entre plantas da mesma espécie), seja competindo por luz, nutriente e/ou água. Spehar e Rocha (2009) verificaram que dentro dos limites de 100.000 a 600.000 plantas por hectare de quinoa, esta cultura consegue equalizar os componentes de produção, como biomassa, produtividade, índice de colheita e peso de grãos. Isso mostra a plasticidade fenotípica dessa cultura diante da densidade de plantio.

Na literatura encontra-se uma infinidade de trabalhos sobre características bromatológicas (BALBI; OLIVEIRA; CHIQUITO, 2014), armazenamento de sementes (STRENSKE *et al.*, 2015; STRENSKE *et al.* 2017), estresse hídrico e salino da quinoa (HARIADI *et al.*, 2011; GARRIDO *et al.*, 2013). Porém existem poucas pesquisas que avaliam o arranjo populacional, o potencial fisiológico das sementes produzidas em função das condições ambientais e as características agrônômicas dessa espécie.

1.1 Hipóteses

O cultivo da quinoa nas condições de baixa latitude é favorecido pela variação dos arranjos espaciais das plantas.

As condições meteorológicas afetam as características vegetativas, a produção e o potencial fisiológico de sementes de quinoa BRS, Piabiru.

1.2 Obetivos

Objetivo Geral

- Avaliar o crescimento de quinoa cultivar BRS Piabiru, bem como a qualidade fisiológica das sementes e produtividade, em função do arranjo populacional.

Objetivos específicos

- Avaliar o crescimento em campo de quinoa cultivar BRS Piabiru em diferentes combinações populacionais;
- Avaliar o efeito de arranjos de plantio na produtividade e qualidade das sementes da quinoa;
- Verificar o efeito do ano agrícola nas características vegetativas, produtivas e no potencial fisiológico das sementes de quinoa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da quinoa

Chenopodium quinoa Willd., como é conhecida, é uma dicotiledônea herbácea pertencente ao gênero *Chenopodium*, família *Amaranthaceae*, subfamília *Chenopodioideae*, mesma família do espinafre, com ciclo variando de 80 a 150 dias nas condições do Brasil central. É originária dos Andes, onde tem sido cultivada há milênios, mesmo com seu cultivo negligenciado durante anos em detrimento de outras culturas (MUJICA-SANCHEZ *et al.* 2001).

Essa granífera é alotetraploide com o número somático igual a $2n=36$, tendo seus cromossomos arranjados em nove grupos de quatro homólogos e sua segregação indica herança diploide, apresentando semelhança cariotípica muito próxima a *Chenopodium berlandieri* subsp. *Nuttalliae* de origem mexicana (BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2006). A quinoa é predominantemente autógama, porém a taxa de alogamia pode ocorrer em intensidade variável, dependendo da presença ou não de indivíduos polinizadores na área, de barreira física entre campos de produção e da época de semeadura (ROCHA, 2011). No Brasil existe relatos de taxas de cruzamentos de quinoa no campo variando entre 6% e 30% a depender das condições ambientais e da distância entre áreas de produção (SPEHAR, 2007).

O gênero *Chenopodium* possui 250 espécies, dentre as quais a maioria são plantas silvestres com uma elevada diversidade genética com grande importância para a biodiversidade da agricultura mundial, podendo ser confundida muitas vezes com plantas daninhas (BHARGAVA; SRIVASTAVA, 2013). As características morfológicas e genéticas entre a *C. quinoa* e a *C. album* são suficientes para reconhecer as duas espécies: a primeira é uma planta domesticada, com sementes sem dormência e maiores, enquanto *C. album* é uma planta daninha típica, ramificada, com pequenas sementes de coloração pretas e dormentes (SPEHAR, 2007).

As plantas dessa espécie possuem folhas lanceoladas, alternadas e dentadas, sendo as inferiores maiores e as da parte superior menores e a coloração destas variam em função do genótipo por conta da presença de betacianinas, e com altura média de 1,5 m. De acordo com sua biologia floral classifica-se como anual ginomonóica (flores femininas e hermafroditas na mesma planta) (BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2006).

Com grande variabilidade genética e relativa tolerância a estresses abióticos, como déficit hídrico, salinidade e acidez (JACOBSEN *et al.*, 2003), situação comum no semiárido do Nordeste brasileiro, a espécie desponta como opção para diversificar a

agricultura dessa região. Nos últimos anos, parcerias entre a Embrapa Cerrado, Universidade de Brasília e agricultores têm estimulado a sua adaptação e cultivo no Brasil (SPEHAR, 2007). Desde o início dessas pesquisas, da década de 1980 que o consumo tem aumentado no Brasil, porém a área plantada com essa cultura ainda é muito restrita, mas pode ser aumentada e vir a atender a grande demanda, hoje suprida pelo mercado externo (ROCHA, 2008).

O cultivo em larga escala é favorecido por ser excelente alternativa de produção pelo fato de que na quinoa tudo se aproveita folhas, flores e grãos, podendo ser consumido in natura por animais e cozido para humanos (ROCHA, 2008).

Pertencente à mesma família botânica do espinafre e por se assemelhar com este, a planta de quinoa quando nova pode-se defini-la como “um espinafre que produz grãos”. No entanto, na maturação, seus cachos (panículas) assemelham-se aos do sorgo, porém com uma grande variação na coloração, de amarelo a roxo (SPEHAR, 2007).

Como mencionado anteriormente, a espécie apresenta grande resistência às variações ambientais, sendo assim de fácil adaptação as mais diversas condições de latitude e altitude, podendo ser cultivada desde o nível do mar até 4.000 m de altitude (RODRIGUEZ; ISLA, 2009). Algumas dificuldades são encontradas no cultivo da quinoa e devem ser superados à custa de pesquisas, como a presença de saponina (sabor amargo) nos grãos e o tamanho reduzido dos grãos que acaba por dificultar a semeadura e a colheita mecanizada, porém trabalhos de seleção continuam como forma de atender as exigências do produtor e do consumidor (ROCHA, 2011). A diferença morfológica entre os grãos amargos e doces é a cor, sendo que os primeiros são amarelos e os grãos doces são brancos. Essa diferença na coloração é bastante útil na seleção de quinoa com ausência de saponina.

O fotoperíodo apresenta um efeito marcante na duração das fases vegetativas, sendo o fotoperíodo de dias curtos responsável pela redução da duração da fase vegetativa da quinoa e o fotoperíodo de dias longos é responsável por atrasar a emissão do primeiro botão floral, aumentando assim a fase vegetativa. A sensibilidade da quinoa ao fotoperíodo varia significativamente entre o material genético utilizado (MENDOSA AGUIRRE, 2012).

Os maiores produtores de quinoa são a Bolívia e o Peru, que juntos correspondem a 98% da produção mundial. De 2004 a 2014, a área plantada de quinoa nos Andes aumentou em mais de 128.000 ha, com um notório incremento de produção de mais de 20.000 toneladas no Peru e uma estabilização do cultivo na Bolívia e Equador. Esse aumento é resultado das políticas nacionais para promover a produção e exportação (FAO, 2017). Estudos realizados no Brasil têm mostrado capacidade de produzir 3 t ha⁻¹ de grãos e 7 t ha⁻¹ de matéria seca. Equivale ressaltar que a quinoa é uma planta bastante produtiva, pois a produção de grãos e de

massa seca é inversamente proporcional dependendo das condições climáticas, especialmente de temperatura e umidade (ROCHA, 2008).

A maior parte da cadeia produtiva da quinoa nos andes do Peru, da Bolívia e do Equador é composta por pequenos produtores, classificados como agricultores familiares. O próprio produtor é tomador de preços e ocorre agregação de valores na quinoa diferenciada via certificação (VILCA; TORNISIELO, 2015).

A deposição de oxalato de cálcio nas folhas e hastes (característica da espécie) lhe possibilita reter umidade, característica desejável na tolerância à seca e torna as folhas com aparência brilhosa. No período de safrinha, quando escasseiam as chuvas, as variedades com maior densidade de oxalato mesmo em condições de estresses, reduzem a transpiração e conseguem produzir satisfatoriamente (SPEHAR, 2006). Além do mais, esta espécie é uma halofita facultativa, com a maioria das variedades podendo tolerar elevados níveis de sais em seus tecidos, devido uma infinidade de mecanismos presentes na planta (ADOLF; JACOBSON; SHABALA, 2013).

A alta densidade de oxalato no ápice caulinar da planta parece estimular o movimento pela luz solar (heliotropismo) da quinoa, como acontece com o girassol, na qual à medida que o sol segue seu curso, a região apical das plantas acompanha esse movimento posicionando suas folhas em direção ao sol, como pode ser visto na Figura 1. Esse fato pode estar relacionado com o máximo aproveitamento da luz em função do ajuste da arquitetura foliar.

Figura 1. Plantas de quinoa BRS Piabiru em campo direcionando seus ápices em direção à trajetória do sol às 08h00min (à esquerda) e às 16h00min (à direita), em Fortaleza, 2015.



Fonte: Próprio autor (2017).

A inflorescência da quinoa é do tipo panícula e classifica-se em glomerulada (grupos compactos e esféricos com pedicelos curtos e muito juntos) ou do tipo laxa ou amarantiforme (quando os glomérulos são alargados e o eixo central tem numerosos ramos secundários e terciários), variando de 30 a 80 cm de comprimento por 5 a 30 cm de diâmetro (MUJICA-SANCHEZ *et al.*, 2001), como visto na Figura 2. A importância do tipo de panícula estar relacionada à colheita mecanizada, uma vez que a planta seca por completo, facilitando esse tipo de colheita. A panícula compacta é a mais interessante porque reduz a perda de grãos (ROCHA 2008).

Figura 2. Panículas de quinoa BRS Piabiru do tipo glomerulada (à esquerda) e amarantiforme (à direita) cultivadas da área experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza-CE, 2016.



Fonte: Próprio autor (2017).

Seus frutos são do tipo aquênio, com formato achatado, pequenos e não possuem dormência. O amido é o principal constituinte, representando mais de 50% dos componentes das sementes (STIKIC *et al.*, 2012) e estas são altamente nutritivas devido a qualidade de suas proteínas e lipídios (BURRIEZA; LÓPEZ-FERNÁNDEZ; MALDONADO, 2014), por isso denominado de pseudocereal. A capacidade da quinoa em produzir proteínas de alta qualidade em condições ambientais extremas torna essa cultura importante não só para as comunidades andinas, mas também para a diversificação dos sistemas agrícolas futuros (BURRIEZA; LÓPEZ-FERNÁNDEZ; MALDONADO, 2014).

A presença de saponinas nos grãos é um dos entraves ao consumo in natura da quinoa, porque condiciona fatores antinutricionais, ficando os grãos com sabor amargo, tonando-se assim impróprio para o consumo. Essas substâncias são encontradas em maior concentração na camada externa dos grãos, podendo ser facilmente removidas com a lavagem á quente ou a frio (BALBI; OLIVEIRA; CHIQUITO, 2014). Alternativa usada com bastante

sucesso é a seleção de genótipos por meio do melhoramento genético (SPEHAR; SANTOS, 2002; SPEHAR; ROCHA, 2010). A coloração das sementes é fator determinante na presença ou ausência de saponina, sendo assim, genótipos com maior frequência de sementes amarelas corresponde ao maior teor de saponinhas, enquanto as sementes brancas tem menos saponinhas (SOUZA; SPEHAR; SANTOS, 2004).

O amido extraído da quinoa e mesmo a saponina indesejável para o consumo de grãos, têm amplas possibilidades de usos econômicos na indústria, quer seja na alimentícia, têxtil, farmacêutica ou química (MORAIS FILHO, 2013). As saponinas representam um amplo grupo de glicosídeos com cadeia de açúcar e uma triterpenoide anglicona em sua estrutura (VILCA; TORNISIELO, 2015) e que funciona na defesa da planta e na proteção dos grãos em relação ao ambiente externo contra insetos e nematoides.

No Brasil, o consumo de quinoa é limitado em virtude do alto custo do grão importado, em torno de R\$ 20,00 Kg no atacado, do desconhecimento da população, de hábitos e costumes tradicionais de cereais como arroz, trigo e milho e da baixa disponibilidade de cultivares adaptadas às condições locais (BORGES *et al.*, 2010).

A Quinoa é apontada pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) como um alimento com "alto valor nutritivo," com biodiversidade impressionante, desempenhando um importante papel na segurança alimentar em todo o mundo, elegendo 2013 como o ano internacional da quinoa. A Agência Espacial Americana (NASA) considera a quinoa um alimento de excelente composição nutricional, adotando assim pastas dessa granífera para alimentar a tripulação em longas missões espaciais (BOJANIC, 2011).

Esta espécie apresenta crescimento lento nos primeiros 20 dias após a semeadura, crescendo rapidamente logo após esse período, com altura de plantas variando de 0,65 até 2,0 m. As suas ramificações variam em função da densidade de plantio e de fatores ambientais (TAPIA, 1997). O período crítico de interferência de plantas daninhas para a cultura da quinoa estar dentro do intervalos dos 30 dias após a emergência podendo variar de acordo com a cultivar e a região de origem das sementes (NURSE; OBEID; PAGE, 2016).

A resistência dessa granífera a seca é atribuída as características morfológicas do sistema radicular, onde este é pivotante, profundo e ramificado, penetrando até 1,5 m de profundidade, além das folhas pequenas, com presença de oxalato de cálcio, como mencionado anteriormente (BHARGAVA; SRIVASTAVA, 2013).

Elevadas concentrações de ácidos linoléico e linolênico normalmente torna os óleos suscetíveis a rancidez oxidativa, porém o óleo da quinoa apresenta elevada concentração de antioxidantes naturais como vitamina E, proporcionando uma estabilidade oxidativa (SU-

CHUEN *et al.*, 2007). A porcentagem desse óleo nas sementes varia de 5 a 7%, sendo esse valor superior ao encontrado no milho (BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2006).

A qualidade nutricional da quinoa tem levado pesquisadores à realização de inúmeros estudos nas últimas décadas. Na safinha do cerrado brasileiro tem se popularizado o cultivo da quinoa, com a introdução de algumas variedades dos Andes. Apesar de poucas cultivares comerciais recomendadas para Brasil, foi lançada algumas cultivares que proporcionam produtividades iguais ou superiores aquelas cultivadas há anos na região dos Andes. A cultivar BRS Piabiru é um bom exemplo, sendo esta recomenda para as condições do Cerrado nos últimos anos, (SPEHAR; SANTOS, 2002).

