



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV

Curso Engenharia Agrônômica

QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd.). UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

LUIZ FELIPE CARDOSO DE MORAES FILHO

BRASÍLIA - DF

2013



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV

Curso Engenharia Agrônoma

QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd.). UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

LUIZ FELIPE CARDOSO DE MORAES FILHO

BRASÍLIA - DF

2013

LUIZ FELIPE CARDOSO DE MORAES FILHO

QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd.). UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Banca Examinadora da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária como exigência final para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Spehar

BRASÍLIA - DF

2013

Universidade de Brasília — UnB

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária — FAV

Curso de Engenharia Agrônômica — Bacharelado

TÍTULO: QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd.). UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA

GRADUANDO: Luiz Felipe Cardoso de Moraes Filho

Trabalho de conclusão de curso submetido à Banca Examinadora da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, da Universidade de Brasília, para aprovação como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Data da Aprovação: ___/___/___

Aprovado pela Banca Examinadora composta por:

CARLOS ROBERTO SPEHAR, Ph.D.. Universidade de Brasília

Prof. da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UnB

(ORIENTADOR) e-mail: spehar@unb.br

NARA OLIVEIRA SILVA SOUZA, Dra. Universidade de Brasília

Prof.^a da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UnB

(EXAMINADOR) email: narasouza@unb.br

JEAN KLEBER DE ABREU MATTOS, Dr.. Universidade de Brasília

Prof. da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UnB

(EXAMINADOR) e-mail: jkamattos@gmail.com

Brasília, 17 de julho de 2013.

Universidade de Brasília — UnB

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária — FAV
Curso de Engenharia Agrônômica — Bacharelado

Coordenadora: Prof. Dr. Ana Maria Resende Junqueira

Banca examinadora composta por:

Prof. Ph.D. Carlos Roberto Spehar (Orientador) — FAV/UnB

Prof. Dra. Nara Oliveira Silva Souza — FAV/UnB

Prof. Dr. Jean Kleber de Abreu Mattos — FAV/UnB

CIP — Catalogação Internacional na Publicação

MORAES FILHO, Luiz Felipe Cardoso de.

QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd.). UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA. Luiz Felipe Cardoso de Moraes Filho. Brasília.
UnB.

V, 51p.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Universidade de
Brasília/ Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2013.

Orientador: Prof. Ph.D. Carlos Roberto Spehar.

1.Quinoa. 2. Revisão Bibliográfica. 3. Cultivo 4. Utilização.

Referência Bibliográfica

MORAES FILHO, Luiz Felipe Cardoso de. QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd.). UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília.

Cessão e Direitos

É cedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos.

Luiz Felipe Cardoso de Moraes Filho

Endereço: Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro — Asa Norte
CEP 70910-900
Brasília-DF — Brasil

Sumário

Lista de tabelas	vii
I - INTRODUÇÃO.....	8
Objetivos	9
II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
1. História e Distribuição	10
2. Citotaxonomia e descrição botânica.....	11
3. Fotoperíodo, temperatura, e produção e manejo da cultura	15
4. Doenças e pragas.....	22
5. Usos econômicos e aspectos químicos da planta	25
6. Melhoramento genético.....	32
7. Tolerância e adaptação da quinoa	36
8. Quinoa no mundo	39
9. Quinoa no Brasil.....	42
III - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
IV - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

Lista de tabelas

Tabela 1: Composição mineral de quinoa, cultivar BRS Piabiru.....	18
Tabela 2: Doenças comuns da quinoa e seus respectivos patógenos.....	23
Tabela 3: Insetos e pragas da quinoa.....	24
Tabela 4: Composição de aminoácidos essenciais em quinoa, nos cereais, leguminosas, carne e leite, em relação ao padrão da FAO.....	29
Tabela 5: Principais países produtores de quinoa.....	41

I - INTRODUÇÃO

Chenopodium quinoa Willd. é uma planta originária dos Andes, cultivada há anos pela população local e que foi recentemente redescoberta pela comunidade científica, em razão do seu alto valor biológico como alimento. É uma ótima opção granífera para cultivo em todo o mundo, por apresentar uma grande diversidade de genótipos e por permitir o seu cultivo em diferentes regiões do mundo, sendo, ainda, tolerante a diversas condições adversas, como a seca e o solo salino-sódico.

Com a redescoberta de seu valor biológico, cresceu a demanda internacional do produto, já não havendo produção em quantidade necessária para atender o mercado mundial, o que fez o seu preço aumentar consideravelmente nos últimos anos. A Bolívia, maior produtor mundial de grãos de quinoa, está sendo afetada por essas mudanças.

Objetivos

O presente trabalho objetivou realizar uma revisão bibliográfica sobre a quinoa, apresentando características da planta e do seu cultivo no Brasil e no mundo, bem como as possibilidades de uso econômico, levantando-se o estado da arte atual da cultura em todo o mundo, destacando-se, ao final, aspectos que ainda carecem de investigação científica.

II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. História e Distribuição

A quinoa tem importância como fonte de grãos para a alimentação humana nos Andes desde 3000 a.C (TAPIA, 1982), tendo perdido espaço e sido relegada a segundo plano após a conquista hispânica, porém, com os insucessos esporádicos da revolução verde na região, principalmente a destruição de lavouras pela seca, a quinoa e outros cultivos endêmicos voltaram por conta da sua rusticidade e adaptabilidade a condições restritiva de clima e solo (CUSACK, 1984).

A quinoa é cultivada em vários e diversos ambientes na América do Sul, especialmente nos Andes ou próximo à cordilheira, em latitudes que variam de 20°N na Colômbia a 40°S no Chile, e também do nível do mar a altitudes de 3800m (RISI ; GALWEY, 1989; WILSON, 1990). Recentemente foi introduzida em outros continentes, tendo, americanos e europeus, realizado testes que demonstraram o potencial da quinoa como granífera para alimentação humana (MUJICA et al., 2001; JACOBSEN, 2003).

2. Citotaxonomia e descrição botânica

O gênero *Chenopodium*, da família Chenopodiaceae, compreende aproximadamente 250 espécies (GIUSTI, 1970), a maioria herbáceas anuais (WILSON, 1990). Esse gênero é cultivado há séculos como verdura (*Chenopodium album*) e como fornecedora subsidiária de grãos (*C. quinoa* e *C. album*) para o consumo humano e animal, em razão da sua quantidade elevada de proteína e por fornecer aminoácidos essenciais de forma equilibrada, destacando-se a abundância de lisina e metionina. *Chenopodium quinoa* Willd. pertence à subseção Cellulata da seção *Chenopodium* do gênero *Chenopodium*, sendo denominada pseudocereal (KOZIOL, 1993), como o amaranto.

Em citotaxonomia, as espécies de *Chenopodium* são divididas em duas subseções, baseadas nas diferenças morfológicas do perianto e do pericarpo, bem como na fecundação cruzada (WILSON, 1990). A subseção Cellulata, a qual pertence a quinoa, é composta por plantas alotetraploides, que segregam como diplóides ($2n=4x=36$). Estudos detalhados do cariótipo no gênero revelaram uma taxa de simetria na quinoa que varia de 43,9% a 47,4%, com um único par de satélites observado. A quinoa apresenta semelhança cariotípica muito próxima a *Chenopodium berlandieri* subsp. *Nuttalliae* de origem mexicana (BHARGAVA et al., 2006).

Em razão da ploidia e do número de cromossomos em quinoa há impedimento natural de cruzamentos interespecíficos, logo sendo impossível de surgir híbridos naturais que poderiam ser uma ameaça aos cultivos de espécies agrícolas, caso se tornem, por exemplo, novas plantas invasoras (ROCHA, 2008).

A quinoa é uma planta anual ginomonóica (flores femininas e hermafroditas na mesma planta), pertencente à família Chenopodiaceae, como o mastruz, a beterraba e o espinafre verdadeiro (incomum no Brasil), com uma haste ereta e folhas alternas, pecioladas e coloridas devido à presença de betacianinas. Possui sistema radicular pivotante, bem desenvolvido, profundo e ramificado, que penetra a até 1,5 m abaixo da superfície, protegendo a planta contra estiagens. As folhas apresentam polimorfismo, as folhas superiores são lanceoladas enquanto que as inferiores são romboidais (HUNZIKER, 1943, citado por BHARGAVA, 2006).

A quinoa foi classificada pela primeira vez pelo botânico alemão Carl Ludwig Willdenow, que trabalhou com plantas trazidas da América do Sul por Alexandre Von Humboldt em 1811 (fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Carl_Ludwig_Willdenow).

A planta apresenta uma estatura média de 190 cm, sendo a inflorescência uma panícula, de 15 a 70 cm de comprimento, que se origina no topo da planta e nas axilas das folhas inferiores. Tem um eixo principal de onde se originam eixos secundários que podem ser de dois tipos: amarantiforme e glomerular. Uma característica importante da quinoa é a presença de flores hermafroditas e femininas unissexuais. As hermafroditas estão localizadas na parte distal e correspondem a cinco lóbulos periantais, cinco anteras e um ovário superior com dois ou três estigmas. Alguns cultivares apresentam macho esterilidade em algumas ou todas as flores femininas (HUNZIKER, 1943, citado por BHARGAVA, 2006).

Delgado et al., 2009, dentro dos genótipos avaliados na sua pesquisa, encontrou altura de plantas variando de 111 a 176 cm; longitude de panícula de 23,4 a 37,25 cm; peso de grãos por panícula de 15 a 21g; e peso de 1000 sementes de 2,52 a

3,45 g. Spehar et al., 2011, em relação à cultivar BRS Syetetuba, encontrou altura média de plantas de 1,8m; com panícula de 0,6 a 0,7m; e peso médio de 2,5 a 3,3 g por mil grãos.