A cultivar BRS Piabiru é resistente ao acamamento e os grãos prontos para o armazenamento, com umidade de 12%, pesam 2,42 g (peso de 1.000 grãos), com emergência no terceiro dia após a semeadura. Contém 13% de proteína, com uma produtividade de 2,8 t ha⁻¹ de grãos, sendo esta superior à obtida na maior parte da região andina (SPEHAR; SANTOS, 2002).

Os estudos a respeito da fenologia da quinoa nas regiões tropicais são escassos. Porém Spehar (2006) relata que na BRS Piabiru a diferenciação floral por volta dos 30 dias após a emergência, cultivada nas condições do cerrado e a antese se inicia aos 45 dias. O período entre a emergência e a maturação fisiológica desta cultivar fica em torno dos 145 dias. Já para a cultivar BRS Syetetuba, Spehar *et al.*, (2011), verificaram que a diferenciação floral e antese coincidiram com a BRS Piabiru, porém o ciclo foi menor, em torno de 120 dias.

A exploração agropecuária da cultura da quinoa é dificultada pela grande influência ambiental em seu rendimento, especialmente anomalias negativas de precipitação e temperatura, ocasionando preocupação contínua e crescente em relação à sua produção (ROCHA, 2008). Neste sentido, linhas de pesquisa a serem desenvolvidas devem preocupar-se em adotar um conjunto de práticas necessárias para aumentar sua produção, facilitando o cultivo em larga escala, podendo assim se igualar, quem sabe a soja ou ao milho futuramente.

A quinoa é uma planta que apresenta plasticidade no crescimento, fator esse que lhe confere a condição de ramificar na ausência de estande adequado, compensando o baixo número de plantas (SPEHAR; ROCHA, 2009).

Apesar da quinoa ser uma cultura adaptada as condições adversas de escassez de água, diversos trabalhos tem mostrado que o uso da irrigação pode resultar em consideráveis incrementos no rendimento. A redução dos teores de água no solo e o déficit hídrico grave diminui acentuadamente a produção de grãos (KAYA; YAZAR; SEZEN, 2015).

A cadeia produtiva da quinoa apresenta forte potencial na agregação de valor tanto em pequenas propriedades (agricultura familiar), como indústria de pequena e larga escala. Na propriedade familiar pode-se preparar uma infinidade de produtos com alto valor agregado (SPEHAR, 2007).

2.2 Competição de plantas e arranjo populacional

A população de plantas no campo e seu arranjo são os principais fatores que afetam a competição pelos fatores de produção, como luz, água e nutrientes. Quando o arranjo e o tamanho populacional não estão adequados às condições edafoclimáticas para determinada região ou área de cultivo determinado anteriormente por pesquisas base, pode ocorrer competição que resultará na limitação do rendimento da cultura.

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; SILVA, *et al.*, 2013).

Ocorrem dois fatores que influenciam o resultado da competição, primeiro exibição da plasticidade fenotípica que pode ser usada por uma planta em ambiente competitivo e segundo, o potencial de habilidade competitiva (inclui tamanho da semente, tamanho da muda, tempo de emergência e tamanho da planta). Todas estas características, de uma maneira ou de outra, influenciam ou refletem a habilidade de uma planta individual para captar recursos (PARK *et al.*, 2001).

Acrescidos aos fatores anteriormente citados, os fatores que determinam a espécie mais forte na competição por componentes de produção é seu porte e sua arquitetura, a velocidade de germinação e o estabelecimento das plântulas, a velocidade de crescimento e a extensão do sistema radicular, a suscetibilidade a intempéries climáticas, o índice de área foliar, e a capacidade de produção e liberação de substâncias químicas com propriedades alelopáticas (SILVA; SILVA, *et al.*, 2013).

O manejo de plantas daninhas apresenta elevado impacto no rendimento de grãos da quinoa. Cuidado maior deve ser adotado na época de plantio, por causa do lento crescimento durante as duas primeiras semanas após a emergência, durante a qual a competição com invasoras de rápido crescimento é maior (BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2006). População baixa pode afetar a uniformidade do estande de plantas, trazendo

consequências para a qualidade de grãos e produtividade devido à competição com ervas daninha e maturidade desigual (SPEHAR *et al.*, 2007).

O estudo do arranjo de plantio permite definir a melhor configuração das plantas, de maneira a reduzir a competição por recursos ambientais além de, buscar maior eficiência no controle de plantas daninhas e adequação ao maquinário disponível, podendo também afetar o potencial fisiológico das sementes (BEZERRA, 2013).

A combinação equidistante de plantas minimiza o auto-sombreamento e retarda o início da competição intraespecífica por recursos do solo, levando a uma eficiência máxima na captura e uso de recursos por uma cultura livre de plantas daninhas. Contudo, se há competição com plantas daninhas durante o crescimento inicial, ocorre uma redução da disponibilidade de recursos limitante do solo, como o nitrogênio, de maneira que a vantagem de uma plantação uniforme poderia ser perdida (ZANINE; SANTOS, 2004).

A supressão do crescimento de plantas daninhas em uma área ocupada por planta cultivada pode ser melhorada através da melhoria da competitividade dessas 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; BASTIAANS, 2016).

A distribuição espacial das plantas, bem como as suas densidades e orientações define a arquitetura do dossel. Essa distribuição espacial depende de como foram arranjadas as sementes no momento da semeadura e do estágio de desenvolvimento das plantas. Assim é evidenciado que o índice de área foliar e a orientação espacial das plantas influenciam a reflectância da luz de um dossel (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012). A eficiência de utilização da energia luminosa na cultura da quinoa para aumentar o rendimento de grãos depende de uma densidade de plantio ótima (SOBE *et al.*, 2015).

A heterogeneidade do solo afeta a habilidade competitiva das plantas. As plantas de maior estatura apresentam melhor capacidade de capturar nutrientes de manchas enriquecidas do solo que plantas menores, assim a diferença de tamanho poderia exacerbar a superioridade competitiva das plantas maiores, ocasionando dessa forma uma disparidade entre os indivíduos de uma população (ZANINE; SANTOS, 2004).

Na relação da população com o ambiente considera-se o conjunto de plantas em detrimento do indivíduo isoladamente, sendo a população fundamental nos sistemas ecológicos porque considera uma série de variáveis, como número de plantas (ou densidade),

distribuição espacial, idade da população e frequência gênica (BHARGAVA; SRIVASTAVA, 2013).

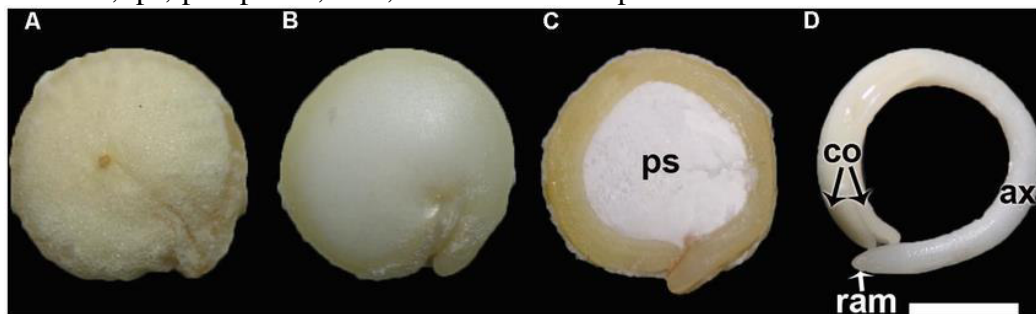
Cada variedade apresenta um comportamento diferenciado para competição de plantas quando submetidas a elevadas densidades. Geralmente cultivares tardias e vigorosas reduzem seus rendimentos quando suas populações são elevadas. As plantas competem por fatores de produção, reduzindo a altura, o tamanho da inflorescência e consequentemente o número de sementes (ROCHA 2008). Em baixas densidades, ocorre um aumento no número de ramificações, enquanto que com elevadas populações ocorre antecipação na maturação (SPEHAR; ROCHA, 2009).

Relatos da literatura sugerem que não ocorre diferença no rendimento entre populações de quinoa variando de 100 mil a 600 mil plantas ha^{-1} para as condições do Brasil central, porém para a região nordeste essa população não está definida, carecendo pesquisas (SPEHAR; ROCHA, 2009).

2.3 Potencial fisiológico de sementes de quinoa

O sucesso do cultivo da quinoa e sua adaptação dependem intrinsecamente da produção de sementes de boa qualidade morfofisiológica e um dos principais entraves para a produção em larga escala dessa cultura tem sido justamente esse fator. As sementes desse pseudocereal possuem forma de cilindros lisos, fechadas em um pericarpo seco e indescente (BURRIEZA; LÓPEZ-FERNÁNDEZ; MALDONADO, 2014), envolvidos por uma camada de células mortas (Figura 3), sendo esta altamente higróscópica, ocasionando a protrusão da raiz em um curto espaço de tempo, de 6 a 10 horas após absorver água (PARSONS, 2012). Portanto as sementes podem se deteriorar rapidamente na presença de elevadas temperaturas e elevada umidade relativa do ar (CECCATO; BERTERO; BATLLA, 2011).

Figura 3. A) quinoa grão; (B) Sementes de Quinoa (sem pericarpo); (C) longitudinal médio de uma seção de semente de quinoa; (D) Excisados de embriões. ax, eixo hipocótilo-radicular; co, cotilédones; ps, perisperma; ram, raiz meristema apical. Barra: de 1 mm.



Fonte: BURRIEZA; LÓPEZ-FERNÁNDEZ; MALDONADO (2014).

A capacidade de germinação da quinoa é tão elevada, como mencionado anteriormente em condições ambientais ótimas, vindo estas a germinarem quando estão fisiologicamente maduras ainda na panícula na pré-colheita (Figura 4), nesse caso a dormência se torna uma característica desejável e esse fator pode ser utilizado nos programas de melhoramento (CECCATO; BERTERO; BATLLA, 2011).

Figura 4. Germinação de sementes de quinoa cultivar BRS Piabiru na panícula cultivada na área experimental do Departamento de Fitotecnia da UFC, em Fortaleza-CE, 2016.



Fonte: Próprio autor (2017).

Durante o desenvolvimento da semente, condições ambientais determinam o nível de dormência embrionária e tegumentar. A germinação de sementes está condicionada à presença de giberelina (GA) e temperatura de incubação sendo que a dormência é regulada pela produção de ácido abscísico (ABA) através de variações da espessura que recobre a semente em resposta ao ambiente de crescimento (CECCATO; BERTERO; BATLLA, 2011).

A preservação da qualidade de sementes de quinoa quanto à germinação e vigor requer algumas precauções. Os campos destinados à produção de sementes devem ser diferenciados daqueles destinados a produção de grãos, com isolamento físico no tempo ou plantio intercalado com outras espécies cultivadas, a fim de evitar polinização cruzada indesejada. A semente deverá ter origem e qualidade controladas, com taxa de germinação acima de 80% (SPEHAR, 2007).

Na produção de sementes de plantas cultivadas, a antecipação da colheita pode resultar em material propagativo de melhor qualidade fisiológica e sanitária, uma vez que esse

tipo de manejo evita danos que possam ocorrer no campo por causa das condições meteorológicas adversas, como chuvas na pré-colheita, assim como ataque de pragas e doenças (VEIGA *et al.*, 2007). O uso de cultivares precoce e/ou a época de plantio contribuem para melhorar o potencial fisiológico das sementes.

O teste de germinação que avalia o potencial germinativo de um lote de sementes é a principal regra usada para a comercialização de sementes no Brasil. A maioria das espécies cultivadas possuem especificações técnicas para esse teste, já outras são necessários ajustes com as previstas para culturas similares ou parentas (BRASIL, 2009). Entretanto, esse teste não é suficiente para informar potencial fisiológico das sementes, ou seja, o comportamento da germinação das sementes sobre as condições ambientais adversas. Devido esse fato, na maioria das vezes a emergência das plântulas em campo são inferiores as verificadas na germinação em laboratório (MARCOS FILHO *et al.*, 2009).

Nos testes de laboratório a porcentagem de germinação de sementes corresponde à proporção do número de sementes que produz plântulas classificadas como normais. Plântulas normais são aquelas que mostram potencial para continuar seu desenvolvimento e dar origem a plantas normais, quando desenvolvidas sob condições favoráveis (BRASIL, 2009).

A International Seed Testing Association (ISTA) define a qualidade de sementes como um conjunto de diferentes atributos (ISTA, 2007). Estes incluem teor de água, germinação, vigor, sanidade e pureza.

O teste de envelhecimento acelerado é adotado para avaliar o potencial de armazenamento de sementes e capacidade para resistir a fatores climáticos adversos. Nesse teste, as sementes são expostas a condições adversas de alta temperatura (40 a 45°C) e umidade relativa por diferentes períodos, dependendo da espécie, antes de submetê-la ao teste padrão de germinação. Lotes de sementes com alto vigor irão resistir a essas condições e deteriorar a uma taxa mais lenta do que lotes de sementes de baixo vigor, apresentando maior germinação após o envelhecimento acelerado (TILLMANN; MELO; ROTA, 2003).

Material propagativo de alta qualidade é resultado de procedimentos fundamentais como a escolha da região produtora, o estabelecimento de um plano de sucessão de culturas e de manejo da área e o uso de sementes básicas de qualidade e com origem comprovada. Ademais, a colheita, a secagem, o beneficiamento, o armazenamento, o transporte do produto e o controle de qualidade durante todas as etapas de produção, devem ser executados com nível tecnológico correspondente a produção de materiais de propagação com desempenho diferenciado (MARCOS FILHO, 2015).

O arranjo populacional de plantas é um fator determinante na qualidade das sementes produzidas, porque interfere nas condições ambientais, como temperatura, luz e

umidade durante a fase vegetativa e reprodutiva, que juntas podem afetar a sanidade do material propagativo, favorecendo ou dificultando a presença de patógenos e insetos. Oliveira (2009) relata que a qualidade e a produtividade das sementes de nabo forrageiro são afetadas pelos arranjos espaciais das plantas no campo. Já aumento da competição intraespecífica proporcionado pela redução do espaçamento entre linhas e/ou pelo aumento da densidade de plantio afeta negativamente a qualidade fisiológica dos aquênios de girassol (BEZERRA *et al.* 2015).