O fruto é um aquênio, compreendendo diversas camadas, como perigônio, pericarpo e tegumento (RISI; GALWEY, 1984), de fora para dentro, e pode ser cônico, cilíndrico, elipsoidal, com saponina concentrada no pericarpo. O tamanho e cor das sementes é variável (MUJICA, 1994), sendo a preta dominante sobre a vermelha e a amarela, e estas dominantes em relação à branca (RISI ; GALWEY, 1984).

Em estudo buscando avaliar a estrutura e ultraestrutura da semente de quinoa, bem como a localização espacial das reservas nutricionais, Prego et al, 1998, classificou a semente de quinoa como sendo do tipo *campylotropous*, ou seja, quando o embrião é periférico e o corpo basal funciona como um tecido de reserva ou perisperma. O trabalho verificou que as reservas armazenadas na semente de quinoa apresentam um compartimento similar ao visto em amaranto, e que as reservas de carboidrato são encontradas principalmente no perisperma, enquanto as proteínas, minerais e lipídios estão localizados na maior parte no endosperma e no embrião. O estudo também verificou que as duas camadas do endosperma da quinoa consistem em células vivas com grossas paredes, ricas em proteínas e lipídios, mas sem amido. Quanto ao perisperma, o estudo encontrou células com paredes finas e cheias de grãos de formato angular de amido.

Não há trabalho conhecido específico relativo aos estágios fenológicos da quinoa, porém, Spehar (2006), em relação à BRS Piabiru, observou que a diferenciação floral ocorre aproximadamente aos 30 dias após a emergência, e a antese se inicia aos 45 dias. O período entre a emergência e a maturação fisiológica é de 145 dias. Já quanto

à cultivar BRS Syetetuba, Spehar et al., 2011, verificou que a diferenciação floral e antese coincidiram com a BRS Piabiru, porém o ciclo foi de cerca de 120 dias.

Segundo Wahli (1990), a quinoa pode ser classificada de acordo com a maturidade fisiológica em tardia, se mais de 180 dias, semitardios, de 150 a 180, semiprecoces, de 130 a 150, e precoces, menos de 130 dias. Delgado et al., 2009, na análise dos genótipos estudados, encontrou ciclos variando de 128 a 187 dias.

3. Fotoperíodo, temperatura, e produção e manejo da cultura

A quinoa é classificada como uma planta de dias curtos, ainda que seja originária de regiões de baixa latitude e elevada altitude. Também responde por mudanças na temperatura, sendo que o ciclo da cultura resulta da conjugação do binômio temperatura/fotoperíodo.

Bertero et al. (1999) demonstrou que a sensibilidade ao fotoperíodo estava negativamente associada à latitude de origem em quatro linhagem de quinoa e positivamente associada com a precocidade da emergência ao início da florescência, quando a resposta à temperatura e ao fotoperíodo foram tomados independentemente (sem interação). Entretanto, quando os parâmetros de fotoperíodo e temperatura foram tomados de forma interativa, não houve relação significativa com a latitude de origem. Além disso, tratamentos de dias curtos apresentaram uma resposta quantitativamente positiva para o tempo de antese e para o número total de folhas, enquanto o máximo de germinação de sementes foi obtida sob tratamentos de dias curtos e baixa temperatura. Outro estudo do mesmo autor, (BERTERO et al., 2000) indicou que a sensibilidade ao fotoperíodo dos fitocromos diminui com o aumento da latitude de origem da cultivar. A sensibilidade à temperatura foi maior em cultivares de clima frio e seco do que em cultivares de clima quente e úmido. Esses estudos indicaram que a radiação incidente afeta o fitocromo da quinoa. Experimentos conduzidos em ambiente controlado (BERTERO, 2003) demonstraram que as cultivares estudadas possuíam uma facultativa resposta aos dias curtos para a duração do ciclo vegetativo, e que a duração de todas as fases do desenvolvimento é sensível ao fotoperíodo.

Vasconcelos et al. (2012), em experimento avaliando a melhor data para semeadura da cultivar BRS Piabiru no período safrinha em Campo Mourão - PR, observou que houve diferenças significativas no número de dias para floração, maturação, altura das plantas e produtividade, de acordo com a data semeada, o que considerou como efeito do fotoperíodo e da temperatura. Verificou que a maior altura de plantas foi obtida no período em que o ciclo vegetativo ocorre na época de maiores temperaturas. O menor ciclo observado na semeadura realizada nessa época foi considerado uma contradição, já que em relação à maioria das culturas, quanto maior o tempo de enchimento de grãos, maior a produtividade. Entretanto, esse trabalho não é conclusivo, pois a irrigação não foi controlada, tendo obtido melhores índices na semeadura de 18 de março do que em relação aos plantios posteriores (abril, maio e junho), ou seja, durante o inverno em que há diminuição da precipitação pluvial média, sendo que o rendimento de grãos da quinoa é sensível a esse fator.

Spehar et al. (2005), avaliando genótipos andinos de quinoa, verificou que o ciclo vegetativo de todos os acessos foi mais curto que na região de origem e com valores muito próximos, atribuindo tal fato à maior temperatura média encontrada na região do cerrado em relação aos Andes. Verificou, ainda, que a variação dos dias até a maturação teve pouca diferença, independentemente da data de semeadura. Outro fator verificado foi o tamanho maior das plantas, considerando a região de origem, possivelmente em razão da temperatura, o que tem associação positiva com maiores produtividades.

A quinoa cultivada sob temperaturas mais elevadas apresenta teores mais elevados de gordura e proteína no grão do que a cultivada no Planalto Andino (GOMES, 1999, citado por SPEHAR, 2006).

Com relação à produção e manejo do cultivo de quinoa, ela pode crescer em diversos tipos de solo, incluindo solos marginais com amplo leque de pH (JACOBSEN ; STOLEN, 1993; TAPIA, 1979). Ademais, a semeadura pode ser realizada diretamente ou por transplante, com espaçamento preferencialmente de 20 a 50 cm, para facilitar a capina. Terreno nivelado e bem drenado é mais adequado para o cultivo, sendo que as sementes devem ser plantadas de 1 a 2 cm de profundidade, com leve substrato por cima, em sementeiras com solo úmido e argiloso (JACOBSEN, 2003).

A quinoa responde bem a fertilizantes nitrogenados, porém níveis elevados de nitrogênio foram indicados por Oelke et al. (1992), como responsáveis pela diminuição da produtividade, em razão do retardamento da maturação e intensa assimilação desse nutriente. Entretanto, estudos mais recentes (BERTI et al., 2000; SCHULTE-AUF'M-ERLEY et al., 2005) sugeriram que a quinoa responde fortemente à fertilização nitrogenada, e o rendimento de grãos não foi afetado pelo aumento da taxa de nitrogênio. A aplicação de nitrogênio, de forma geral para a maioria das culturas, é utilizada para aumentar o rendimento de grãos e o percentual de proteína na semente. Altas doses de fósforo e de potássio proporcionaram aumento da fase vegetativa e não aumentaram o rendimento de grãos, mas tal fato pode ter ocorrido em razão do excesso de potássio nos solos tropicais dos Andes, onde foi conduzida a pesquisa de Etchevers ; Avila, 1979. Entretanto, Gandarillas (1982), também afirma que a quinoa não apresenta reposta ao potássio e ao fósforo, possivelmente por cultivá-la em solos ricos nesses nutrientes.

Spehar (2006), corroborando trabalhos anteriores, analisou o teor de macro e micronutrientes na planta de quinoa, apresentando a tabela abaixo reproduzida:

Tabela 1. Composição mineral de quinoa, cultivar BRS Piabiru.

Parte da planta	Elemento g/kg							
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
Folha								
Caule	19,5	4,0	30,0	44,6	17,1	702	286	76
Panículas	4,6	1,3	31,3	13,8	7,6	62	31	16
grãos	20,5	3,1	32,7	13,5	8,5	242	97	33

Resultados do Laboratório de Química Analítica da Embrapa, 2002.

Dessa forma, Spehar (2006) recomenda uma adubação de manutenção, baseada na exportação de nutrientes e em um rendimento esperado de 2,5t/ha, na seguinte proporção: 50 kg de N, 6kg de P, 80 kg de K, 33 Kg de Ca, 20 Kg de Mg, 0,6 de Fe, 0,2 de Mn e 0,07 de Zn. É conveniente que o nitrogênio seja parcelado, com uma adubação de cobertura após trinta dias da emergência, quando o desenvolvimento da planta é acelerado.

Delgado et al., 2009, avaliando genótipos de quinoa na Colômbia e obtendo rendimento médio de 2,5 t/ha, utilizou 100kg/ha da fórmula 13-26-6 NPK, com espaçamento de 0,4 x 0,3 m e semeando na razão de 8kg/ha de sementes. Tal rendimento indica uma possível fertilidade ou disponibilidade dos elementos no solo.

Com relação à cultivar BRS Syetutuba, Spehar et al. (2011) indica para o rendimento esperado de 2 t/ha a adubação de manutenção de 80 a 100kg/ha de P₂O₅ e de K₂O e de N parcelado de 20 a 30kg/ha na semeadura e de 40 a 50kg/ha em cobertura, após 30 a 50 dias da emergência.

A quinoa é um cultivo tolerante à seca, possuindo baixa necessidade hídrica, apesar que o rendimento é significativamente afetado pela irrigação (OELTKE et al., 1992). Excessiva irrigação na plântula causa doenças como acamamento e

tombamento, enquanto que após a cultura estabelecida produz plantas altas sem melhora de rendimento de grãos (OELTKE et al., 1992). Máximo rendimento de grãos de 1,4 ton/ha foi obtido em solos arenoargilosos com 208 mm de água (chuva e irrigação), mas não pode ser considerado um estudo conclusivo devido à limitação de parâmetros, condições específicas de solo e localização. Estudos comparativos de genótipos verificaram que o rendimento de grãos durante o período seco foi maior que no período úmido (SPEHAR; SANTOS, 2005).

O controle de plantas invasoras tem grande impacto no rendimento de grãos. Cuidado maior deve ser dispensado 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 et al., 2006). Uma semeadura antecipada pode permitir à quinoa ter uma vantagem inicial sobre as plantas espontâneas. Isso é ainda mais importante pelo fato de inexistir recomendações para o uso de herbicidas no controle de plantas espontâneas na população de quinoa, sendo usada quase que exclusivamente a capina (BHARGAVA et al., 2006).

Por ser um cultivo incipiente no Brasil, não há, ainda, herbicidas recomendados para o cultivo de quinoa, apesar da importância do manejo adequado de plantas espontâneas. Santos et al. (2003) demonstraram que alguns herbicidas, como o Clomazone e o Imazaquim, causam danos à cultura mesmo algum tempo após a aplicação, verificando, por outro lado, que alguns graminicidas, como o Trifluralin, Setoxydin, Fluazifop-butil e Alachor, bem como o Tribunil, para folhas largas, podem ser usados no cultivo da quinoa. Foi relatado, ainda (SPEHAR; SANTOS, 2002) o cultivo bem sucedido com o uso prévio de glifosato para a dessecação de braquiária.

Spehar et al. (2011) relaciona também o herbicida metamitrona para o controle de plantas espontâneas.

A dessecação e a queda de folhas representam a maturidade da planta. As sementes podem ser debulhadas por métodos tradicionais ou por trilhadeiras (RISI ; GALWEY, 1989). Aspiração e mesa de gravidade são necessárias para remover resíduos dos grãos e a secagem é primordial para o armazenamento (OELTKE et al., 1992). Como o grão da quinoa amadurece quando a planta entra em processo de senescência e seca, a colheita mecanizada é favorecida.

É importante, portanto, acompanhar o nível de umidade das sementes no campo, tendo Spehar (2006) sugerido dois meios para o controle: retirada de amostra de semente por debulha manual e análise do seu teor de umidade; fricção manual das panículas, se se desprenderem facilmente a colheita pode ser realizada, porém, se ao se desprenderem se agregarem ao aperto da mão, deve-se proceder a uma secagem adicional. O ponto de colheita ideal se dá com teor de umidade abaixo de 20%, sendo que à umidade de 12% as sementes podem ser armazenadas por longo prazo.

O tempo de exposição das sementes à umidade, após o ponto de colheita ideal em grãos que alcançaram a maturidade plena fisiológica, causa a perda de vigor germinativo nas sementes, ou mesmo perde-se a sua viabilidade (SPEHAR, 2006). As sementes da quinoa se deterioram rapidamente na presença de umidade, sendo que em material proveniente de regiões mais secas essa perda é ainda mais acentuada, de modo que é interessante que o período anterior ao ponto de colheita coincida com períodos de escassez de chuva (SPEHAR, 2006).

Alerta Spehar (2006) que a produção de sementes de quinoa deve levar em consideração a taxa de polinização natural ou alogamia, mesmo sendo uma planta

preferencialmente autógama, devendo-se evitar cultivos próximos com linhagens diferentes para esse propósito, que podem afetar a pureza varietal.

A alta densidade populacional é desejada no início do cultivo, pois permite uma ampla ocupação do solo e atenua a competição com plantas espontâneas, entretanto, algumas cultivares mais tardias e vigorosas apresentam queda no rendimento em populações muito elevadas. Spehar (2006) relata que populações de 400mil e de 800mil plantas não mostraram diferença no rendimento, o que se explica pela ramificação das plantas em menores populações. Maiores populações, pela proximidade, não ramificam, não acamam e fecham mais rapidamente as entrelinhas, apesar de apresentarem uma produção individual menor. Afirma, ainda, que a melhor distribuição espacial, com menor distância entre linhas e maior entre plantas, proporcionou maior rendimento e melhor ocupação da área.

Em trabalho mais recente, Spehar;Rocha (2009) avaliam que não há diferenças no rendimento entre populações variando de 100 a 600 mil plantas/ha. Entretanto, a população esperada para a cultivar BRS Syetetuba, segundo Spehar et al. (2011) é de 500 mil plantas por hectare.

4. Doenças e pragas

A quinoa é atacada por uma variedade de patógenos, os quais causam doenças diversas como míldio, tombamento, ferrugem, mosaico, etc, exemplificadas na tabela abaixo (BHARGAVA et al., 2006). Há relatos de infecção, mas não de perda significativa por viroses. O míldio (*Peronospora farinosa*) é o mais severo patógeno da quinoa e sabe-se que causa perda na produção de 33 a 58%, mesmo nas cultivares mais resistentes (DANIELSEN et al., 2000). O míldio tem como pico de dano o estágio da iniciação floral e, posteriormente, diminui gradualmente (BHARGAVA et al., 2006).

Tabela 2. Doenças comuns da quinoa e seus respectivos patógenos.

Doença	Tipo	Patógeno	Referência
Damping off	Fungo	<i>Sclerotium rolfsii</i>	Danielsen et al. (2003)
Podridão do pedúnculo	Fungo	<i>Phoma exigua</i> var. <i>foveata</i>	Alandia et al. (1979); Danielsen et al. (2003)
Míldio	Fungo	<i>Peronospora farinosa</i>	Danielsen et al. (2001); Danielsen ; Munk (2004)
Mancha gótica da haste	Fungo	<i>Phoma cava</i>	Alandia et al. (1979)
Podridão cinzenta	Fungo	<i>Botrytis cinerea</i>	Johanson (1983)
Mancha foliar	Fungo	<i>Ascochyta hyalospora</i>	Danielsen et al. (2003)
Ferrugem bacteriana	Bactéria	<i>Pseudomonas</i> SP.	Alandia et al. (1979)
Mosaico do quenopódio	Vírus	Chenopodium mosaic vírus	Alandia et al. (1979); Tomsinson et al. (1981)
Nódulo falso	Nematóide	<i>Nacobbus</i> spp., <i>Thecavermiculatus</i> spp.	Alandia et al. (1979); Franco (2003)

Fonte: Bhargava et al. (2006)

Delgado et al., 2009, em estudo que avaliou 16 genótipos de quinoa, identificaram alguns tolerantes ao míldio, com porcentagens baixas de dano, próximas a 15%, porém todos apresentaram algum tipo de incidência, em alguns casos de até 45% de dano. O autor ressalta que a doença é particularmente preocupante em épocas de chuvas prolongadas, quando os ataques são mais severos, elevando os custos da produção e baixando o rendimento. O autor aplicou Cloridrato de Propamocarbe¹ na emergência para o controle de *Damping off* causado por *Rhizoctonia solani* e *Pythium*

¹ No Brasil, comercializado como Previcur, recomendado no combate de requeima do tomate e batata causada pelo fungo *Phytophthora infestans*

sp. A pesquisa foi realizada em Nariño, Colômbia, onde a temperatura média é de 11°C, altitude de 2.985m e precipitação média de 850 mm anual, segundo o autor.

Não há relatos de fungos transmitidos por sementes no cultivo de quinoa no Brasil, porém experimentos mostraram associação a diversos fungos que podem ser patogênicos às plântulas e causarem danos à cultura, devendo haver cuidado para não se utilizar sementes infectadas (ROCHA, 2008).

Spehar et al. (2011) no estudo de avaliação da cultivar BRS Syetetuba, não encontraram as doenças típicas da espécie, como o míldio, e pragas como a borboleta *Eurysacca melonocampta*, confirmando a ausência de registro no Brasil (Spehar, 2007). Encontrou, por outro lado, incidência de percevejos de várias espécies, como *Nezara viridula*, *Pyezodorus guildinii* e *Euschistos heros*, porém sem danos aparentes nos grãos. Após a colheita, foram identificados ataques de gorgulho do trigo (*Sitophilus granarius*) e de traças-dos-cereais (*Ephestia kuehniella* e *Plodia interpunctela*), afirmando que são insetos que geralmente atacam os grãos da quinoa.

A principal praga da quinoa no sudeste peruano é a larva da mariposa *Eurysacca melanocampta* Meyrick, causando grandes perdas de rendimento de grãos. A fêmea deposita seus ovos nas folhas da planta de quinoa durante o florescimento, com as larvas alimentando-se das folhas e posteriormente dos grãos já formados. Costa et al. (2009) identificou que a preferência desse inseto pela quinoa está baseada em estímulos olfativos, razão pela qual algumas cultivares são mais atacadas que outras.

O ataque de insetos causa perda variando de 8 a 40% (ORTIZ ; SANABRIA, 1979), conforme tabela abaixo, reproduzida de Bhargava et al., 2006. A saponina presente na quinoa confere uma defesa química contra pragas (RISI ; GALWEY, 1984).

Tabela 3. Insetos e pragas da quinoa.

Tipo	Praga	Estágo	Parte da planta afetada	Referência
Minador da folha	<i>Liriomyza brasiliensis</i>	Larva	Folha	Ortiz ; Zanabria (1979)
Aderente da folha, kcona kcona	<i>Eurysacca spp.</i>	Larva	Inflorescência, grãos armazenados	Galwey (1989); Rasmussen et al. (2003)
Verme cortador	<i>Feltia experta, Spodoptera spp.</i>	Lagarta	Folha e haste	Zanabria ; Mujica (1977); Rasmussen et al. (2003)
Lagarta-medidera	<i>Perisoma sordescens</i>	Lagarta	Folha, semente, inflorescência	Zanabria ; Mujica (1977)
Lagarta da folha e da inflorescência	<i>Hymenia recurvalis, Pachyzancia bipunctatles</i>	Lagarta	Folha, inflorescência	Ortiz ; Zanabria (1979)
Insetos desfolhadores	<i>Epithrix subcrinita, Epicauta spp.</i>	Adulto	Folha, inflorescência	Ortiz ; Zanabria (1979); Zanabria ; Mujica (1977)
Insetos brocadores e cortadores	<i>Macrosiphum spp., Myzus persicae, Bergallia spp., Franknella tuberosi</i>	Adulto	Toda a planta	Ortiz ; Zanabria (1979)

Fonte: Bhargava et al. (2006)

A BRS Piabiru é resistente ao nematóide *Pratylenchus brachyurus*, por isso pode ser usada na proteção do solo na entressafra, já *Meloidogyne incognita* infecta raízes de quinoa, sem causar danos aparentes (ROCHA, 2008).