Por ser uma cultura com recente implantação no Brasil, a quinoa merece especial atenção na adoção de técnicas que aperfeiçoem o seu cultivo, buscando alcançar os máximos rendimentos, sem comprometer a qualidade das sementes quando cultivados em baixas latitudes. É indispensável o uso de arranjo populacional que além de favorecer os tratamentos culturais, resulte em máximas produtividades, baixa competição entre plantas e produza material propagativo com alto padrão de qualidade e vigor, a fim de evitar falhas no estande da lavoura ou o surgimento de plantas com baixo vigor (MARCOS FILHO, 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e período de execução

A parte de campo do experimento foi conduzida na Área Experimental do Setor de Agricultura Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, no Campus do Pici (3° 44' de latitude Sul, 38° 33' a oeste de Greenwich e 19,5 m de altitude), em Fortaleza-CE (Figura 5), entre 18 de outubro de 2014 a 12 de fevereiro de 2015, primeiro ciclo, e de 17 de setembro de 2015 a 06 de janeiro de 2016, segundo ciclo, na mesma área.

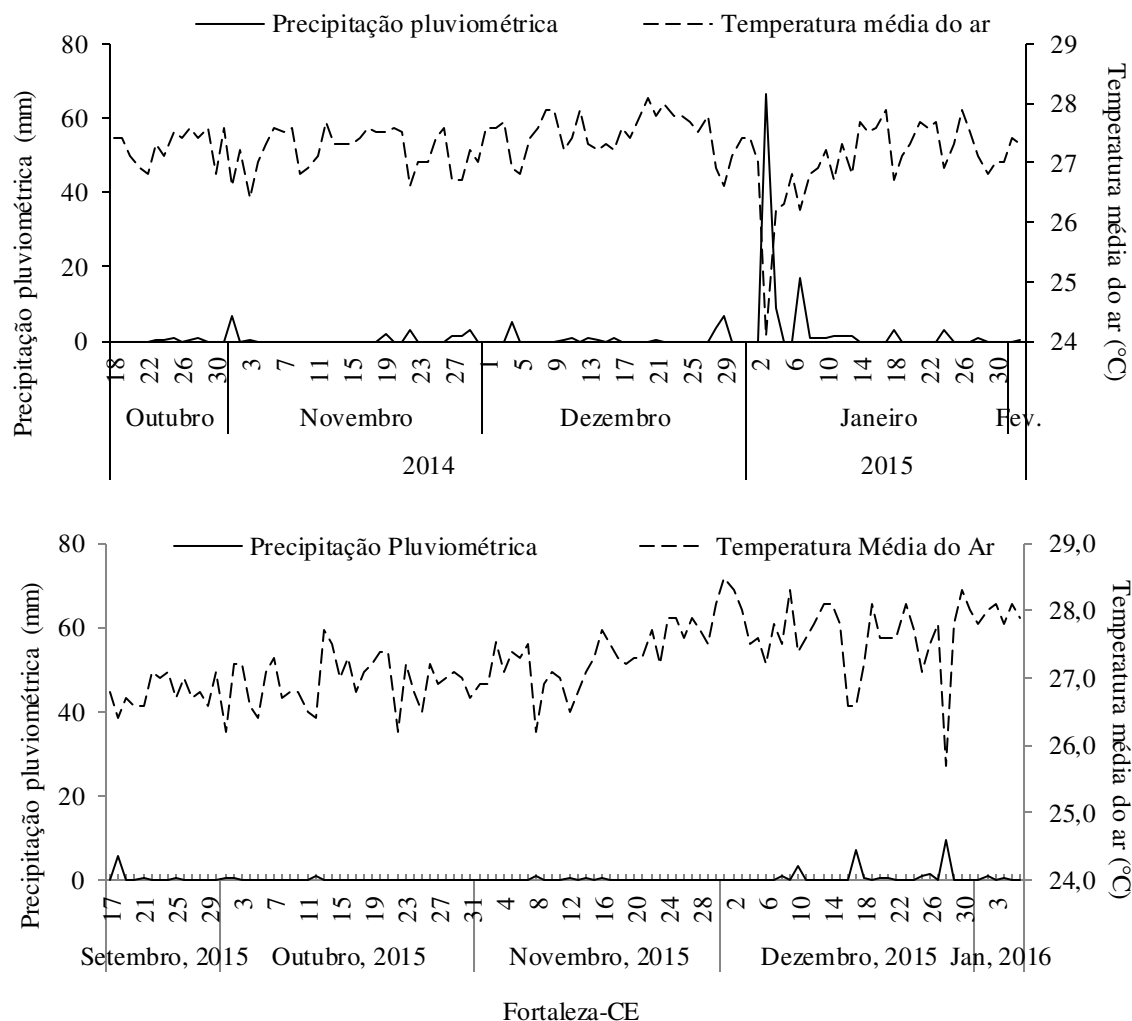
Figura 5. Imagem aérea da área experimental cultivada com quinoa, Campus do Pici, em Fortaleza-CE, 2014.



Fonte: Google Earth, 2014.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Aw', tratando-se de um clima tropical chuvoso. Os dados de precipitação pluviométrica e temperatura média do ar na área do experimento durante a condução do experimento foram obtidos da estação meteorológica pertencente à Universidade Federal do Ceará, localizada a 500 m da área experimental. Os dados meteorológicos diários da temperatura média do ar e de precipitação pluviométrica na área experimental durante a condução dos experimentos encontram-se na Figura 6. Durante o período de condução do experimento do primeiro ciclo de plantio choveu 146 mm na área, enquanto no segundo ciclo choveu 51,5 mm.

Figura 6. Precipitação pluviométrica (—) e temperatura média do ar diárias (---) 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 (EMRAPA, 2006). As análises químicas do solo da área experimental foram realizadas mediante a coleta aleatória de amostras de solo, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm um mês antes de cada plantio, sendo essas amostras analisadas no Laboratório de Química do Solo, do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, sendo os atributos químicos apresentados na Tabela 1.

Tabela 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	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	CTC	P ⁵⁺	V	M.O.
(1:2,5 H ₂ O)	cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³	%	
5,8	1,00	0,80	0,13	0,10	0,11	1,16	2,04	3,19	10	64	0,76
5,9	1,00	0,80	0,12	0,15	0,17	1,82	2,09	3,91	3	53	0,58
Atributos químicos - Segundo ciclo											
6,5	1,80	0,80	0,21	0,00	0,09	0,99	2,90	3,89	11	75	0,75
6,5	1,20	0,50	0,23	0,00	0,23	1,16	2,16	3,32	4	65	0,46

Fonte: Laboratório de Química do Solo, Departamento de Ciências do Solo/CCA/Universidade Federal do Ceará.

3.2 Implantação e condução do experimento no campo

Seguindo recomendações de Spehar (2007) para preparo e correção do solo, foi semeado quinoa da Cultivar BRS Piabiru em um esquema fatorial 3x3 (três espaçamentos entre fileiras de plantio: 20, 40 e 60 cm x três espaçamentos entre plantas dentro da fileira de plantio: 10, 15 e 20 cm). Resultou nas combinações de populações de plantas (1.000.000; 666.666; 500.000; 333.330; 250.000; 222.222 e 166.666 plantas ha⁻¹), conforme a Tabela 2. Essas combinações foram definidas baseando-se em trabalhos conduzidos por Spehar e Rocha (2009) com a cultura da quinoa no cerrado brasileiro. As sementes usadas foram adquiridas junto a Embrapa Cerrados.

Tabela 2. Arranjos de plantio e populações (plantas por hectare) de quinoa.

Tratamentos*	Espaçamento entre plantas na linha (cm)		
	10	15	20
Espaçamento entre linhas (cm)			
20	1.000.000	666.666	500.000
40	500.000	333.330	250.000
60	333.330	222.222	166.666

*Duas plantas por cova

Fonte: Próprio autor (2017).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, e os tratamentos consistiram nas combinações entre três espaçamentos entre fileiras e três espaçamentos entre plantas dentro da fileira, ou seja, nove arranjos populacionais. As parcelas foram compostas por cinco fileiras de três metros de comprimento cada e sua largura variou em função do espaçamento entre linhas de plantio, sendo as três linhas centrais a área útil da parcela excluindo-se 0,5 m das extremidades dessas linhas. As plantas da área útil foram utilizadas nas avaliações. O experimento ocupou uma área total de 273 m², sendo que cada bloco foi composto por 63 m².

O preparo do solo constou de 1 aração e 2 gradagens uma semana antes do plantio. Não foi necessária realização de calagem.

A semeadura foi realizada de forma manual, semeando-se de 4 a 5 sementes por cova a profundidade de 1 a 2 cm, com uma leve cobertura de solo, fazendo o ajuste das populações com o desbaste das plântulas aos 20 dias após a emergência, deixando-se 2 plantas por covas.

As adubações foram baseadas na recomendação de Spehar (2007a) para a cultura. 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. Potássio e o 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.

Foram realizadas adubações foliares com o adubo Greenleaf® contendo macro e micronutrientes, iniciando-se aos 20 dias após a emergência e se estendendo até os 35 dias após a emergência, com duas aplicações semanais da formulação 20 20 20 respectivamente de N: P₂O₅: K₂O, totalizando 4 aplicações. Entre os 35 e 75 dias após a emergência realizou-se duas aplicações foliares por semana com o mesmo produto com a formulação de 12 48 8, totalizando 10 aplicações. Na aplicação do adubo usou-se um pulverizador costal com capacidade para 20 litros e seguiram-se recomendações do fabricante para cereais (200 g 100 L⁻¹ de água) sendo aplicado nas horas de temperaturas mais amenas do dia (após às 16 horas). A mudança da formulação do adubo ocorreu para auxiliar no florescimento e reduzir o crescimento vegetativo, uma vez que se aumentaram os teores de P e reduziu-se o N e o K.

Para o controle das plantas daninhas foram realizadas três capinas manuais aos 15, 30 e 50 dias após a emergência, sendo que na fase inicial a quinoa mostrou-se bastante susceptível a competição com plantas daninhas, uma vez que apresentou crescimento lento nas duas primeiras semanas.

3.3 Irrigação

O sistema de irrigação foi a microaspersão, com vazão de 65 L h⁻¹. A irrigação foi aplicada durante 45 minutos a cada dia ao final da tarde. Amostras da água de irrigação foram coletadas seguindo recomendações do Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC) e enviadas ao laboratório em fevereiro de 2015, onde os resultados estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Características químicas da água de irrigação, usada na área experimental do Departamento de Fitotecnia, Campus do Pici, Fortaleza, CE, 2015.

Parâmetros	Resultados	Padrões de qualidade de água Doces - Classe 1- Destinada a Irrigação conforme resolução CONAMA (367/05)
Cloretos (mg L ⁻¹)	166,30	≤ 250,0
Salinidade (‰)	0,30	≤ 0,5
Ferro dissolvido (mg L ⁻¹)	0,93	≤ 0,3
Nitratos (mg L ⁻¹)	0,08	≤ 10,0
Nitritos (mg L ⁻¹)	1,50	≤ 1,0
pH	7,22	6,0 - 9,0
Sódio (mg L ⁻¹)	122,6	*
Materiais flutuantes	Presença	Visualmente ausente
Sulfatos (mg L ⁻¹)	39,1	≤ 250,0
Fósforo total (mg L ⁻¹)	0,5	≤ 0,025
Condutividade (dS m ⁻¹)	1,18	*
SAR (meq)	5,0123	*

Fonte: Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará - NUTEC.

De acordo a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a água de irrigação aplicada à cultura em questão é classificada como C₃S₁, sendo descrita da seguinte forma: C₃ - (de 0,75 a 2,25 dS m⁻¹); água de salinidade alta- não pode ser usada em solos de drenagem deficientes. Mesmo nos de boa drenagem pode-se necessitar de práticas especiais de controle da salinidade, devendo-se assim plantar somente os vegetais muito tolerantes aos sais. S₁ - Água com baixa quantidade de sódio - pode ser usado para irrigação da maioria dos solos com pequena probabilidade de alcançar níveis perigosos de sódio intercambiáveis, embora as plantas sensíveis, como algumas fruteiras, possam acumular quantidades prejudiciais de sódio.

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. A colheita da quinoa ocorreu aos 110 dias após a semeadura (o primeiro ciclo foi de 18/10/2014 à 12/02/2015, enquanto o segundo foi de 17/09/2015 à 06/01/2016). Diferente da quinoa cultivada no Cerrado brasileiro, que atinge a maturidade aos 145 dias. Nas condições dessa pesquisa essa fase foi antecipada e ocorreu uma redução do ciclo, devido a grande quantidade de luz na região de condução da pesquisa, que acelera o metabolismo dessa espécie.

3.4 Variáveis Analisadas

3.4.1 Crescimento

Na ocasião do desbaste foram marcadas aleatoriamente seis plantas na área útil de cada parcela com fitas de diferentes cores (azul, amarela, branca, lilás, laranja e vermelha) para acompanhar o crescimento das plantas aos 50, 60, 70 e 80 dias após a emergência, sendo verificado o diâmetro do caule a 5 cm acima do solo (DC), com paquímetro digital, altura de plantas (AP), com trena milimétrica e contabilizado o número de ramificações (NR).

3.4.2 Características vegetativas

Aos 85 dias após a emergência foi realizada a leitura para comprimento de panículas de seis plantas marcadas anteriormente na área útil de cada parcela, com auxílio de uma trena milimétrica e em seguida essas plantas foram coletadas e enviadas ao laboratório de fisiologia da produção da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, para verificação da área foliar específica. Adotou-se o método dos discos foliares, que consistiu na retirada de discos foliares de uma área conhecida ($2,41 \text{ cm}^2$) (10 discos por planta) com um vazador. Esses 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 grossas. Em seguida esse material foi colocado em sacos de papel poroso e levado para uma estufa de circulação de ar a 65°C , onde permaneceu 72 horas, para obtenção da matéria seca. Depois, foi pesado separadamente em balança analítica.

Paralelamente, todas as folhas das plantas coletadas passaram pelo mesmo procedimento para a secagem em saquinhos de papel separados, cuja massa seca resultou no somatório das folhas mais os discos foliares para os cálculos das 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 (cm^2), 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 ($2,41 \text{ cm}^2$) (SOUZA *et al.*, 2012).