5. Usos econômicos e aspectos químicos da planta

A quinoa é altamente nutritiva e pode ser usada para fazer farinha, vitaminas, flocos e álcool (BHARGAVA et al., 2006). É vendida também na forma de grãos crus, que podem ser cozidos como arroz ou em combinação com outros pratos. Pode ser ainda usada na fabricação de cerveja, por meio da fermentação do malte produzido da germinação dos seus grãos. Pode ser usada como forrageira para alimentar o gado, porcos e aves (GALWEY, 1989). No Peru e na Bolívia flocos de quinoa, tortilhas, panquecas e grãos expandidos são comercialmente produzidos (POPENOE et al., 1989). Os grãos expandidos (pipoca) podem ser usados na confecção de barras de cereais. O uso medicinal da quinoa foi relatado para combater inflamações, como analgésico e para a desinfecção do trato urinário (MUJICA, 1994). Também é citada em casos de hemorragia interna e como repelente de insetos (MUJICA, 1994). Essas citações podem abrir novo campo para investigações.

O amido da quinoa é altamente adequado para emulsões de produtos alimentícios (AHAMED et al., 1996). Quinoa é considerada um cultivo potencial para a NASA, para a remoção do dióxido de carbono da atmosfera e para produzir comida, oxigênio e água para a tripulação de missões espaciais longas (BHARGAVA et al., 2006).

A farinha da quinoa, combinada com a farinha do trigo ou do milho, é usada para fazer biscoitos, pães e comida processada. A farinha da quinoa tem boa propriedade de gelatinização, capacidade de absorção de água, capacidade de emulsificação e de estabilização (OSHODI et al., 1999). Análises quantitativas da farinha de quinoa com a de outros cereais demonstrou a existência de açúcares livres

como glicose (4,55%), frutose (2,41%) e sacarose (2,39%) (GONZALEZ et al., 1989). Pesquisas avaliaram o teor de açúcares e a composição química da farinha de quinoa e comprovaram a sua alta proporção de d-xylose (120mg/100g) e maltose (101mg/100g), e uma baixa taxa de glicose (19mg/100g) e frutose (19,6 mg/100g) (OGUNGBENLE, 2003). Portanto, a quinoa pode ser efetivamente utilizada na indústria de bebidas para a preparação de formulações de bebida a base de malte (BHARGAVA et al., 2006). Outro estudo demonstrou aumento do nível do fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-1) no plasma de crianças que consumiram uma porção suplementar de comida infantil preparada à base de farinha de quinoa pré-cozida (RUALES et al., 2002). O alto valor nutricional da farinha de quinoa indica que pode ser usada para suplementar a deficiência protéica da farinha de trigo, comumente usada para o consumo humano no mundo, além de não possuir glúten, podendo ser consumida por pessoas com intolerância a essa proteína.

Pode ser usada na produção de farinha instantânea ou na composição de alimentos processados por extrusão, já que possui melhor qualidade nutritiva do que os cereais comumente utilizados para esse fim.

Além disso, 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.

A quinoa é conhecida como um pseudocereal (CUSACK, 1984) em razão do seu excepcional balanço de lipídeos e proteínas. Perisperma, embrião e o endosperma são as três áreas onde estão armazenadas nos grãos as reservas alimentícias (PREGO et al., 1998). O amido se encontra no perisperma e os lipídios e proteínas no endosperma e embrião. O valor nutricional da quinoa é há muito tempo sabidamente

superior ao dos cereais e mesmo do leite (WHITE et al., 1955, citado por BHARGAVA et al., 2006). A composição do grão da quinoa mostra-se muito variável nos seus diversos componentes, o que foi atestado em pesquisas realizadas no Brasil (GOMES, 1999, citado por SPEHAR, 2006), como no exterior (WAHLI, 1990).

A quantidade de amido na quinoa varia de 51 a 60%, e consiste em pequenos grânulos uniformes menores que 3 μm de diâmetro (ATWELL et al., 1983). O amido da quinoa tem potencial para ser usado na indústria, por conta dos seus grânulos pequenos e de sua alta viscosidade (GALWEY et al., 1990). Grânulos pequenos são úteis nos cosméticos e nos agentes utilizados para liberar do molde os pneus de borracha (BHARGAVA et al., 2006). O amido da quinoa apresenta estrutura cristalina tipo-A e grânulos do tipo anular poligonal (WRIGHT et al., 2002). O amido gelatiniza a aproximadamente 56-58°C e apresenta um único estágio de dilatação na temperatura de 65-95°C, o que faz que, junto com a sua natureza opaca, seja altamente adequado para emulsão alimentícia (BHARGAVA et al., 2006). O amido da quinoa também tem potencial de utilização não-alimentício como enchimento biodegradável de resinas de polietileno de baixa densidade (LDPE) (AHAMED et al., 1996b). Essas características dependem de mais comprovação para uma utilização efetiva na indústria alimentícia, farmacêutica e têxtil. Tendo em vista suas propriedades mecânicas, o amido da quinoa pode ser utilizado na fabricação de sacolas onde uma maior tensão é importante. Estudos de congelamento-descongelamento acerca da estabilidade do amido de quinoa indicaram que a sua cola é resistente para a retrogradação, sugerindo aplicações na emulsão alimentícia de congelados (AHAMED et al., 1996a).

Os grãos de quinoa possuem mais fibras que o arroz, trigo e milho (CARDOZO ; TAPIA, 1979). Possui também mais cinzas que o arroz, o trigo e outros

tradicionais cereais. Os grãos também possuem grandes quantidades de minerais como Ca, Fe, Zn, Cu e Mn, sendo que a quantidade de Ca e de Fe é significativamente maior que os cereais comumente usados (REPO-CARRASCO et al., 2003). Ainda possui mais magnésio em comparação com o trigo e com o milho (RUALES ; NAIR, 1992). Prego et al., 1998, utilizando análise EDX nas sementes de quinoa, identificou os minerais P, K e Mg como os principais constituintes dos cristais globóides nos corpos protéicos do embrião e do endosperma, não tendo encontrado Ca e Fe.

Muitos estudos revelaram que a quantidade de óleo na quinoa situa-se entre 1,8 e 9,5%, com uma média de 5-7,2%, o que é maior que o milho (BHARGAVA et al., 2006). O óleo de quinoa é rico nos ácidos graxos essenciais, como o linoléico e o linolênico, e tem uma alta concentração de antioxidantes naturais como o α -tocopherol (5,3mg/100g – 721,4 ppm) e γ -tocopherol (2,6mg/100g – 797,2 ppm) (RUALES ; NAIR, 1992). A atividade antioxidante da quinoa pode ser de particular importância para pesquisas médicas e necessita mais atenção no tocante à sua utilização como potente antioxidante (BHARGAVA et al., 2006). Dada ao alto nível de qualidade do seu óleo, e o fato de que algumas variedades apresentam concentrações de até 9,5%, a quinoa está sendo considerada como uma potencial oleaginosa de muito valor (KOZIOL, 1993).

Há poucos relatos sobre o conteúdo de vitamina do grão de quinoa. Alguns estudos encontraram quantidades expressivas de tiamina, ácido fólico e vitamina C (RUALES ; NAIR, 1992), e outros estudos indicaram que a quinoa é rica em vitamina A, B2 e E (KOZIOL, 1992).

A proteína encontrada no grão de quinoa varia de 7,47 a 22,08%, com uma média de 13,81% (CARDOZO ; TAPIA, 1979). Estudos indicaram a porcentagem

de 14,8% de proteína na quinoa doce e 15,7% na quinoa amarga (WRIGHT et al, 2002b). Albuminas e globulinas constituem a maior fração protéica, de 44 a 77% do total de proteína, enquanto que o percentual de prolaminas é baixo (0,5-0,7%) (KOZIOL, 1992). A qualidade da proteína do grão da quinoa é superior à da maioria dos cereais, incluindo o trigo, conforme tabela abaixo (Tabela 4). Os grãos têm um balanço espectral de aminoácidos com alta taxa de lisina, histidina e metionina (VAN ETTEN et al., 1963, citado por BHARGAVA et al., 2006). A quantidade de aminoácidos essenciais na quinoa também é superior à da maioria dos cereais mais comuns (RUALES ; NAIR, 1992)(Tabela 4). A qualidade superior da quinoa e o seu valor energético recomendam sua utilização na indústria aviária (BHARGAVA et al., 2006). A quinoa é considerada uma das melhores fontes de folhas em relação à concentração de proteína e por isso tem potencial como substituto protéico de alimentos e para a indústria farmacêutica (BHARGAVA et al., 2006).

Tabela 4. Composição de aminoácidos essenciais em quinoa, nos cereais, leguminosas, carne e leite, em relação ao padrão da FAO.