O índice de área foliar (IAF) foi determinado através da relação entre a área foliar da planta pelo espaçamento.

3.4.3 Componentes de produção

A colheita das panículas foi manual e em todas as parcelas aos 110 dias após a semeadura, quando as sementes atingiram a maturidade fisiológica e teor de umidade abaixo de 20%, verificados em testes preliminares. As panículas colhidas foram levadas para o setor de sementes, acondicionadas em secador de madeira a uma temperatura de 40°C e circulação de ar por um período de 5 dias até atingir umidade em torno de 10 a 13%.

As panículas foram pesadas e submetidas à debulha manual, sendo as sementes juntamente com impurezas colocados em peneiras de malha fina para retirar os resíduos mais finos e logo em seguida essas sementes foram totalmente limpas em um processo que durou em média três minutos para cada amostra. Esse material foi colocado sob um separador de sementes por ventilação, acoplado a um motor de 1/3 CV, onde as sementes por serem mais densas ficaram na parte inferior e as impurezas mais leves (sementes chochas, perigônio e pecíolos secos) ficavam na parte superior do recipiente aprisionada as entranhas do copo do equipamento.

Após o beneficiamento das sementes de quinoa avaliou-se os componentes de produção (relação semente/panícula, relação da massa de sementes pela massa das panículas e produtividade) e determinou-se os teores de óleo nas sementes, 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 sementes maceradas.

As produtividades foram quantificadas a partir de panículas e sementes colhidas na área útil e posteriormente convertida para hectare.

3.4.4 Qualidade das sementes

Todas as análises referentes à qualidade de sementes de quinoa foram realizadas nas dependências do Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, CE.

3.4.4.1 Massa de mil sementes

A massa de mil sementes foi determinada de acordo com Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009), sendo contabilizadas e pesadas 8 repetições de 100 sementes em uma balança analítica. Como o coeficiente de variação foi inferior a 4%. O cálculo final

resultou da multiplicação da média dessas repetições por 10, sendo o resultado expresso em gramas.

3.4.4.1 Teor de água

O teor de água nas sementes foi realizada pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, durante 24 horas, em metodologias pré-estabelecidas pelas Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009), utilizando-se três repetições de cada tratamento com 2 gramas para cada parcela advinda do campo. Os resultados foram expressos em porcentagem de água nas sementes.

3.4.4.3 Teste de germinação, tempo médio de germinação e índice de velocidade de germinação

Amostras de 200 sementes de cada tratamento oriundas do campo foram divididas e semeadas em quatro repetições de 50 sementes em placa de petri, contendo papel germitest no fundo, com 2,5 vezes seu peso em água destilada. O material foi mantido em incubadora do tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand), alternando luz e escuro, a cada 12 horas e com temperaturas alternadas entre 25°C e 30°C por 8 - 16 horas, respectivamente (DIAS *et al.*, 2003). A contagem de plântulas normais foi realizada no oitavo dia de incubação, de acordo com os critérios utilizados por Strenske *et al.* (2015).

Todo material utilizado nos testes foi esterilizado em autoclave a 121°C a fim de garantir a ausência de contaminantes nas amostras.

Diariamente, a partir do segundo dia da montagem do teste avaliou-se a germinação, na qual eram consideradas sementes germinadas, somente aquelas que apresentaram protrusão radicular igual ou superior a 2 mm (BORGHETTI; FERREIRA, 2004).

O tempo médio de germinação, em dias foi calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$t = \frac{\sum ni.ti}{\sum ni} \quad \text{Labouriau (1983).}$$

Em que:

t = Tempo médio de germinação;

n_i = Número de sementes germinadas no i -ésimo dia;

t_i = Tempo de incubação (dias).

Concomitante ao teste de germinação verificou-se o Índice de Velocidade de Germinação (IVG), anotando-se diariamente, no mesmo horário, o número de plântulas germinadas, ou seja, quando apresentavam a parte aérea e raiz bem desenvolvida, empregando-se a seguinte fórmula:

$$IVG = \frac{G_1 + G_2 + \dots + G_n}{D_1 + D_2 + \dots + D_n} \quad (\text{Maguire 1962}).$$

Em que,

IVG = índice velocidade de germinação;

G_1, G_2, \dots, G_n = número de plântulas germinadas a cada dia;

D_1, D_2, \dots, D_n = número de dias decorridos da semeadura até a última contagem.

3.4.4.4 Envelhecimento acelerado

Sendo as sementes de quinoa bastante higroscópico, ou seja, absorvem água com facilidade quando armazenadas de maneira inadequada, estas durante o teste de envelhecimento acelerado foram submetidas a umidade relativa em torno de 70% ao invés de 100% como rotineiramente é usado em outras culturas, para evitar a rápida deterioração dessas sementes, o que inviabilizaria o teste.

Na condução do teste utilizou-se solução saturada de NaCl (40 g 100 mL⁻¹ de água destilada), para manter em 70% a umidade relativa no interior das caixas gerbox, a fim de evitar danos as sementes. Doze gramas de sementes foram distribuídas uniformemente sobre telas finas no interior das caixas contendo, ao fundo, 40 mL da solução salina. As caixas foram tampadas e mantidas em câmara do tipo B.O.D. a 45 °C por 48 horas. Decorrido esse período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, sendo avaliadas após oito dias. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (SOUZA *et al.*, 2016).

3.5 Análise Estatística dos Dados

Os dados obtidos foram submetidos a testes de normalidade. Em seguida, foram avaliados quanto à homogeneidade dos erros através da relação entre o maior e o menor erro entre os ciclos (BANZATO; KRONKA, 2006). Verificado a homogeneidade dos erros procedeu-se a análise conjunta dos dados dos ciclos de plantio pela análise de variância, usando o teste F ($p \leq 0,05$) para verificação da significância dos tratamentos, bem como suas interações entre safras. Na análise de crescimento (altura, diâmetro do caule e número de ramificações) utilizou-se o método da verossimilhança, sendo as avaliações consideradas como com medida repetida no tempo em cada ano agrícola (ciclo) isolado. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey admitindo-se um erro de 5% de probabilidade para os dados qualitativos e regressão polinomial para dados quantitativos, usando o software SAS[®] 9.3 (2012).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de crescimento características vegetativas

Os efeitos dos fatores avaliados sobre o crescimento das plantas podem ser observados na Tabela 4.

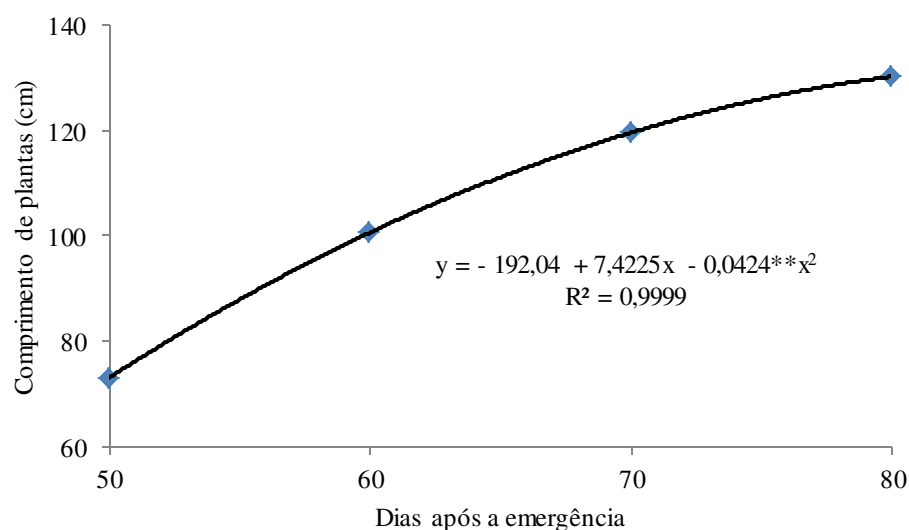
Tabela 4. Valor do teste F para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e número de ramificações (Ramos) de quinoa cultivar BRS Piabiru nas safras 2014/2015 e 2015/2016 em função do espaçamento e da idade das plantas.

Fonte de variação	Primeiro ciclo			Segundo ciclo		
	AP (Cm)	DC (mm)	Ramos	AP (Cm)	DC (mm)	Ramos
Bloco	42,72	30,33	9,46	2,07	15,93	4,04
Espaço entre linhas (E)	18,02**	33,90**	27,61**	22,46**	1,95 ^{ns}	7,00**
Espaço de plantas na linha (D)	2,95 ^{ns}	15,64**	0,05 ^{ns}	14,95**	32,03**	4,44*
E x D	2,68*	3,93**	1,29 ^{ns}	36,02**	48,94**	3,72**
Tempo de avaliação (T)	144,04**	41,66**	5,26**	1075,78**	154,35**	263,13**
E x T	1,43 ^{ns}	0,95 ^{ns}	1,09 ^{ns}	1,91 ^{ns}	0,55 ^{ns}	3,15**
D x T	0,33 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,63 ^{ns}	4,82**	3,85**	7,43**
E x D x T	0,59 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,67 ^{ns}	4,23**	1,57 ^{ns}	5,77**

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

A altura de plantas de quinoa na primeira safra em função dos dias após a emergência pode ser observado na Figura 7.

Figura 7: Crescimento em altura de plantas de quinoa BRS Piabiru na primeira safra (2014/2015) em função dos dias após a emergência, Fortaleza-CE.



A altura de plantas de quinoa primeiro ciclo obteve incrementos significativos até os 70 dias após a emergência, após esse período os incrementos foram reduzidos. Essa

redução no ganho de altura na fase final da cultura é resultado da senescência das folhas que ocorre nessa época, reduzindo a fotossíntese. Ao longo do período de avaliação as plantas de quinoa incrementaram 57 cm na sua altura, saindo de 73 cm aos 50 dias e alcançando 130 cm na última avaliação (aos 80 dias após a emergência). As plantas de quinoa cresceram a uma taxa de 1,9 cm por dia nesse período.

Os efeitos dos espaçamentos sobre o crescimento podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 5. Altura de plantas de quinoa primeira safra (2014/2015) com variação do arranjo de plantio. Fortaleza-CE

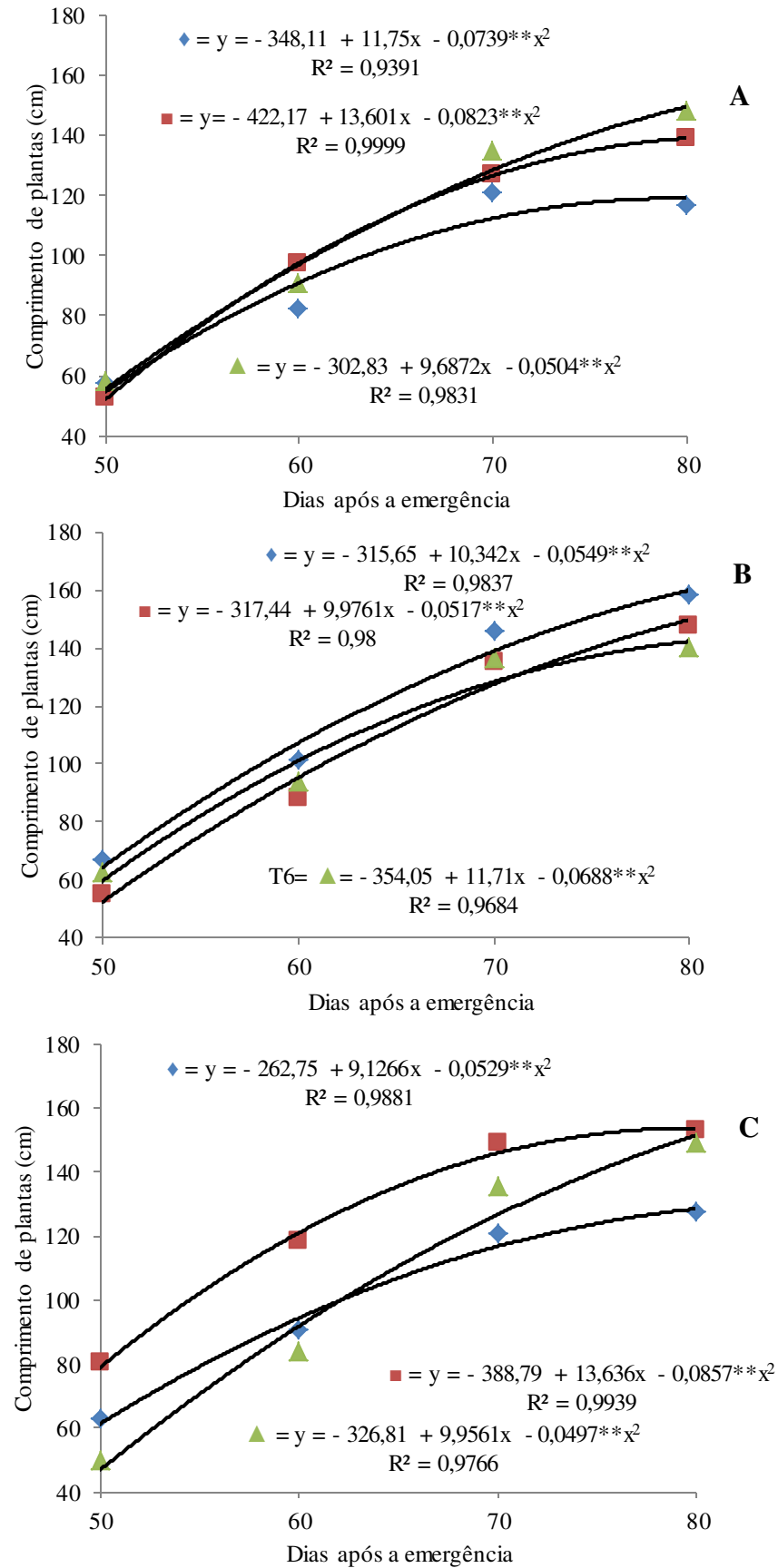
Altura de plantas (cm)	Primeiro ciclo Espaçamento de plantas na linha (cm)		
	10	15	20
20	105,04 aB	104,48 aB	102,51 aA
40	106,88 aB	105,06 aB	106,33 aA
60	117,84 abA	127,29 aA	109,54 bA

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

A altura das plantas foi afetada pelos espaçamentos reduzidos entre fileiras (20 ou 40 cm entre fileiras) combinados com o menor e médio espaçamento entre plantas dentro da fileira (10 e 15 cm entre plantas na fileira), com reduções acima 10 e 20 cm respectivamente entre essas combinações. Já quando se adotou fileiras com espaçamentos maiores (60 cm) com o aumento do espaçamento dentro da fileira de plantio (20 cm) não ocorreram diferenças entre as populações. Dessa maneira pode-se verificar que o aumento populacional da quinoa elevou a competição intraespecífica a níveis que afetam o crescimento das plantas, sendo o efeito do espaçamento entre linhas mais acentuado do que o aquele dentro da linha. Já Spehar e Rocha (2009) trabalhando com essa mesma espécie, concluíram que a altura da planta apresenta uma redução com o aumento da densidade, no espaçamento de 50 cm entre fileiras, quando a população aumenta de 100.000 para 600.000 plantas ha^{-1} , resultado esse que está de acordo com os verificados nessa pesquisa.

No segundo ciclo os três fatores estudados (espaçamento entre e dentro da linha com o tempo de avaliação) influenciaram conjuntamente o crescimento em altura (Figura 8).

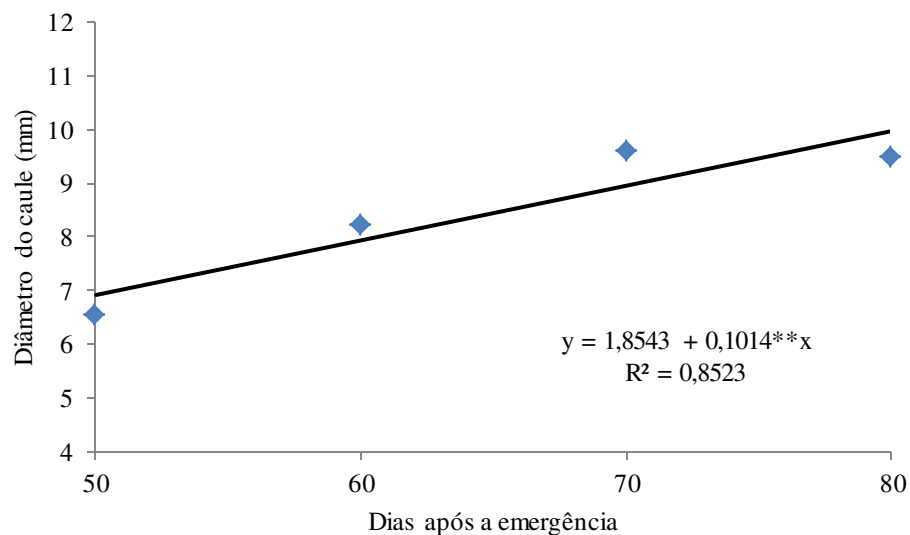
Figura 8: Crescimento de plantas de quinoa segunda safra (2015/2016) em função dos dias após a emergência sob espaçamentos dentro da linha de 10 (♦), 15 (■) e 20 (▲) cm, nos espaçamentos de 20 (A), 40 (B) e 60 (C). Fortaleza-CE.



Todas as configurações de plantio (espaçamento entre linhas e dentro da linha) obtiveram incrementos significativos ao longo do tempo. Porém ocorreram diferenças entre os arranjos de plantio, de modo que a competição se elevou com a redução do espaçamento entre as fileiras (20 cm), produzindo plantas menores, principalmente quando combinado com a menor distancia entre plantas na fileira (10 cm) nas últimas leituras, chegando a uma altura média aos 80 dias de 117 cm. A altura média dessa cultivar é de 190 cm (SPEHAR E SANTOS, 2002). A adequação do arranjo de plantio com o intuito de manipular a altura visa facilitar o manejo de implementos agrícolas nas áreas de plantio.

O crescimento em diâmetro do caule de plantas de quinoa primeiro ciclo em função dos dias após a emergência pode ser observado na Figura 9.

Figura 9: Diâmetro do caule de plantas de quinoa BRS Piabiru primeira safra (2014/2015) em função dos dias após a emergência, Fortaleza-CE.

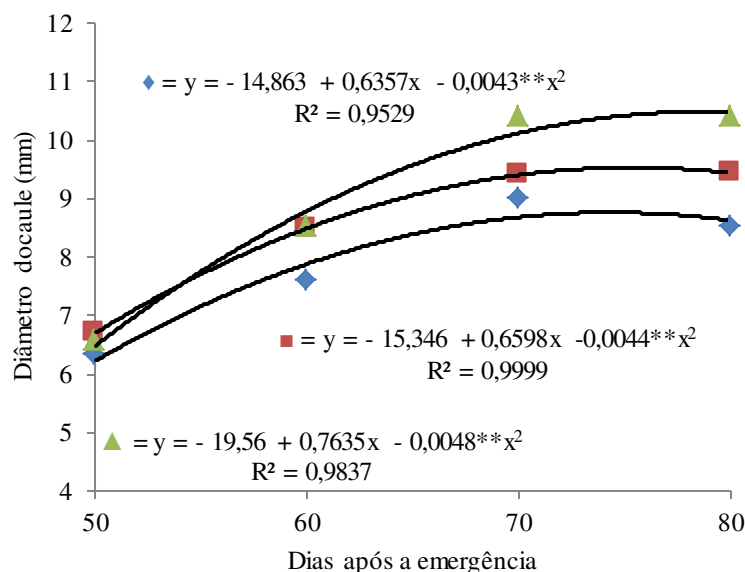


O diâmetro do caule no primeiro ano aumentou de 6,9 para 10,0 mm entre os 50 e 80 dias após a emergência, crescimento médio de 0,1 mm por dia.

O adensamento de plantas de quinoa dentro da linha de plantio no segundo ano resultou em menor crescimento em diâmetro do caule na maioria das datas avaliadas, sendo à distância de 20 cm entre plantas na linha a que apresentou o maior diâmetro, chegando a 10 mm aos 80 dias. As taxas de crescimentos diluíram com o aumento da densidade, e o crescimento parou aos 80, 75 e 74 dias após a emergência sob os espaçamentos de 20, 15 e 10, respectivamente. Comportamento esse também observado para a altura de plantas. Como a quinoa apresenta caule do tipo herbáceo, o aumento da temperatura média ao final do segundo ciclo (Figura 6) pode ter contribuído para a estagnação e/ou leve redução do diâmetro do caule dessas plantas e além do mais ocorreu elevada senescência foliar nessa

época. Assim essas equações ajustaram-se a regressão do tipo quadrática, como destacado na Figura 10.

Figura 10: Diâmetro do caule de plantas de quinoa BRS Piabiru segunda safra de plantio (2015/2016) em função dos dias após a emergência sob espaçamentos dentro da linha de 10 (♦), 15 (■) e 20 (▲) cm. Fortaleza-CE.



De acordo com Ferreira *et al.* (2014), o diâmetro do caule é importante por relacionar-se com o tombamento das plantas, sendo a densidade de plantio mais determinante do que mesmo a adubação na determinação dessa variável. Na ocasião desse ensaio ocorreram baixos tombamentos em virtude da boa adaptação da espécie as condições edafoclimáticas com variação do espaçamento entre plantas na linha.

As interações do espaçamento entre linhas e espaçamento entre plantas dentro da linha de plantio em cada ciclo isolado estão detalhadas na Tabela 6.

Tabela 6. Diâmetro do caule de plantas de quinoa durante a primeira e segunda safra de plantio isolada (2014/2015 e 2015/2016 respectivamente), com variação de espaçamento entre e dentro da linha de cultivo.

Diâmetro do caule		Primeiro ciclo		
		Espaçamento entre plantas na linha (cm)		
Espaçamento entre linhas (cm)		10	15	20
20		6,14 aB	6,49 aC	6,61 aB
40		6,43 bB	7,44 aB	7,76 aA
60		7,24 bA	8,34 aA	7,50 bA
Diâmetro do caule		Segundo ciclo		
		Espaçamento entre plantas na linha (cm)		
Espaçamento entre linhas (cm)		10	15	20
20		6,52 cC	8,89 bA	9,52 aA
40		9,49 aA	7,81 cB	8,46 bB
60		7,57 bB	8,84 aA	8,93 aB

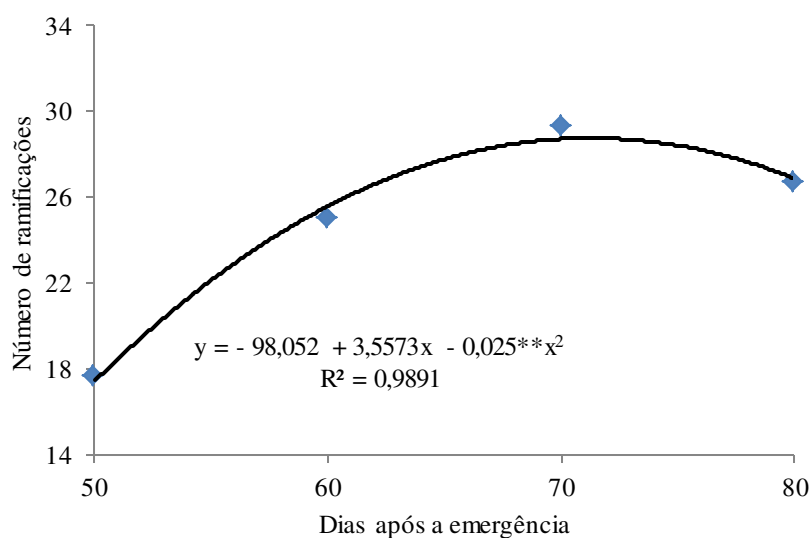
Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O maior espaçamento entre linhas no primeiro ciclo da quinoa resultaram em maiores diâmetros do caule, com média superior a 7,24 mm, que também não diferiu da combinação 40 x 20 cm. Assim verifica-se que o aumento do espaçamento entre fileiras pode contribuir pra evitar o acamamento das plantas, por proporcionar caules mais espessos. Durante esse mesmo ciclo a distância entre plantas dentro da fileira não afetou a espessura do caule quando o espaçamento entre linhas foi de 20 cm. Já quando esta distância foi superior entre plantas dentro da linha foi muito baixa (10 cm), sendo seu efeito foi prejudicial nas demais combinações.

Verificando o diâmetro do caule na segunda safra (Tabela 6), percebe-se que a população de 500.000 plantas por hectare apresenta valores mais elevados para essa variável, independente da configuração do espaçamento entre e dentro da fileira (20 x 20 cm ou 40 x 10 cm, com duas plantas cova⁻¹), com média próxima a 9,5 mm, que não diferiu quando se cultivou a quinoa com 60 cm entre fileiras e 15 cm entre plantas na fileira. Devido ter sido cultivada em uma região com elevada insolação e altas temperaturas, a quinoa apresentou comportamento semelhante para o diâmetro do caule dentro de uma mesma população de plantas, porém arranjada de maneira diferente no campo. Dessa maneira, percebe-se que essa espécie apresenta uma boa plasticidade fenotípica. A elevada competição em pequeno espaçamento entre fileiras (20 cm) combinado com pequena distância entre plantas no interior da fileira (10 cm) foi prejudicial ao crescimento lateral do caule.

O número de ramificações no primeiro ciclo da quinoa cultivada com variação de arranjo de plantio pode ser observado na Figura 11.

Figura 11: Ramificações em plantas de quinoa BRS Piabiru primeira safra de plantio (2014/2015).



Na primeira safra agrícola (2014/2015) o número de ramificações seguiu a mesma tendência da altura nessa mesma época, de modo que as plantas de quinoa aumentaram suas ramificações até 71 dias após a emergência e a partir deste período ocorreu à estagnação ou a queda do número de ramos devido à senescência foliar. Essa queda das folhas, onde ocorre à seca da planta facilita a colheita mecânica das panículas.

Havendo efeito significativo apenas para espaçamento entre linhas de plantio sobre o número de ramificações no primeiro ano, o qual pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7. Ramificações em função do espaçamento entre fileiras de plantio no primeiro ciclo de cultivo de quinoa.