Aminoácido	Quinoa	Arroz	Milho	Trigo	Feijão	Carne	Leite	Padrão FAO
Fenilalanina	4,0	5,0	4,7	4,8	5,4	4,1	1,4	6
Isoleucina	4,9	4,1	4,0	4,2	4,5	5,2	10,0	4
Leucina	6,6	8,2	12,5	6,8	8,1	8,2	6,5	7
Lisina	6,0	3,8	2,9	2,6	7,0	8,7	7,9	5,5
Metionina	2,3	2,2	2,0	1,4	1,2	2,5	2,5	3,5
Treonina	3,7	3,8	3,8	2,8	3,9	4,4	4,7	4
Triptofano	0,9	1,1	0,7	1,2	1,1	1,2	1,4	1
Valina	4,5	6,1	5,0	4,4	5,0	5,5	7,0	5

Fonte: Santos (1996)

A saponina é o principal fator antinutricional presente no revestimento da semente de quinoa. A quantidade de saponina presente nos genótipos doces varia de 0,2 a 0,4g/Kg de matéria seca e nos genótipos amargos de 4,7 a 11,3 g/Kg de matéria seca (MASTEBROEK et al., 2000). Koziol, 1993, classifica a quinoa como doce se tiver menos de 0,11% de saponina do peso fresco. Saponinas na quinoa são basicamente glicosídeos triterpenóides com glicose que constituem 80% do total (BHARGAVA

etal., 2006). A quantidade de saponina é afetada pelo déficit de água no solo, grandes déficits diminuem a quantidade de saponina (SOLIZ-GUERRERO et al., 2002). A quantidade de saponina também difere de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta, sendo menor durante a ramificação e maior no florescimento (BHARGAVA et al., 2006). Ela é removida tanto pelo método molhado, isto é, lavando e polindo o grão, como pelo método seco, torrando e também polindo o grão para a remoção das camadas externas (RISI ; GALWEY, 1984). Em escala comercial, a saponina é retirada pelo descascamento abrasivo, mas, por esse método, alguma saponina remanescente continua aderida ao perisperma (BECKER ; HANNERS, 1991). A remoção da saponina pelo método seco reduz a quantidade de vitaminas e minerais, sendo essas perdas significativas no caso de potássio, ferro e manganês (RUALES ; NAIR, 1992).

A diferenciação morfológica entre a quinoa doce e amarga pode ser feita pela cor, sendo doce a de coloração branca e amarga amarela, resultando numa fácil constatação visual para a presença de saponina (ROCHA, 2008). O melhoramento genético da quinoa para obter cultivares com menor quantidade de saponina é possível e já vem sendo feito, como será visto mais adiante.

As saponinas têm imensa importância industrial e são usadas na preparação de sabões, detergentes, xampus, cervejas, extintores de incêndio, fotografias, cosméticos e na indústria farmacêutica (JOHNSON ; WARD, 1993). Elas têm a capacidade de induzir mudanças na permeabilidade intestinal, permitindo a absorção de algumas drogas (BAZU ; RASTOGI, 1967, citado por BHARGAVA et al., 2006). Saponinas são também conhecidas por reduzir os níveis de colesterol no sangue (OAKENFULL ; SIDHU, 1990). Pesquisa provou que a saponina da quinoa pode servir de coadjuvante na administração de vacinas de mucosa, como a vacina oral contra a

pólio (ESTRADA et al., 1998). Diante do potencial farmacêutico da saponina, esforços devem ser feitos no sentido da sua utilização para esse propósito.

A saponina também contribui para prevenir algumas doenças de articulação em cavalos e eliminar vermes e protozoários do trato digestivo de animais domésticos (CHEEKE, 2002, citado por SPEHAR, 2006).

6. Melhoramento genético

O objetivo básico do melhoramento na quinoa é o desenvolvimento de variedades com alto rendimento de grãos, acompanhado de valores altos de proteína e baixa quantidade de saponina. Entretanto, isso não é tão fácil diante da polinização cruzada natural da cultura. A dificuldade é ainda maior por conta do diminuto tamanho das flores, o que torna entediante e trabalhoso o procedimento de emasculação e hibridização. Apesar dessas dificuldades, a seleção massal e a hibridização têm sido praticadas em quinoa (RISI ; GALWEY, 1984). Várias técnicas de emasculação na quinoa foram sugeridas, mas são procedimentos inconvenientes. Um caminho mais fácil pode ser feito na utilização de marcadores morfológicos para diferenciar o híbrido dos parentais (BHARGAVA et al., 2006). Observando o potencial emergente da cultura e a limitação no trabalho de melhoramento, é urgente a necessidade de iniciar a elaboração de um programa de melhoramento genético da quinoa (BHARGAVA et al., 2006).

Segundo Santos et al. (2003) a quinoa apresenta grande adaptabilidade devido à diversidade de ambientes em que ocorre na região de origem, sendo que, além do rendimento de grãos, características interessantes ao cultivo são: a tolerância a estresses; e rapidez de crescimento, já que até os trinta dias após a emergência o seu desenvolvimento é muito lento, o que não é interessante para a competição com as plantas invasoras.

O trabalho de seleção de quinoa no Brasil tem-se baseado, além das características já citadas, também na ausência de acamamento, insensibilidade ao fotoperíodo, baixa ramificação, indeiscência do perigônio e das sementes, maturação

uniforme, ciclos variados, e sementes com qualidade e elevado peso hectolítrico (SPEHAR; SANTOS, 2002).

O banco de germoplasma da Embrapa possui grande acervo de acessos de quinoa e a primeira linhagem lançada comercialmente pela Embrapa para a produção de grãos, a BRS Piabiru, provenientes de linhagem equatorianas, tem como características agronômicas a ausência de saponina (SPEHAR, 2006)

Com relação à tolerância à seca, a deposição de oxalato de cálcio é uma característica apontada por Spehar (2006) como desejável para a sua adaptabilidade, uma vez que a maior densidade de oxalato de cálcio nas folhas permite uma produção mesmo em condições de estresse hídrico.

A planta da quinoa é praticamente autopolinizadora, mas taxas de fecundação cruzada são relatadas e chegam a 17,36% (SILVESTRI ; GIL, 2000). A fecundação cruzada ocorre frequentemente a até 1 metro de distância e mais ocasionalmente a 20m (GANDARILLAS, 1979). Risi e Galwey (1989b) encontraram diversidade genética em 294 acessos de quinoa usando análises de componentes principais e de correlação canônica. Acessos obtidos perto do nível do mar no Chile formavam um grupo homogêneo.

Estudos sobre a interação genótipos ambientes demonstraram que essa interação varia muito entre as variáveis medidas, sendo que o rendimento de grãos estava fortemente dependente da variedade, mas a deficiência de micronutrientes e a competição com plantas espontâneas afetavam as variedades diferentemente (RISI ; GALWEY, 1991). Estudos sobre a estabilidade de características quantitativas em 14 linhagens de quinoa (JACOBSEN et al., 1996) sugeriram que a seleção por altura, tamanho da inflorescência e duração do ciclo poderia ser facilmente utilizada para um

estágio primário de um programa de melhoramento. Estudos sobre estabilidade de desenvolvimento sugerem seleção de plantas precoces e de maturação uniforme com mais ramificações, baixo teor de saponina e maior rendimento de grãos, para condições do norte da Europa (JACOBSEN, 1998). Estudo envolvendo 14 locais em três continentes sobre a interação genótipos ambientes para rendimento de grãos e tamanho de grãos (BERTERO et al., 2004) concluiu que a interação com relação ao componente genotípico tem razão de variação de 4:1 para o rendimento de grãos e de 1:1 para o tamanho de grãos. Estudos indianos (BHARGAVA et al., 2006) já indicaram que o tamanho da inflorescência, seguido de peso seco da planta e tamanho da planta demonstraram máxima eficiência de seleção para o rendimento de grãos, o que coincide com estudos brasileiros (SPEHAR; SANTOS, 2005), que verificaram que o comprimento da inflorescência tinha correlação positiva com o tamanho da planta, bem como esses fatores, e o diâmetro da inflorescência, com o rendimento de grãos.

Spehar et al. (2005) identificaram que ciclos mais longos resultavam em maior produtividade, de acordo com o índice de colheita realizado na avaliação dos genótipos pesquisados, porém, encontraram algumas exceções, com altos valores desse índice em ciclos mais curtos.

Um alto nível de saponina no grão é o impedimento maior para a diversificação da cultura. Estudo com 10 acessos de quinoa sul-americana para o teor de saponina foi realizado em três ciclos de seleção por pedigree (WARD, 2000), indicando ação de gene dominante como o maior componente da variância genética para a característica. Heterozigose permanente no local que controla a quantidade de saponina deve ocorrer em razão da natureza alotetraplóide da cultura. Entretanto, Spehar (2006),

citando Spehar et al. (2002), afirma que a obtenção de cultivares sem saponina é possível, pois essa característica é facilmente eliminada por seleção.

Em razão das características da inflorescência da planta de quinoa, que possui um agrupamento de numerosas e pequenas flores, o processo manual de emasculação se torna extremamente difícil, impedindo o desenvolvimento de híbridos (BHARGAVA et al., 2006). Porém, o desenvolvimento de linhagens de quinoa com a característica de macho esterilidade tornaria possível a produção de híbridos e foi sugerido por diversos autores (WILSON, 1980; RISI ; GALWEY, 1984; FLEMING ; GALWEY, 1995). Estudos estão sendo conduzidos nesse sentido, sendo que alguns acessos encontrados da coleção da USDA-ARS com macho esterilidade de natureza citoplasmática podem facilitar a produção de híbridos (WARD, 1998).

7. Tolerância e adaptação da quinoa

A quinoa apresenta nível alto de resistência a vários fatores adversos, como salinidade do solo, seca, geada, doenças e pragas (JACOBSEN et al., 2003). Ela tolera solos com pH entre 4,8 a 9,5, por conta de associações micorrízicas, além de maximizar o uso de nutrientes escassos (TAPIA, 1979; MUJICA, 1994) e também resiste à geada antes da formação dos botões florais (JACOBSEN et al., 2005). Ademais, ela acumula íons de sal nos tecidos, o que ajusta o potencial hídrico da folha, permitindo à planta manter a turgência celular e limitar a transpiração sob condições salinas (JACOBSEN et al., 2001). Também foi verificado significativo aumento da área foliar em níveis de salinidade de 11 dSm-1, comparando-se com o controle de 3dSm-1 (WILSON et al., 2002). Bhargava et al. (2003) obteve decréscimo marginal em rendimento de grãos de quinoa em solo salino-sódico (pH 8,5-9,0) em comparação a um solo normal, e o diâmetro da haste, inflorescência e o peso da planta seca foram fatores determinantes para o controle do rendimento de grãos no solo salino-sódico.