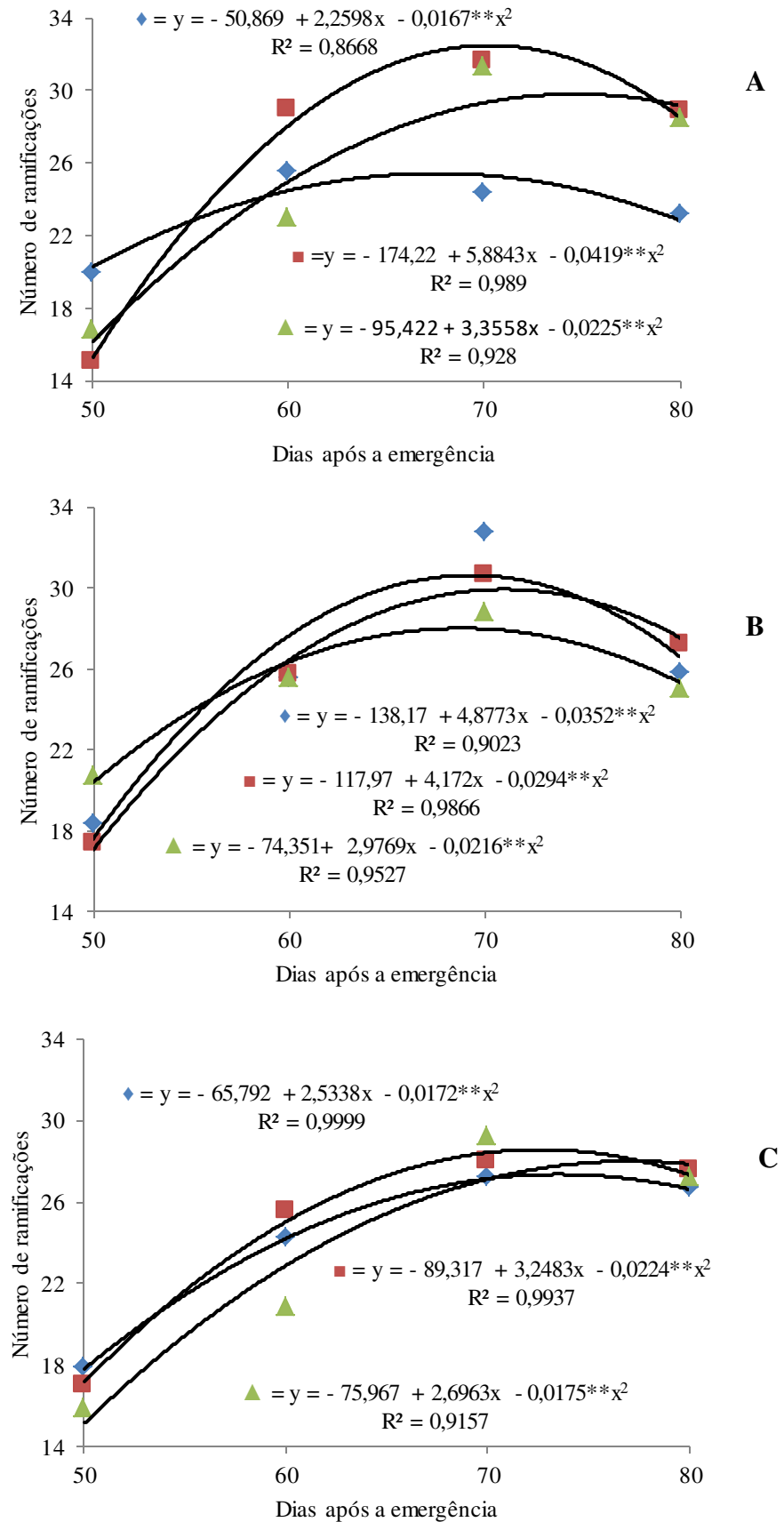
Ramificações no primeiro ciclo	
Espaçamento entre linhas (cm)	
20	22,44 B
40	23,48 B
60	26,18 A

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O maior espaçamento entre linhas de plantio (60 cm) no primeiro ciclo resultou em 26 ramificações por planta, sendo superior aos demais espaçamentos. Spehar e Rocha (2009) afirmam que plantas cultivadas em baixas densidades tendem a aumentar a ramificação para preencher as lacunas e para atrasar a maturidade. O aumento das ramificações dificulta a colheita mecanizada, porém pode incrementar o acúmulo de matéria seca por planta. Espaçamentos mais largos facilita a condução dos tratos culturais, porém pode favorecer a maior incidência de plantas daninhas, especialmente no início do crescimento.

O comportamento da interação tripla que envolve o espaçamento entre linhas e entre plantas nas linhas com o tempo de avaliação para brotações laterais (ramificações) no segundo ciclo da quinoa está detalhado na Figura 12.

Figura 12: Ramificações de plantas de quinoa segunda ciclo (2015/2016) em função dos dias após a emergência sob espaçamentos dentro da linha de 10 (♦), 15 (■) e 20 (▲) cm, nos espaçamentos de 20 (A), 40 (B) e 60 (C). Fortaleza-CE.



Na segunda safra ocorreram incrementos significativos no número de ramificações em todas as combinações de plantio até os 70 dias após a emergência, a partir daí ocorreu uma queda acentuada nas nove combinações de plantio (três espaçamentos entre fileiras com três espaçamentos entre plantas no interior da fileira), onde os valores máximos foram alcançados por volta da mesma data com uma média de 30 ramificações por planta no ponto de inflexão da curva. Esse fato explica-se devido essa fase apresentar o início da senescência foliar, na qual os fotoassimilados são drenados para o enchimento dos grãos (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Dentro da segunda safra de plantio foi confirmada a tese de Spehar e Rocha (2009), de que Plantas de quinoa cultivadas em baixas densidades tendem a aumentar a ramificação, para preencher as lacunas, e para atrasar a maturidade, uma vez que quando se aumentou a distância entre as linhas de plantio, ocorreu um aumento significativo no número de ramificações por planta.

Na Tabela 8 pode-se verificar os efeitos dos fatores (espaçamentos e safras) sobre a área foliar, índice de área foliar, massa seca da parte aérea e comprimento de panícula.

Tabela 8. Resumo da análise de variância (quadrados médios) para: área foliar (AF), índice de área foliar (IAF), massa seca da parte aérea (MSPA) e comprimento de panícula (CP) de quinoa em função do arranjo de plantio (Espaçamento entre e dentro da linha) e do ciclo de cultivo (2014/2015 e 2015/2016). Fortaleza-CE.

Fonte de variação	GL	AF	IAF	MSPA	CP
Bloco (ciclo)	6	117369,136	0,046	0,369	59,403
Ciclo (C)	1	1050350,709**	1,187**	9,402**	1132,087**
Esp. entre linhas (E)	2	1764751,674**	7,235**	63,467**	1329,224**
C x E	2	536835,511**	1,203**	9,337**	442,107**
Esp. de plantas na linha (D)	2	71295,647**	10,013**	95,548**	94,061**
C x D	2	200110,723**	0,247*	1,560 ^{ns}	23,949 ^{ns}
E x D	4	195090,835**	2,496**	6,681**	114,126**
C x E x D	4	87947,068**	0,096 ^{ns}	7,273**	28,682 ^{ns}
Resíduo	48	15300,416	0,067	0,783	17,965
Média		920,30 cm ² planta ⁻¹	1,82	6,54 t ha ⁻¹	41,58 cm
CV (%)		13,44	14,22	13,54	10,19

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

Na Tabela 9 estão detalhados os valores médios da área foliar, índice de área foliar e massa seca da parte aérea da quinoa BRS Piabiru cultivada em duas safras, variando o arranjo populacional.

Tabela 9. Área 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		
	Esp. de plantas na linha (cm)			Esp. de plantas na linha (cm)		
Espaçamento entre linhas (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		
	Esp. de plantas na linha (cm)			Esp. de plantas na linha (cm)		
Espaçamento entre linhas (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		
	Esp. de plantas na linha (cm)			Esp. de plantas na linha (cm)		
Espaçamento entre linhas (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 espaçamento dentro da linha de plantio, maiúsculas entre níveis de espaçamento entre linhas e grega entre ciclos, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A maior expansão foliar ocorreu utilizando-se o maior espaçamento entre fileiras (60 cm), com distância média entre plantas na fileira (15 cm) no primeiro ano de plantio, com média de 1.903,32 cm² por planta. O aumento da expansão foliar associado à baixa densidade de plantio 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 consequentemente na área fotossinteticamente ativa por planta (ZANINE; SANTOS, 2004). Já o efeito do ciclo de plantio pode estar relacionado aos fatores climáticos, como a temperatura do ar, sendo que essa temperatura no primeiro ano manteve-se mais constante durante grande parte do ciclo (Figura 6), 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; 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 dentro da linha de plantio (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, valores esses inferiores aos ideais.

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 significam 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 autossombreamento 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 as 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 entre linhas.

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 há⁻¹ a depender da época de cultivo). Considera-se que 6 t há⁻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; TRENCENT, 2011).

Na Tabela 10 estão os valores médios para o comprimento de panícula de quinoa BRS Piabiru cultivada em duas safras, variando o arranjo populacional. Ocorreu interação para espaçamento entre linhas com espaçamento dentro da linha de plantio e para espaçamento entre linhas com ciclo.

Tabela 10. Valores médios do comprimento de panícula (CP) de quinoa cultivada em dois ciclos de plantio com variação para o arranjo populacional.

CP (cm)	Esp. entre linhas x esp. dentro da linha			Esp. entre linhas x Ciclo		
	Espaçamento entre linhas (cm)	Esp. dentro da linha (cm)			Ciclo	
		10	15	20	I	II
20	29,66 bC	36,71 aB	34,46 abB	32,83 aB	34,39 aB	
40	41,13 bB	39,88 bB	47,29 aA	33,92 bB	51,61 aA	
60	47,13 abA	52,20 aA	45,74 bA	46,08 bA	50,63 aA	

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

O maior espaçamento entre linhas de cultivo resultou em panículas maiores, apresentando forte relação com a distância das plantas dentro da linha, de tal forma que o aumento do adensamento na linha em baixo e médio espaçamento entre linhas provocou uma competição de maneira a reduzir o tamanho das panículas, enquanto nas fileiras mais largas as plantas sob pequenas distâncias entre si dentro da linha investiram em incremento no tamanho dessas inflorescências. Todos os espaçamentos entre linhas de plantio resultaram em panículas maiores ou iguais na segunda safra, quando comparados com a primeira, como pode ser verificado na Tabela 10.

Ferreira *et al.*, (2014) apontam que o tamanho da panícula reflete o ambiente onde se desenvolve a planta: população, fertilidade do solo, estresse hídrico e época de semeadura. O resultado desse comportamento populacional entre as safras pode estar relacionado à fatores ambientais como temperaturas mais elevadas na fase final do ciclo (Figura 6).

As plantas de quinoa competem entre si (competição intraespecífica) por luz, água, nutrientes, CO₂, dentre outros fatores de produção e essa competição pode reduzir o

tamanho das panículas, quando as populações são elevadas. Entretanto, fecham rapidamente os espaços entre fileiras, resultando em menor acamamento, já que as panículas são menores (SPEHAR, *et al.*, 2007b).

4.2 Potencial fisiológico de sementes e rendimentos

A qualidade de sementes de quinoa BRS Piabiru foi influenciada pelo ciclo para todas as variáveis analisadas. Ocorreu interação entre ciclo e espaçamento entre e dentro da linha de plantio para massa de 1000 sementes e significância dos fatores isolados para o teste de envelhecimento acelerado. Já as demais variáveis apresentaram interações duplas entre os fatores estudados, como estar destacado na Tabela 11. As condições ambientais da área utilizada mostraram-se propícias para a produção de sementes de qualidade, apresentando temperaturas elevadas, baixa umidade e precipitações concentradas em poucos meses.

Tabela 11. Resumo da análise de variância (quadrados médios) para massa de 1000 sementes (M1000S), percentagem de germinação (%G) índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) e envelhecimento acelerado (EA) de quinoa em função do arranjo de plantio e do ciclo (2014/2015 e 2015/2016 respectivamente).

Fonte de variação	GL	M1000S	% G	IVG	TMG (dias)	EA
Bloco (ciclo)	6	0,054	190,037	8,353	0,086	201,759
Ciclo (C)	1	0,309**	4736,889**	1152,751**	0,331**	5724,500**
Esp. entre linhas (E)	2	0,144**	130,889 ^{ns}	6,428 ^{ns}	0,010 ^{ns}	311,722*
C x E	2	0,019 ^{ns}	88,222 ^{ns}	30,490 ^{ns}	0,033 ^{ns}	40,167 ^{ns}
Esp. dentro da linha (D)	2	0,056*	231,056*	93,838**	0,067 ^{ns}	622,056**
C x D	2	0,031 ^{ns}	227,056*	132,993**	0,191*	75,500 ^{ns}
E x D	4	0,024 ^{ns}	58,306 ^{ns}	13,761 ^{ns}	0,026 ^{ns}	76,889 ^{ns}
C x E x D	4	0,034*	81,139 ^{ns}	18,154 ^{ns}	0,018 ^{ns}	103,667 ^{ns}
Resíduo	48	0,013	53,829	13,376	0,043	64,968
Média		2,17	77,61	28,31	1,63	70,14
CV (%)		5,27	9,45	12,92	12,72	11,49

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

Na Tabela 12 estão os valores médios para massa de 1000 sementes da quinoa BRS Piabiru cultivada em duas safras, variando o arranjo populacional e conseqüentemente a população de plantas.

Tabela 12. Média da massa de 1000 sementes de quinoa cultivada em dois ciclos de plantio com variação para o arranjo populacional.

M1000S	Primeiro ciclo			Segundo ciclo		
	Esp. dentro da linha (cm)			Esp. dentro da linha (cm)		
	10	15	20	10	15	20
Esp. entre linhas (cm)	10	15	20	10	15	20
20	2,06 aBa	2,21 aAα	2,09 aBa	2,07 aBa	2,10 aAα	1,98 aAα
40	2,29 aAα	2,28 aAα	2,37 aAα	2,33 aAα	2,15 abAα	2,01 bAβ
60	2,30 aAα	2,33 aAα	2,21 aABα	2,06 aBβ	2,21 aAα	2,05 aAα

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

No primeiro ano de cultivo, o efeito da população de plantas apresentou sementes maiores ou iguais à maioria dos arranjos do ano seguinte, com ligeiro efeito da distância entre as plantas na linha de plantio e um efeito um pouco mais acentuado do espaçamento entre fileiras, sendo que o menor espaçamento entre fileiras (20 cm) reduziu o acúmulo de matéria nas sementes quando combinado com baixa e alta densidade de plantas no interior da linha (2,09 e 2,06g respectivamente). Plantas de quinoa cultivadas distanciadas entre si por 15 cm dentro da linha se sobressaíram com sementes maiores por dois anos agrícolas nos diversos espaçamentos entre fileiras, não diferindo da maioria das combinações de plantio.

Avaliando o efeito da densidade de plantio de quinoa no planalto central, Spehar e Rocha (2009) não encontraram efeitos significativos para massa de 1.000 sementes quando variaram populações de 100.000 a 600.000 plantas por hectare. Esses resultados corroboram com os encontrados nesta pesquisa. Delgado *et al.* (2009) trabalhando com 16 genótipos de quinoa doce na região de origem (Colômbia) não detectaram diferenças entre os materiais para massa de 1000 sementes. Dentre os fatores que afetam a massa de sementes, a época de semeadura é determinante, devido os fatores abióticos, como temperatura e precipitação, mesmo em culturas conduzidas em sistema irrigado.

Isobe *et al.* (2016) relatam que a massa de 1000 sementes de quinoa adaptada ao nível do mar foram mais elevadas que aqueles ecótipos dos altiplanos e vales. Isso indica o potencial dessa cultura para produção de sementes em áreas de baixa altitude e sua plasticidade fenotípica.

O teor de água nas sementes de quinoa do primeiro ciclo foi 10,3% e o percentual do segundo ciclo foi mais elevado (11,3%). A elevação dos teores de umidade nas sementes entre as épocas pode estar relacionada a diversos fatores, como precipitação pluviométrica no período que antecedeu a colheita (Figura 6), elevando a umidade relativa do ar.

Apesar das sementes de quinoa apresentarem elevada porosidade na camada externa, o que lhes permite realizar trocas gasosas com o meio, ganhando ou perdendo umidade com facilidade, podendo resultar no início do processo de germinação em fases

indesejáveis ou na perda da viabilidade dessas sementes (SPEHAR, *et al.*, 2007), as safras e os arranjos de plantio produziram sementes que possuem alto vigor, além do mais os teores de água nas sementes estão todos abaixo de 12%, fato esse que facilita o armazenamento por longo prazo em condições adequadas.

No campo após a elevação da umidade do ambiente devido ocorrência de chuvas, as panículas quando atingem a maturidade fisiológica apresentam elevada germinação de sementes no fruto ainda ligadas à planta mãe. TAIZ; ZEIGER (2013) descrevem tal fenômeno como viviparismo e sugerem que esse fenômeno tem forte relação entre os hormônios da giberelina e ácido abscísico quando estão em altas e baixas concentrações respectivamente nos tecidos das sementes.

A safra agrícola (ciclo) e a densidade de plantio na linha interagiram simultaneamente afetando o percentual de germinação, o índice de velocidade de germinação e o tempo médio de germinação de sementes de quinoa (Tabela 13).

Tabela 13. Percentagem de germinação (%G), Índice de velocidade de germinação (IVG), e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de quinoa cultivada em dois ciclos de plantio com variação para ciclo e espaçamento entre plantas na fileira.

Esp. dentro da linha (cm)	% G		TMG		IVG	
	Ciclo		Ciclo		Ciclo	
	I	II	I	II	I	II
10	81,67 aB	66,50 bA	1,63 aA	1,61 aA	29,32 aB	24,43 bA
15	84,17 aAB	73,50 bA	1,63 aA	1,74 aA	30,25 aAB	24,75 bA
20	91,33 aA	68,50 bA	1,41 bB	1,74 aA	37,23 aA	23,90 bA

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

O percentual de germinação foi bastante elevado no primeiro ano quando comparado com o segundo. Na primeira safra, o alto adensamento de plantio no interior da fileira elevou a competição ao ponto que comprometeu o percentual de germinação das sementes produzidas, que não diferiu das oriundas de plantas cultivadas em espaçamento médio no interior da linha (15 cm). Já no segundo ano a distância entre plantas no interior da fileira de plantio não afetou a qualidade das sementes produzidas. A variação na qualidade de sementes entre as safras pode estar relacionada tanto a fatores ambientais como chuvas e temperaturas na pré-colheita, como a fatores ligados ao beneficiamento de sementes, já que estas apresentam-se muito sensíveis a esses fatores, favorecendo ou não uma maturação mais eficiente e um elevado potencial fisiológico dessas sementes.

O tempo médio de germinação foi influenciado pela interação entre o ciclo e o espaçamento dentro da linha de plantio, de modo que quase todos os tratamentos usados na pesquisa, tanto no primeiro, como no segundo ciclo foram elevados, ficando a exceção para as

sementes oriundas de plantas cultivadas no primeiro ano usando 20 cm entre plantas dentro da fileira de plantio (1,41 dias). A germinação das sementes de quinoa ocorreu antes de completar dois dias a partir da implantação do teste de germinação. Parsons (2012) afirma que as sementes de quinoa absorvem água com facilidade, vindo a germinar dentro de poucas horas devido à morfologia do seu embrião e por este estar na região periférica da semente (BURRIEZA; LÓPEZ-FERNÁNDEZ; MALDONADO, 2014). O controle hormonal de dormência é exercida através do equilíbrio entre dois hormônios importantes na regulação: ácido abscísico (ABA), o que aumenta dormência e ácido giberélico (GA) que reduz (CECCATO; BERTERO; BATLLA, 2011).

A variação da qualidade de sementes de quinoa, aqui representada pelo IVG e a percentagem de germinação entre os anos agrícola pode apresentar forte relação com o teor de água nessas sementes, que se elevou no segundo ciclo e reduziu a viabilidade desse material propagativo, aumentando a sua deterioração.

Seguindo a mesma tendência da percentagem de germinação, o índice de velocidade de germinação (IVG) foi superior no primeiro ano agrícola. Esse resultado pode estar relacionado ao fato das sementes produzidas na primeira safra apresentarem menor teor de água e conseqüentemente menor dano à semente. A oscilação do teor de água na semente pode provocar gastos de energia. No primeiro ciclo o maior IVG (37,23) foi verificado quando as plantas foram cultivadas em maior distância entre si na linha (20 cm entre plantas) que não diferiu da distância de 15 cm dentro da fileira. Já no ciclo seguinte não ocorreu diferença entre os espaçamentos no interior da fileira de plantio.

Na Tabela 14 estão descritos os valores médios para o teste de envelhecimento acelerado de quinoa cultivada durante dois ciclos de plantio, de acordo com o arranjo de cultivo.

Tabela 14. Teste de envelhecimento acelerado (EA) de quinoa cultivada durante dois ciclos de plantio, de acordo com o arranjo populacional.

Ciclo	Espaçamento entre fileiras (cm)		Espaçamento entre plantas na fileira (cm)		
I	79,06 A	20	72,58 A	10	64,42 B
II	61,22 B	40	66,00 B	15	71,83 A
		60	71,83 A	20	74,17 A

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

As sementes de quinoa BRS Piabiru quando submetidas a condições ambientais desfavoráveis por meio do teste de envelhecimento acelerado responderam de maneira diferente entre os fatores testados, sendo as sementes oriundas da primeira safra vigorosas do que às da segunda, com médias de germinação mais elevadas. Sementes oriundas de

espaçamento médio entre fileiras (40 cm) apresentaram as mais baixas taxas de germinação quando submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, enquanto que os espaçamentos extremos (20 ou 60 cm) se sobressaíram. Já plantas cultivadas em média e elevada distância entre si dentro da fileira (15 ou 20 cm) tendem a produzir sementes mais vigorosas que suportam com mais facilidade as condições extremas do ambiente quando comparadas a sementes oriundas de populações muito adensadas na fileira (10 cm). Isso pode estar relacionado ao fato de que estandes de plantas muito adensados promovem um microclima, afetando a qualidade das sementes produzidas, enquanto que o aumento do espaçamento entre plantas na linha melhora as condições de aeração.

O baixo teor de água nas sementes produzidas no primeiro ano agrícola permitiu as sementes de quinoa a tolerar adversidades em ambientes com temperaturas elevadas quando comparadas às produzidas no ano seguinte.

Os resultados obtidos a partir do teste de envelhecimento acelerado atestam que o vigor das sementes e o potencial fisiológico tem forte relação com as condições ambientais de clima e solo, além da interferência da população de plantas adotadas.

A relação semente panícula foi afetada pela safra e pela distância de plantas dentro da linha de plantio isoladamente e ocorreu interação entre espaçamento entre fileiras e o espaçamento dentro da fileira. Já o teor de óleo nas sementes foi afetado apenas pelo ciclo (Tabela 15).

Tabela 15. Resumo da análise de variância (quadrados médios) para relação semente panícula (RSP) e teor de óleo nas sementes e produtividade (PR) de quinoa em função do arranjo de plantio (espaçamento entre e dentro da fileira) e do ciclo de cultivo (2014/2015 e 2015/2016). Fortaleza-CE, 2017.

Fonte de variação	GL	RSP	% ÓLEO	PR (Kg ha ⁻¹)
Bloco (ciclo)	6	41,882	3,676	24667,246
Ciclo (C)	1	796,936**	10,780**	263613,025**
Espaçamento entre linhas (E)	2	20,977 ^{ns}	2,372 ^{ns}	170557,314**
C x E	2	3,466 ^{ns}	2,550 ^{ns}	55899,990 ^{ns}
Esp. dentro da linha (D)	2	60,897*	3,379 ^{ns}	851019,550**
C x D	2	14,739 ^{ns}	0,328 ^{ns}	63489,118*
E x D	4	83,812**	1,803 ^{ns}	142681,434**
C x E x D	4	22,099 ^{ns}	3,263 ^{ns}	31145,781 ^{ns}
Resíduo	48	17,956	1,387	18571,631
Média		31,31	9,51	814,23
CV (%)		13,54	12,39	16,74

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

Na Tabela 16 estão os valores médios da interação entre espaçamento entre e dentro das linhas de plantio, além do efeito do ciclo no teor de óleo e na relação semente panícula da quinoa cultivada em duas safras.

Tabela 16. 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.

Espaçamento entre linhas (cm)	Esp. entre linhas x Esp. dentro da linha		
	Esp. dentro da linha (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	RSP	% 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 ($p \leq 0,05$).

Os menores valores para a relação semente panícula (abaixo de 30) foram verificados quando as plantas foram arranjadas em 15 ou 20 cm entre si no interior da linha no menor espaçamento entre essas linhas (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 dentro da linha de semeadura.

A época de cultivo apresentou efeito na relação semente 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; 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.

Na Tabela 17 estão descritos os valores médios para produtividade de quinoa BRS Piabiru cultivada em duas safras, variando o arranjo populacional e conseqüentemente a população de plantas por hectare.

Tabela 17. Média da produtividade de sementes (PR) de quinoa cultivada em dois ciclos de plantio com variação para o arranjo populacional.

PR (kg ha ⁻¹)	Esp. entre linhas x Esp. dentro da linha			
	Esp. entre linhas (cm)	Esp. dentro da linha (cm)		
		10	15	20
20	1.162,12 aA	751,55 bB	752,83 bA	
40	997,03 aB	952,37 aA	543,84 bB	
60	804,21 aC	818,74 aAB	545,38 bB	
Ciclo x Esp. dentro da linha				
Ciclo I	868,71 aB	801,12 aA	591,33 bA	
Ciclo II	1.106,86 aA	880,66 bA	636,70 cA	

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

A produtividade de quinoa quando cultivada usando 20 cm entre fileiras e 10 cm entre plantas dentro da fileira (altas populações: 1.000.000 plantas ha⁻¹), sendo estes rendimentos superiores a uma tonelada por hectare (1.162,12 kg ha⁻¹). Esses resultados sugerem que as plantas destinaram maior energia e assimilados para as partes reprodutivas, colimando em maior produção. A segunda safra apresentou rendimento superior a primeira quando plantas de quinoa foram cultivadas com 10 cm entre si dentro da fileira. Já nas demais combinações não ocorreram diferença entre ciclos. Com panículas menores se produziu mais devido à produção de inflorescências mais densas em alta densidade. Também é pertinente ressaltar que as populações estudadas variaram em 500% (166.666 para 1.000.000) e a produtividade alterou-se em apenas 114% (543 para 1.162 Kg há⁻¹).

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 sua arquitetura foliar consegue mesmo em altas populações interceptar grande parte dessa luz

e convetê-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.

A redução do tamanho das panículas foi compensada pelo aumento do número de panículas menores em maiores populações. As plantas de quinoa produzem apenas uma panícula na parte terminal e quando cultivadas em maiores densidades produzem panículas mais compacta, com baixa ramificação. De acordo com Ruiz e Bertero (2008), a densidade de plantas é uma chave importante na tomada de decisão na gestão do manejo para as cultivares de ciclo curto.

A cultivar BRS Piabiru adaptou-se satisfatoriamente a região de cultivo e aos tratamentos culturais aplicados, com rendimentos semelhantes aos encontrados por Vasconcelos *et al.* (2012) em diferentes épocas de semeadura em safrinha na região de Campo Mourão, Paraná. No entanto, a máxima produtividade alcançada (1.162,12 kg ha⁻¹) precisa de otimização no sistema de produção para atingir um melhor patamar uma vez que a produtividade pode chegar a 3.000 kg ha⁻¹ na região tropical (SPEHAR; SANTOS, 2002).

5 CONCLUSÕES

O melhor arranjo espacial para crescimento e produção de biomassa de quinoa é 20 x 10 cm.

O melhor espaçamento dentro da fileira para produção de sementes de boa qualidade é 15 ou 20 cm.

O menor espaçamento entre linhas combinado com aumento do adensamento de plantio na linha (20 x 10 cm) resulta em elevação do índice de área foliar (4,08) e produtividade de sementes ($1.162,12 \text{ kg ha}^{-1}$), independente do tamanho de panículas.

O aumento da densidade de plantio na cultura da quinoa proporciona redução acima de 18 cm no tamanho das panículas em algumas combinações.

É necessário planejar o cultivo da quinoa em épocas em que não ocorra chuvas ou que essa probabilidade seja baixa, a fim de produzir sementes de elevada qualidade fisiológica.

REFERÊNCIAS

- ADOLF, V. I.; JACOBSEN, S-E.; SHABALA, S. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Environmental and Experimental Botany**, v. 92, n.1, p.43-54, 2013.
- ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo em sistema de plantio direto. In: **Plantio direto: Informe agropecuário**. Belo Horizonte, v.22, n.208, p.25-36, 2001.
- BALBI, M. E.; OLIVEIRA, K.; CHIQUITO, R. F. Análise da composição química e nutricional da quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.). **Visão Acadêmica**, Cutitiba, v. 15, n. 2, p. 28-42, 2014.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal, FUNEP, 2006. 237 p.
- BERTERO H. D.; RUIZ, R. A. Determination of seed number in sea level quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. **Science Direct**. v. 28, n. 1, p. 186-194, 2008.
- BEZERRA, F. T. C. **Características produtivas e potencial fisiológico dos aquênios de girassol em função do arranjo espacial das plantas e do local de cultivo**. 2013. Dissertação Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013. 66p.
- BEZERRA, F. T. C.; DUTRA, A. S.; LIMA, L. K. S.; SANTOS, C. C. Potencial fisiológico de aquênios de girassol em função do arranjo espacial das plantas e das condições edafoclimáticas. **Magistra**. v. 27, n. 3/4, p. 394-404, 2015.
- BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. *Chenopodium quinoa* – an Indian perspective. **Industrial Crops and Products**, 23, 73-87, 2006.
- BHARGAVA, A.; SRIVASTAVA, S. **Quinoa: Botany, production and uses**. 1. ed. Pondcherry: SPI, 2013. 264 p.
- BILALIS D.; KAKABOUKI I.; KARKANIS A.; TRAVLOS I.; TRIANTAFYLLIDIS V.; HELA D. Seed and saponin production of organic quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) for different tillage and fertilization. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca** . v. 40, n.1, 42-46, 2012.
- BOJANIC, A. **Quinoa: an ancient crop to contribute to world food security**. Regional Office for Latin America and the Caribbean, 2011, 55 p.
- BORGES, J. T.; BONOMO, R. C.; PAULA, C. D.; OLIVEIRA, L. C.; CESÁRIO, M. C.; Características físico-químicas, nutricionais e formas de consumo da quinoa. **Temas agrários**. V.5,n . 1, p. 9-23, 2010.
- BORGHETTI, F.; FERREIRA, A. G. Interpretação de resultados de germinação. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, p. 209-222, 2004.