Chilo et al. (2009), analisando o efeito da temperatura e salinidade sobre a germinação e crescimento de plântulas de quinoa no Chile, confirmaram a capacidade da quinoa de acumular solutos nos vacúolos das células epidérmicas do caule e das folhas, que é uma estratégia de adaptação da cultura a ambientes hostis, o que permite classificá-la como plantas halófitas. Os melhores índices de germinação foram obtidos nas temperaturas de 20°C e com baixa concentração de NaCl, porém mesmo em baixas temperaturas (5°C) foram obtidos bons percentuais de germinação, apesar de retardar a velocidade de germinação, e também mesmo em alta concentração de sal (0,3M de NaCl), o percentual e velocidade de germinação não foram significativamente alterados.

O crescimento das plântulas também só foi impedido em alta concentração de sódio (0,3M e 0,4M de NaCl) combinada à baixa temperatura (5°C). Porém, em temperatura de 20°C, só a alta concentração de sódio (0,4M de NaCl) alterou substancialmente o crescimento e o peso seco da plântula.

Outro trabalho sobre o estresse salino na germinação da quinoa (DELATORRE-HERRERA et al., 2009), baseou-se no fato de que o efeito total da salinidade na germinação é consequência dos efeitos combinados dos fatores osmóticos e iônicos. Os autores concluíram que o efeito iônico afeta mais a germinação da quinoa, havendo ainda variação de danos de acordo com o genótipo utilizado. Acesso proveniente de regiões com solos mais salinos se mostrou mais tolerante ao estresse salino na germinação, tendo perda de 50% no poder germinativo em uma concentração de 0,4M de NaCl, enquanto que os genótipos menos adaptados obtiveram o mesmo percentual em uma concentração de apenas 0,2M de NaCl.

A resistência à seca da quinoa é atribuída a características morfológicas, como um extenso e ramificado sistema radicular e a presença nas folhas de vesículas contendo oxalato cálcico, que são higroscópicos e reduzem a transpiração (CANAHUA, 1977). Características fisiológicas que indicam resistência à seca são o baixo potencial osmótico, a baixa razão peso da planta e peso seco, a baixa elasticidade e a capacidade de manter turgor positivo mesmo em reduzido potencial hídrico da folha (ANDERSEN et al., 1996). Vacher (1998) analisou a resposta da quinoa à seca e descobriu que a condutância estomática permaneceu relativamente estável, com baixa, porém constante troca gasosa, sob condições de seca severa e baixo potencial hídrico da folha. Quinoa manteve uso altamente eficiente da água da folha para compensar o decréscimo na condutância estomática e, assim, otimizou o ganho de carbono com uma

minimização da perda de água. Jensen et al. (2000) estudou a relação dos efeitos do solo ao se secar com a água na folha e a troca gasosa em *C. quinoa*. Provavelmente, a elevada taxa fotossintética e valores específicos da área foliar durante o início do crescimento vegetativo resultaram num vigor precoce da planta apoiando uma captação precoce de água e, assim, tolerando uma subsequente estiagem. As relações hídricas foliares são caracterizadas por um baixo potencial osmótico e baixa razão entre o peso de turgência e o peso seco durante os posteriores estágios de crescimento, sustentando um gradiente potencial de captação de água e a manutenção da turgência sob alta demanda de evaporação. Garcia et al. (2003) calculou o fator sazonal de resposta de rendimento para a quinoa (Ky) que ficou abaixo do amendoim e do algodão. Esse baixo valor de Ky para a quinoa indica que um pequeno stress hídrico não implica em grandes perdas de rendimento.

8. Quinoa no mundo

Na América da Norte as plantas invasoras da quinoa mais comuns são a ançarinha-branca (*Chenopodium album* L.), a kochia (fam. Amaranthaceae), e o girassol, enquanto que no norte da Índia as espontâneas mais comuns são as *Parthenium*, *Symbrium*, além da *Chenopodium album*.

Na Colômbia, onde a quinoa é cultivada em pequena escala e de maneira tradicional pela população de origem indígena dos Andes, seu cultivo é feito em parcelas intercaladas com fava, tremoço andino (*Lupinus mutabilis*), e com a associação feijão-milho (SAÑUDO Y ORTEGA, 2002, citado por DELGADO et al., 2009).

Na Índia a planta tem bom crescimento, com muitos cultivares alcançando até 1,5 m de altura, geralmente com muitas ramificações e folhas grandes. A baixa necessidade hídrica demonstra a sua natureza de tolerância à seca e a faz adequada para o cultivo na Índia, onde na maior parte do território não possui irrigação assegurada e os produtores dependem de chuvas sazonais.

Um extenso e interdisciplinar programa de melhoramento genético foi iniciado para a quinoa pelo National Botanical Research Institute da Índia. O principal objetivo é a melhoria genética da quinoa para o desenvolvimento de cultivares com alto rendimento e adequadas ao cultivo na Índia. Tais estudos indicaram que o tamanho da inflorescência, seguido de peso seco da planta e tamanho da planta demonstraram máxima eficiência de seleção para o rendimento de grãos, o que coincide com estudos conduzidos no Brasil, acima citados.

O cultivo da quinoa ainda está restrito aos países andinos, Peru e Bolívia são os maiores produtores, com 32,6 e 25,3 mil toneladas, respectivamente (FAO, 2006, citado por ROCHA, 2008). Equador também produz em menor escala, havendo cultivos pouco expressivos nos países europeus, Canadá e EUA.

Segundo a revista boliviana La Razón (http://www.la-razon.com/economia/precio-quinua_0_1609039102.html), o preço da quinoa triplicou no mercado internacional nos últimos seis anos, passando de pouco mais de \$1.000/tonelada para mais de \$3.000/tonelada. Confirma que a Bolívia é o maior produtor e que a partir do ano 2000 é que o mercado internacional passou a demandar quinoa, que antes era restrita ao comércio interno. Porém, o jornal também relata que a quinoa parou de ser consumida pelos bolivianos, em razão do aumento considerável do preço e da preferência para a sua exportação. O volume de vendas total, segundo informações do Ministério do Desenvolvimento Rural daquele país passou de 8,91 milhões de dólares em 2006 para 84,57 milhões em 2012, sendo que o volume exportado subiu 162% no mesmo período, alcançando 26.130 toneladas em 2012. Por fim, o jornal relata que Estados Unidos compra 52% do produto boliviano, seguido da França com 12% e da Holanda com 11%, sendo que praticamente o restante é vendido para outros países europeus, ainda que tenham aumentado as vendas para países da América do Sul, como o Brasil e o Chile e iniciado a venda a países asiáticos.

A revista Dinheiro Rural (<http://revistadinheirorural.terra.com.br/secao/agronegocios/quinoa-peso-de-ouro>) ressalta que o ano de 2013 foi declarado pela FAO como o ano da quinoa, em razão da sua qualidade nutricional com potencial para combater a fome no mundo. Entretanto, a revista destaca que o aumento do preço

internacional do produto fez com que sumisse das prateleiras boliviana, limitando o seu consumo local, além de ter gerado conflitos de terras em Oruro e Potosi. Confirma, ainda, que a Bolívia é o maior produtor, respondendo por 70% da quinoa consumida no mundo, passando a produção de 22 mil toneladas para 44 mil toneladas de 2010 para 2012, devendo gerar uma receita de US\$ 75 milhões este ano.

Jacobsen, 2002, informa que existiam naquele ano aproximadamente 80 mil hectares de quinoa no mundo, apresentando a tabela abaixo, da FAO reportada por Laundauer, 2001, relativa à produção (tonelada de grãos), que já registrava uma tendência de aumento de produção visando às exportações. Destaca que o cultivo quase desapareceu no Equador nas décadas de 70 e 80, em razão das importações livres de trigo barato dos Estados Unidos, porém, foi resgatado no final da década de 80 mediante uma iniciativa da empresa Nestlé e do INIAP, Instituto de Agricultura do Equador.

Tabela 5. Principais países produtores de quinoa.

País	Ano (tonelada de grãos)					
	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Bolívia	18814	23490	26360	20291	22498	25000
Equador	408	555	304	938	938	938
Peru	16846	16070	23612	28614	28439	30000
Total	36968	40115	50276	49843	51875	55938

Fonte: Jacobsen, 2002.

9. Quinoa no Brasil

Spehar (2006) sugere a adaptação da quinoa para o cultivo no Cerrado, não só em razão do seu valor nutricional e de suas características culturais, mas também em função do sistema agrícola existente nessa região, com pouca diversificação de culturas, o que gera impactos biológicos negativos. Aponta a possível utilização da quinoa no período conhecido como segunda safra (sucessão), o que permite a manutenção do solo mais tempo coberto, o que é indispensável para o sistema de plantio direto, além de aproveitar a adubação e umidade residual do solo da lavoura anterior, o que casa com as características da quinoa, como a resistência à seca e a produção de expressiva quantidade de biomassa para a proteção do solo.

As primeiras tentativas de adaptação da quinoa no Brasil são da década de 90, como parte dessa tentativa de diversificação dos sistemas de produção no cerrado, sendo que as primeiras seleções foram realizadas em populações híbridas provenientes da Inglaterra (Spehar; Souza, 1993).