BRASIL. **Regras para análises de sementes**. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. SNDA / DNDV / CLAV. Brasília, 2009. 399 p.

BURRIEZA, H. P.; LÓPEZ-FERNÁNDEZ, M. P.; MALDONADO, S. Analogous reserve distribution and tissue characteristics in quinoa and grass seeds suggest convergent evolution. **Frontiers in Plant Science**. v. 5, n. 1, p. 1-11, 2014.

CECCATO, D.; BERTERO, D.; BATLLA, D. Fuentes de tolerância al brotado pre-cosecha en quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Efecto de las condiciones ambientales sobre el nivel de dormición. **Análisis de semillas**. v. 5, n. 17, p. 50-55, 2011.

DELGADO, A. I. P.; PALACIOS, J. H. C.; BETANCOURT, C. G.; Evaluación de 16 genotipos de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el municipio de Iles, Nariño (Colombia). **Agronomía Colombiana**. v. 27, n. 2, p.159-167, 2009.

DIAS, G.B.; UNFRIED, J.R.; GUIMARÃES, V.F.; G.FERREIRA. Avaliação da germinação de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa*) submetidos a diferentes testes de germinação. **Informativo ABRATES**, v.13, n.3. 2003.

EVERS, J. B.; BASTIAANS, L. Quantifying the effect of crop spatial arrangement on weed suppression using functional-structural plant modelling. **Journal of Plant Research**, v. 129, n. 1, p. 339-351, 2016.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Quinoa: 2013 international year**. 2013, Acesso em: 05 jul 2017. Disponível em: < <http://www.fao.org/quinoa-2013/en/>>.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017 disponível em < www.fao.org/faostat/en/#data/QC >. Acesso em: 11 jun. 2017.

FERREIRA, C. C.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; SPEHAR, C. R.; FARIAS, T. R. R. efeito da densidade de sementeira e doses de nitrogênio sobre a produtividade e biometria de amaranto, no cerrado do planalto central. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 534-546, 2014.

GARRIDO, M. SILVA, P. SILVA, H. MUÑOZ, R. BAGINSKY, C. ACEVEDO, D. Evaluación del rendimiento de nueve genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo diferentes disponibilidades hídricas en ambiente mediterráneo. **Idésia**, Chile, v. 31, n. 2, p. 69-76, 2013.

GOMES, M. P. **Avaliação do conteúdo organo-mineral de grãos de quinoa**. 59 p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1999.

HARIADI, Y.; MARANDON, K.; TIAN, Y.; JACOBSEN, S. E.; SHABALA, S. Ionic and osmotic relations in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants grown at various salinity levels. **Journal of Experimental Botany**, v.62, n.1, p.185-193, 2011.

ISOBE, K.; SUGIYAMA, H.; OKUDA, D.; MURASE, Y.; HARADA, H.; MIYAMOTO, M.; KOIDE, S.; HIGO, M.; TORIGOE, Y. Effects of Sowing Time on the Seed Yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in South Kanto, Japan. **Agricultural Sciences**. v. 7, n. 1, p. 146-153, 2016.

ISTA (2007). **International rules for seed testing**. International Seed Testing Association. Switzerland, 2007.

JACOBSEN, E. S.; MUJICA, A.; JENSEN, C. R. The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic conditions. *Food Reviews International*, London, v. 19, n. 1/2, p. 99-109, 2003.

KAYA, C. I.; YAZAR, A.; SEZEN, S. M. SALTMed Model Performance on Simulation of Soil Moisture and Crop Yield for Quinoa Irrigated Using Different Irrigation Systems, Irrigation Strategies and Water Qualities in Turkey. *ScienceDirect*. v. 4, n. 1, p.108-118, 2015.

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.

LAMOTHE, L. M.; SRICHUWONG, S.; REUHS, B. L.; HAMAKER B. R. Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) and amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) provide dietary fibres high in pectic substances and xyloglucans. *Food Chemistry*. v. 167, n. 1, p. 490-496, 2015.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, RIMA, 2006, 550p.

LÓPEZ-FERNANDÉZ, M. P.; BURRIEZA, H. P.; RIZZO, A. J.; MARTINEZ-TOSAR, L. J.; MALDONADO, S. Cellular and molecular aspects of quinoa leaf senescence. *Plant Science*. v. 238, n. 1, p. 178-187, 2015.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, v.2, n.1, p.176-177. 1962.

MALDANER, H. R.; BORGES, C. T.; SOARES, V. N.; GADOTTI, G. I.; COSTA, C. J. da; VILLELA, F. A. Produção de sementes de quinoa no sul do Brasil: variabilidade de plantas da cultivar BRS PIABIRU. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS, 24., 2015, Pelotas, *Anais...Pelotas*, 2015.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas** (2ed.). Londrina, Abrates. 2015. 659p.

MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A. D. L. C. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de hortaliças. IN. NASCIMENTO, W. M. **Tecnologia de sementes de hortaliças**. Embrapa Hortaliças, Brasília, 2009. p. 185-246.

MENDOSA AGUIRRE, M.S. **Efecto del fotoperíodo sobre la duración de la fase vegetativa en tres accesiones chilenas de quínoa (*Chenopodium quinoa* willd.)** 2012. (Trabalho de conclusão de curso em Agronomia)- Universidad de Chile-Facultad de ciencias agronómicas, Santiago, 2012. 40p.

MIRANDA, M.; VEGA-GÁLVEZ, A.; QUISPE-FUENTES, I.; RODRÍGUEZ, M. J.; MAUREIRA, H.; MARTÍNEZ, E. A. Nutritional aspects of six quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) ecotypes from three geographical areas of Chile. *Chilean journal of agricultural research*. v. 72, n.2, p. 175-181, 2012.

MORAES FILHO, L. C. de. **QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd.). UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.** Trabalho de conclusão de curso - Universidade de Brasília/ Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2013. 51p.

MUJICA-SANCHEZ, A.; JACOBSEN, S. E.; IZQUIERDO, J.; MARATHEE, J. P. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Santiago: **FAO**, 2001.

NADALETTI, W. C.; SANTOS, R. F.; BARICCATTI, R. A.; SOUZA, S. N. M. de.; BELLI FILHO, P.; CREMONEZ, P.; ANTONELLI, J. Linhaça dourada: Sistema de plantio à lanço e na linha. **Acta Iguazu**. v. 3, n.1, p. 169-174, 2014.

NASCIMENTO, A. C.; MOTA, C.; COELHO, I.; GUEIFÃO, S.; SANTOS, M.; MATOS, A. S.; GIMENEZ, A.; LOBO, M.; SAMMAN, N.; CASTANHEIRA, I. Characterisation of nutriente profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. **Food Chemistry**. v.148, n. 1, p. 420-426, (2014).

NURSE, R. E.; OBEID, K.; PAGE, E. R. Optimal planting date, row width, and critical weed-free period for grain amaranth and quinoa grown in Ontario, Canada. **Canadian Journal of Plant Science**. v. 96, n. 3, p. 360-366, 2016.

OLIVEIRA, A. S. **Características agrônômicas e qualidades de sementes de nabo forrageiro em função da densidade de semeadura e do espaçamento.** 2009. Dissertação Mestrado em Agronomia/Fitotecnia)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009. 68p.

PARSONS, R. F. Incidence and ecology of very fast germination. **Seed Science Research**, v. 22, n. 3, p. 161-167, 2012.

PARK, S.A.; BENJAMIN, R.L.; WATKINSON, A.R. The Theory and Application of Plant Competition Models: an Agronomic Perspective. **Ecology**. v. 82, n. 9, p. 2525 -2535, 2001.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação.** 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012, 160 p.

RODRIGUEZ, L. A.; ISLA, M. T. Comparative analysis of genetic and morphologic diversity among quinoa accessions (*Chenopodium quinoa* WILLD) of the South of Chile and highland accessions. **Journal of plant Breeding and Crop Science**, v. 1, n. 15, p.210-216, 2009

ROCHA, J. E. da S. **Seleção de genótipos de quinoa com características agrônômicas e estabilidade de rendimento no Planalto Central.** 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008. 115 p.

ROCHA, J. E. da S. **Controle genético de caracteres agrônômicos em quinoa (*Chenopodium quinoa* WILLD).** 144 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

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. Composição centesimal e perfil de ácidos graxos da *Chenopodium quinoa*, BRS Piabiru. In: 34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de

Química. 2011, Florianópolis. **Anais eletrônicos...**Florianópolis: UEM, 2011. Disponível em <http://sec.sbgq.org.br/cdrom/34ra/resumos/T3484-1.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2016.

RUIZ, R. A.; BERTERO H. D. Reproductive partitioning in sea level quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. **Field Crops Research**. v. 118, n. 1, p. 94-101, 2010.

RUIZ, R. A.; BERTERO H. D. Light interception and radiation use efficiency in temperate quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. **European Journal of Agronomy**, v. 29, n. 1, p. 144-152, 2008.

SAS. **Base SAS® 9.3 Procedures Guide: Statistical Procedures**. 2ª ed. Cary: SAS Institute Inc., 2012.

SILVA, A. A. da; SILVA, J. F. da. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. 1. ed. Viçosa: EDITORA UFV, 2013. 367 p.

SOUZA, L. A. C.; SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Análise de imagem para determinação do teor de saponina em quinoa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.4, p.397-401, 2004.

SOUZA, F. F. De J.; DEVILLA, I. A.; GUIMARÃES DE SOUZA, R. T.; TEIXEIRA, I. R. SPEHAR, C. R. Physiological quality of quinoa seeds submitted to different storage Conditions. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 15, p. 1299-1308, 2016.

SOUZA, M. S.; ALVES, S. S. V.; DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, J. D. B de.; AROUCHA, E. M. M. Comparação de métodos de mensuração de área foliar para a cultura da melancia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 42, n.2, p. 241-245, 2012.

SOBE, K. I.; SATO, R.; SAKAMOTO, S.; ARAI, T.; MIYAMOTO, M.; HIGO, M.; TORIGOE, Y. Studies on Optimum Planting Density of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Variety NL-6 Considering Efficiency for Light Energy Utilization, Matter Production and Yield. **Japanese Journal of Crop Science**. v. 84, n. 4, p. 369-377, 2015.

SPEHAR, C.R. Adaptação da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) para incrementar a diversidade agrícola e alimentar no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 41-62, 2006.

SPEHAR, C. R. SANTOS, R. L. de B. NOVAS CULTIVARES Quinoa BRS Piabiru: alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 889-893, 2002.

SPEHAR, C. R. *Quinoa*: alternativa para a diversificação agrícola e alimentar. Planaltina: **Embrapa** Cerrados, 2007.

SPEHAR, C. R.; ROCHA, J. E. S. Effect of sowing density on plant growth and development of quinoa, genotype 4.5, in the Brazilian savannah highlands. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 53-58, 2009.

SPEHAR, C. R.; ROCHA, J. E. S. Exploiting genotypic variability from low-altitude Brazilian Savannah-adapted *Chenopodium quinoa*. **Euphytica**, v. 175, n. 1, p. 13-21, 2010.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Desempenho agrônômico de quinoa selecionada no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 69, p. 609-612, 2005.

SPEHAR, C. R.; TRECENTI, C. Desempenho agrônômico de espécies tradicionais e inovadoras da agricultura em semeadura de sucessão e entressafra no cerrado do planalto central brasileiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 102-111, 2011.

STIKIC, R.; GLAMOCLJIA, D.; DEMIN, M.; VUCELIC-RADOVIC, B.; JOVANOVIC, Z.; MILOJKOVIC-OPSENICA, D.; JACOBSEN, S. E.; MILOVANOVIC, M. Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. **Journal of cereal Science**. v. 55, n. 2, p. 132-138, 2012.

STRENSKE, A.; VASCONCELOS, E. S. de; HERZOG, N. F. M.; MALAVASI, M. de M. Germinação de sementes de quinoa com diferentes períodos de armazenamento. **Revista Scientia Agraria Paranaensis**. v.14, n. suplemento. p. 286-290, 2015.

STRENSKE, A.; VASCONCELOS, E. S. de; EGEWARTH, V. A. HERZOG, N. F. M.; MALAVASI, M. de M. Responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds stored under different germination temperatures. **Revista Acta Scientiarum**. v.39, n. 1. p. 83-88, 2017.

SU-CHUEN, N. G.; ANDERSON, A.; COKER, J.; ONDRUS, M. Characterization of lipid oxidation products in quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Food Chemistry**. v. 101, n. 1, p. 185-192, 2007.

TAPIA, M. **Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación**. Santiago: FAO, 1997. 217 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2013. 918 p.

TILLMANN, M. A. A.; MELLO, V. D. C.; ROTA, G. R. M. Análise de Sementes. In: PESKE, S.T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G.R.M. **Sementes: fundamentos científicos e Tecnológicos**. Pelotas, p. 138-223, 2003.

VASCONCELOS, F. S. de; VASCONCELOS, E. S. de; BALAN, M. G.; SILVÉRIO, S. Desenvolvimento e produtividade de quinoa semeada em diferentes datas no período safrinha. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 3, p. 510-515, 2012.

VEIGA, A. D.; ROSA, S. D. V. F. da; SILVA, P. de A.; OLIVEIRA, J. A. de; ALVIM, P. de O.; DINIZ, K. A. Tolerância de sementes de soja à dessecação. **Ciência agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 773-780, 2007.

VILCA, F. Z.; TORNISIELO, V. L. **Quinoa: avanços científicos e tecnológicos**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 2015. 110 p.

ZABOT, L. et al. 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**, Lages, v. 3, n. 2, p. 105-115, 2004.

ZANINE, A de M; SANTOS, E. M. Competição entre espécies de plantas: uma revisão.
Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia, Uruguaiana, v.11, n.1, p.
10-30. 2004.