Apesar de ainda não existir uma produção comercial da quinoa no Brasil, dependendo o consumo da importação do produto, os trabalhos científicos crescem sobre o tema, já tendo sido exaustivamente confirmada a vantagem do seu cultivo como forma de incrementar e diversificar a produção agrícola brasileira, bem como analisada a reação da planta a alguns herbicidas (SANTOS et al., 2003), e a melhor data de plantio no Paraná (VASCONCELOS et al., 2012). Já foram também lançadas duas cultivares específicas para o cerrado, a BRS Piabiru e BRS Syetetuba, sendo que esta última é fruto de seleção de genótipos conduzida por trabalho realizado na Universidade de Brasília – UnB (SPEHAR et al., 2011; ROCHA, 2008).

III - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A quinoa tem enorme potencial de cultivo como planta granífera, em razão da excepcional qualidade nutricional do seu grão, motivo pelo qual a FAO a elegeu como uma opção para a diminuição da fome no mundo, tendo declarado 2013 como o Ano Internacional da Quinoa². O seu cultivo apresenta uma série de vantagens e, diante das conclusões científicas acima abordadas, quais sejam, sobre a sua rusticidade, adaptação, rendimento de grãos e possibilidade de utilização de tecnologia e mecanização, pode-se concluir que o cultivo deva se expandir muito em todo o mundo em pouco tempo, especialmente com o alto e crescente valor pago pelo produto nos últimos anos.

Como visto, há inúmeros trabalhos científicos sobre a quinoa, em que pese o seu cultivo ser ainda feito com bases tradicionais e utilizando-se pouca tecnologia moderna, porém, ainda há muitas questões em aberto sobre a cultura, carecendo de maiores estudos sobre, por exemplo, o manejo hídrico da cultura e os estágios fenológicos.

Quanto aos estágios fenológicos da quinoa, seria muito interessante que fossem feitos estudos sobre o assunto, permitindo o conhecimento sobre as diversas etapas do desenvolvimento da planta e permitindo a melhor intervenção no cultivo, ou seja, de acordo com as necessidades requeridas pela cultura.

A necessidade hídrica da quinoa também não foi muito explorada nas pesquisas realizadas em todo o mundo, salvo alguns estudos sobre a evapotranspiração da cultura (GARCIA et al., 2003) e outros sobre a tolerância à seca, sendo interessante

²<http://www.fao.org/quinoa-2013/en/>

aliar as conclusões sobre as necessidades hídricas da planta aos seus estágios fenológicos, a fim de se obter uma melhor utilização e racionalização dos recursos hídricos, sem abrir mão de um alto rendimento de grãos.

Também há poucos estudos sobre o armazenamento de grãos de quinoa, não se sabe, por exemplo, se o longo tempo de estocagem causa perda dos valores nutricionais e industriais dos grãos. Ainda que novas cultivares tenham sido lançadas para o cerrado, muitas dúvidas quanto ao cultivo persistem para que a produção possa deslanchar, havendo carências também quanto à existência de uma cadeia produtiva do produto.

Em razão das suas qualidades nutricionais, de sua adaptabilidade aos sistemas produtivos agrícolas nacionais, das potencialidades do seu cultivo no Brasil, e do alto valor pago no comércio internacional, deveria haver uma preocupação do Poder Público no sentido de estimular o cultivo e consumo da quinoa, por meio de políticas públicas específicas, como a recentemente promovida pela FAO. Atualmente no Brasil, a quinoa é um produto importado e extremamente caro, estando o seu consumo restrito a pessoas bem instruídas, preocupadas com a saúde e com bom poder aquisitivo, o que indica que políticas públicas poderiam ser feitas visando à popularização da quinoa.

IV - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHAMED, N.T., SINGHAL, R.S., KULKARNI, P.R., PAL, M., 1996a. Physicochemical and functional properties of *Chenopodium quinoa* starch. Carbohydrate Polymers 31, 99–103.
- AHAMED, N.T., SINGHAL, R.S., KULKARNI, P.R., KALE, D.D., PAL, M., 1996b. Studies on *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus paniculatas* starch as biodegradable fillers in LDPE films. Carbohydrate Polymers 31, 157–160.
- ANDERSEN, S.D., RASMUSSEN, L., JENSEN, C.R., MOGENSEN, V.O., ANDERSEN, M.N., JACOBSEN, S.E., 1996. Leaf water relations and gas exchange of field grown *Chenopodium quinoa* Willd. during drought. In: Stolen, O., Pithan, K., Hill, J. (Eds.), Small Grain Cereals and Pseudocereals. Workshop at KVL, Copenhagen, Denmark.
- ATWELL, W.A., PATRICK, B.M., JOHNSON, L.A., GLASS, R.W., 1983. Characterization of quinoa starch. Cereal Chemistry 60, 9–11.
- BECKER, R., HANNERS, G.D., 1991. Composition and nutritional evaluation of quinoa whole grain flour and mill fractions. Lebensmittel-Wissenschaft Technologie 23, 441–444.
- BERTERO, H.D., 2003. Response of developmental processes to temperature and photoperiod in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Reviews International 19 (1–2), 87–97.
- BERTERO, H.D., KING, R.W., HALL, A.J., 1999a. Photoperiod-sensitive development phases in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Field Crops Research 60, 231–243.
- BERTERO, H.D., KING, R.W., HALL, A.J., 1999b. Modelling photoperiod and temperature responses of flowering in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Field Crops Research 63, 19–34.
- BERTERO, H.D., KING, R.W., HALL, A.J., 2000. Photoperiod and temperature effects on the rate of leaf appearance in quinoa (*Chenopodium quinoa*). Australian Journal of Plant Physiology 27 (4), 349–356.
- BERTERO, H.D., DE LA VEGA, A.J., CORREA, G., JACOBSEN, S.E., MUJICA, A., 2004. Genotype and genotype-by-environment interaction effects for grain yield and grain size of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as revealed by pattern analysis of international multienvironment trials. Field Crops Research 89 (2–3), 299–318.
- BERTI, M., WILCKENS, R., HEVIA, F., SERRI, H., VIDAL, I., MENDEZ, C., 2000. Fertilización nitrogenada en quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Ciencia e Investigación Agraria 27 (2), 81–90.

- BHARGAVA, A., SHUKLA, S., OHRI, D., 2006. *Chenopodium quinoa* – an Indian perspective. *Industrial Crops and Products*, 23, 73-87.
- BHARGAVA, A., SHUKLA, S., OHRI, D., 2003a. Genetic variability and heritability of selected traits during different cuttings of vegetable *Chenopodium*. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 63 (4), 359–360.
- BHARGAVA, A., SHUKLA, S., OHRI, D., 2003B. Genetic association in *Chenopodium*. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 66 (3), 283–284.
- BHARGAVA, A., SHUKLA, S., KATIYAR, R.S., OHRI, D., 2003c. Selection parameters for genetic improvement in *Chenopodium* grain on sodic soil. *Journal of Applied Horticulture* 5 (1), 45–48.
- CANAHUA, M.A., 1977. Observaciones del comportamiento de quinoa a la sequia. In: Primer Congreso Internacional sobre cultivos Andinos, Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Ayacucho, Peru ,pp. 390–392.
- CARDOZO, A., TAPIA, M.E., 1979. Valor nutritivo. Quinoa y Kaniwa. Cultivos Andinos. In: Tapia, M.E. (Ed.), Serie libros y Materiales educativos, vol. 49. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Bogota, Columbia, pp. 149–192.
- CHILO, G., MOLINA, M.V., CARABAJAL, R., OCHOA, M., 2009. Efecto de La temperatura y salinidad sobre La germinación y crecimiento de plantulas de dos variedades de *Chenopodium quinoa*. *Agriscientia*, vol. XXVI (1): 15-22.
- COSTA. J. F., COSIO. W., CARDENAS. M., YÁBAR, E., GIANOLI E., 2009. Preference of quinoa moth: *Eurysacca melanocampta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) for two varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in olfactometry assays). *Chilean Journal of Agricultural Research* 69 (1): 71-78.
- CUSACK, D., 1984. Quinoa: grain of the Incas. *Ecologist* 14, 21–31.
- DANIELSEN, S., JACOBSEN, S.E., ECHEGARAY, J., AMES, T., 2000. Correlacion entre metodos de evaluacion y perdida de rendimiento en el patosistema quinoa-mildiu. *Fitopatologia* 35 (4), 242–248.
- DELATORRE-HERRERA, J., PINTO, M., 2009. Importance of ionic and osmotic components of salt stress on the germination of four quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) selections. *Chilean Journal of Agricultural Research* 69 (4): 477-485.
- DELGADO, A. I., PALACIOS, J. H., BETANCOURT, C., 2009. Evaluación de 16 genotipos de quinoa dulce (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el municipio de Iles, Nariño (Colombia). *Agronomia Colombiana* 27(2), 159-167.
- ESTRADA, A., LI, B., LAARVELD, B., 1998. Adjuvant action of *Chenopodium quinoa* saponins on the induction of antibodyresponses to intragastric and intranasal administered antigens in mice. *Comparative Immunology Microbiology and Infectious Diseases* 21 (3), 225–236.

- ETCHEVERS, B.J., AVILA, T.P., 1979. Factores que afectan el crecimiento de quinua (*Chenopodium quinoa*) en al centro-sur de Chile. 10th Latin American Meeting Agricultural Sciences.
- FLEMING, J.E., GALWEY, N.W., 1995. Quinoa (*Chenopodium quinoa*). In: Williams, J.T. (Ed.), Cereals and Pseudocereals. Chapman and Hall, London.
- GALWEY, N.W., 1989. Exploited plants—Quinoa. *Biologist* 36 (5), 267–274.
- GALWEY, N.W., LEAKEY, C.L.A., PRICE, K.R., FENWICK, G.R., 1990. Chemical composition and nutritional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Science and Nutrition* 42F, 245–261.
- GANDARILLAS, H., 1979. Botanica. Quinoa y Kaniwa. Cultivos Andinos. In: Tapia, M.E. (Ed.), Serie Libros y Materiales Educativos, vol. 49. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Bogota, Colombia, pp. 20–44.
- GANDARILLAS, H., 1982. Quinoa production. IBTA-CIID (Sierra-Blanca Associates, Denver, CO, 1985).
- GARCIA, M., RAES, D., JACOBSEN, S.E., 2003. Evapotranspiration analysis and irrigation requirements of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in the Bolivian highlands. *Agricultural Water Management* 60, 119–134.
- GIUSTI, L., 1970. El genero *Chenopodium* en Argentina 1: Numeros de cromosomas. *Darwiniana* 16, 98–105.
- GONZALEZ, J.A., ROLDAN, A., GALLARDO, M., ESCUDERO, T., PRADO, F.E., 1989. Quantitative determinations of chemical compounds with nutritional value from Inca crops: *Chenopodium quinoa* ('quinoa'). *Plant Foods Human Nutrition* 39 (4), 331–337.
- JACOBSEN, S.E., SHERWOOD, S.. Cultivos andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. Quito: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Centro Internacional de la Papa (CIP) y Catholic Relief Services (CRS). 2002.
- JACOBSEN, S.E., 1998. Developmental stability of quinoa under European conditions. *Industrial Crops and Products* 7, 169–174.
- JACOBSEN, S.E., 2003. The worldwide potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International* 19 (1–2), 167–177.
- JACOBSEN, S.E., STOLEN, O., 1993. Quinoa—morphology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe. *European Journal of Agronomy* 2 (1), 19–29.

- JACOBSEN, S.E., HILL, J., STOLEN, O., 1996. Stability of quantitative traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Theoretical and Applied Genetic* 93 (1–2), 110–116.
- JACOBSEN, S.E., MONTEROS, C., Christiansen, J.L., Bravo, L.A., Corcuera, L.J., Mujica, A., 2005. Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to frost at various phenological stages. *European Journal of Agronomy* 22 (2), 131–139.
- JACOBSEN, S.E., MUJICA, A., JENSEN, C.R., 2003. The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. *Food Reviews International* 19 (1–2), 99–109.
- JACOBSEN, S.E., QUISPE, H., MUJICA, A., 2001. Quinoa: an alternative crop for saline soils in the Andes. In: *Scientist and Farmer Partners in Research for the 21st Century. CIP Program Report 1999–2000*, pp. 403–408.
- JOHNSON, D.L., WARD, S.M., 1993. In: Janick, J., Simon, J.E. (Eds.), *Quinoa. New Crops*. Wiley, New York, pp. 222–227.
- KOZIOL, M.J., 1992. Chemical composition and nutritional value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis* 5, 35–68.
- KOZIOL, M.J., 1993. IN: JANICK, J., SIMON, J.E. (Eds.), *Quinoa: A Potential New Oil Crop. New Crops*. Wiley, New York, pp. 328–336.
- MASTEBROEK, H.D., LIMBURG, H., GILLES, T., MARVIN, H.J.P., 2000. Occurrence of saponins in leaves and seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80 (1), 152–156.
- MUJICA, A., 1994. Andean grains and legumes. In: Hernando Bermujo, J.E., Leon, J. (Eds.), *Neglected Crops: 1492 from a Different Perspective*, vol. 26. FAO, Rome, Italy, pp. 131–148.
- MUJICA, A., JACOBSEN, S.E., EZQUIERDO, J., MARATHEE, J.P., 2001a. Resultados de la Prueba Americana y Europea de la Quinoa. FAO, UNA-Puno, CIP, p. 51.
- OAKENFULL, D., SIDHU, G.S., 1990. Could saponins be a useful treatment for hypercholesterolaemia? *European Journal of Clinical Nutrition* 44, 79–88.
- OELKE, E.A., PUTNAM, D.H., TEYNOR, T.M., OPLINGER, E.S., 1992. *Alternative field crops manual*. University of Wisconsin Cooperative Extension Service, University of Minnesota Extension Service, Centre for Alternative Plant and Animal Products.
- OGUNGBENLE, H.N., 2003. Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 54 (2), 153–158.

- ORTIZ, R.V., ZANABRIA, E., 1979. Plagas. Quinoa y Kaniwa. Cultivos Andinos. In: Tapia, M.E. (Ed.), Serie Libros y Materiales Educativos, vol. 49. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Bogota, Colombia, pp. 121–136.
- OSHODI, A.A., OGUNGBENLE, H.N., OLADIMEJI, M.O., 1999. Chemical composition, nutritionally valuable minerals and functional properties of benniseed (*Sesamum radiatum*), pearl millet (*Pennisetum typhoides*) and quinoa (*Chenopodium quinoa*) flours. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 50 (5), 325–331.
- POPENOE, H., KING, S.R., LEON, J., KALINOWSKI, L.S., 1989. Lost Crops of the Incas. In: Vietmeyer, N.D. (Ed.), *Little Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation*. National Academy Press, Washington.
- PREGO, I., MALDONADO, S., OTEGUI, M., 1998. Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa*. *Annals of Botany* 82:481–488.
- REPO-CARRASCO, R., ESPINOZA, C., JACOBSEN, S.E., 2003. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International* 19 (1–2), 179–189.
- RISI, J., GALWEY, N.W., 1984. The *Chenopodium* grains of the andes inca crops for modern agriculture. *Advances in Applied Biology* 10, 145–216.
- RISI, J., GALWEY, N.W., 1989a. *Chenopodium* grains of the Andes: a crop for the temperate latitudes. In: Wickens, G.E., Haq, N., Day, P. (Eds.), *New Crops for Food and Industry*. Chapman and Hall, New York.
- RISI, J., GALWEY, N.W., 1989b. The pattern of genetic diversity in the Andean grain crop quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). I. Association between characteristics. *Euphytica* 41, 147–162.
- ROCHA, J.E.S.. Seleção de genótipos de quinoa com características agronômicas e estabilidade de rendimento no Planalto Central: Dissertação de mestrado em Ciências Agrárias. Brasília: UnB; 2008.
- RUALES, J., NAIR, B.M., 1992. Nutritional quality of the protein in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. *Plant Foods for Human Nutrition* 42, 1–12.
- RUALES, J., GRIJALVA, Y., JARAMILLO, P.L., NAIR, B.M., 2002. The nutritional quality of an infant food from quinoa and its effect on the plasma level of insulin-like growth factor-I (IGF-I) in undernourished children. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 53 (2), 143–154.
- SCHULTE-AUF'M-ERLEY, G., KAUL, H.P., KRUSE, M., AUFHAMMER, W., 2005. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa and buckwheat under differing nitrogen fertilization. *Eur. J. Agron.* 22 (1), 95–100.
- SILVESTRI, V., GIL, F., 2000. Alogamia en quinua. Tasa en Mendoza (Argentina). *Revista de la facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo* 32 (1), 71–76.

SOLIZ-GUERRERO, J.B., JASSO DE RODRIGUEZ, D., RODRIGUEZ-GARCIA, R., ANGULO-SANCHEZ, J.L., MENDEZ-PADILLA, G., 2002. Quinoa saponins: concentration and composition analysis. In: Janick, J., Whipkey, A. (Eds.), Trends in New Crops and New Uses. ASHS Press, Alexandria, VA, pp. 110–114.

SPEHAR, C.R., 2006. 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.

SPEHAR, C.R., SANTOS, R.L.B., 2005. Agronomic performance of quinoa selected in the Brazilian Savannah. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 40, n. 6, p. 609-612.

SPEHAR, C.R., ROCHA, J. E. S., SANTOS, R.L.B., 2011. Desempenho agrônômico e recomendações para cultivo de quinoa (Brs Syetetuba) no cerrado. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 145-147, jan/mar. 2011.

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

SANTOS, R.L.B., SPEHAR, C.R., VIVALDI, L., 2003. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) reaction to herbicide residue in a Brazilian Savannah soil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 38, n. 6, p. 771-776.

TAPIA, M.E., 1979. Historia y Distribucion geographica. Quinoa y Kaniwa. Cultivos Andinos. In: Tapia, M.E. (Ed.), Serie Libros y Materiales Educativos, vol. 49. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Bogota, Colombia, pp. 11–15.

TAPIA, M., 1982. The Environment, Crops and Agricultural Systems in the Andes and Southern Peru. IICA.

VACHER, J.J., 1998. Responses of two main Andean crops, quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and papa amarga (*Solanum juzepczukii* Buk.) to drought on the Bolivian Altiplano: significance of local adaptation. Agriculture Ecosystems & Environment 68, 99–108.

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

WARD, S.M., 1998. A new source of restorable cytoplasmic male sterility in quinoa. Euphytica 101, 157–163.

WARD, S.M., 2000. Response to selection for reduced grain saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Field Crops Research 68 (2), 157–163.

WILSON, C., READ, J.J., ABO, K.E., 2002. Effect of mixed-salt salinity on growth and ion relations of a quinoa and a wheat variety. Journal of Plant Nutrition 25 (12), 2689–2704.

WILSON, H.D., 1980. Artificial hybridization among species of *Chenopodium* sect. *Chenopodium*. *Systematic Botany* 5, 253–263.

WILSON, H.D., 1990. Quinoa and relatives (*Chenopodium* sect. *Chenopodium* subsect. *Cellulata*). *Economic Botany* 44, 92–110.

WRIGHT, K.H., HUBER, K.C., FAIRBANKS, D.J., HUBER, C.S., 2002A. Isolation and characterization of *Atriplex hortensis* and sweet *Chenopodium quinoa* starches. *Cereal Chem.* 79 (5), 715–719.

WRIGHT, K.H., PIKE, O.A., FAIRBANKS, D.J., HUBER, C.S., 2002B. Composition of *Atriplex hortensis*, sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. *Journal of Food Sciences* 67 (4), 1383–1385.

ZANABRIA, E., MUJICA, S.A., 1977. Plagas de la quinua. *Curso de Quinoa*, Fondo Simon Bolivar, Ministerio de Alimentación. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Puno, Peru, pp. 129–142.