

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

VANESSA ALINE EGEWARTH

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE
PRODUTIVA DE GENÓTIPOS DE QUINOA**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2016

VANESSA ALINE EGEWARTH

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE
PRODUTIVA DE GENÓTIPOS DE QUINOA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

Orientador: Prof. Dr. Edmar Soares de Vasconcelos

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Márcia de Moraes Echer

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

E29c

Egwarth, Vanessa Aline
Características agrônômicas, adaptabilidade e estabilidade produtiva de
genótipos de quinoa. / Vanessa Aline Egwarth. Marechal Cândido Rondon,
2016.

55 p.

Orientador: Prof. Dr. Edmar Soares de Vasconcelos

Orientadora: Profª. Drª. Márcia de Moraes Echer

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná,
Campus de Marechal Cândido Rondon, 2016

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Agronomia

1. Melhoramento genético. 2. Produtividade. 3. *Chenopodium quinoa*
Willd. I. Vasconcelos, Edmar Soares de. II. Echer, Márcia de Moraes. III.
Universidade Estadual do Oeste do Paraná. IV. Título.

CDD 21.ed. 631.523

CIP-NBR 12899

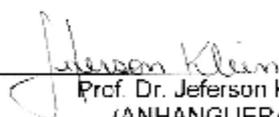
Ficha catalográfica elaborada por Helena Soterio Bejio – CRB 9ª/065

VANESSA ALINE EGEWARTH

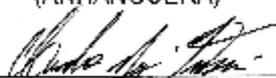
**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, ADAPTABILIDADE E
ESTABILIDADE PRODUTIVA DE GENÓTIPOS DE QUINOA**

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual do Oeste do
Paraná, como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, para obtenção do título
de Magister Scientiae.

APROVADA: 26 de fevereiro de 2016



Prof. Dr. Jeferson Klein
(ANHANGUERA)



Prof. Dr. Claudio Yuji Tsutsumi
(UNIOESTE)



Profª. Dª. Marcia de Moraes Echer
(Coorientadora)
(UNIOESTE)



Prof. Dr. Edmar Soares de Vasconcelos
(Orientador)
(UNIOESTE)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), pela oportunidade de realização do Mestrado.

À coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu Orientador Professor Dr. Edmar Soares de Vasconcelos e, a minha Coorientadora Professora Dr^a. Márcia de Moraes Echer pela orientação.

À todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA) da Unioeste, Campus de Marechal Cândido Rondon, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos membros componentes da banca examinadora, pela avaliação do trabalho, orientação, sugestões e contribuições fornecidas.

Aos meus familiares, em especial ao meu irmão Jonas Francisco Egewarth, pela ajuda, apoio e compreensão.

Aos meus colegas de Mestrado pela convivência e amizade, especialmente ao Silvio Douglas Ferreira, Lucas Guilherme Bulegon, Anderson Luis Heling, Jéssica Hurbanski Laureth e Hugo Franciscon pelo companheirismo, apoio e incentivo.

À Andresa Strenske, aluna de graduação, pela ajuda na condução e avaliação dos experimentos.

E a todos que não foram citados, mas que direta ou indiretamente contribuíram na realização desse trabalho.

*A mente que se abre a uma nova ideia,
jamais voltará ao seu tamanho original.*
(Albert Einstein)

RESUMO

EGEWARTH, Vanessa Aline, Magister Scientiae, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Fevereiro – 2016. **Características agronômicas, adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de quinoa**. Orientador: Edmar Soares de Vasconcelos. Coorientadora: Márcia de Moraes Echer.

O consumo de quinoa vem crescendo no mundo devido seu alto valor nutricional e variabilidade genética, podendo ser uma alternativa na diversificação da produção, entretanto os estudos com a cultura ainda estão restritos à região do cerrado, tornando necessário disponibilizar cultivares adaptadas à região sul do Brasil. Assim, este estudo foi conduzido com o objetivo de caracterizar e analisar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos de *Chenopodium quinoa* Willd pertencentes ao Programa de Melhoramento de Quinoa da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Foram conduzidos quatro experimentos sendo três deles no campo experimental de Entre Rios do Oeste e um em Marechal Cândido Rondon. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, composto de treze (apenas o primeiro experimento) e dezesseis genótipos de *C. quinoa* selecionados dentro das populações de Quinoa Real, Cherry Vanilla, Brilliant Rainbow e Quinoa Orange, em três repetições. Os parâmetros avaliados foram: número de dias para a floração, altura de plantas na floração, ciclo, altura de plantas na maturação, altura de inserção da primeira inflorescência, população de plantas, produtividade, teor de saponina e umidade. Utilizaram-se as metodologias: Eberhart e Russell, Lin e Binns, adaptado por Carneiro, e o Método Integrado para determinação da estabilidade e adaptabilidade fenotípica da produtividade. A altura de plantas na floração variou de 0,75 a 1,09 m e de 0,80 a 0,91 m nos experimentos, respectivamente. No primeiro experimento o genótipo Q13-17, com a maior produtividade, levou apenas 46,57 dias após a semeadura para florescer, sendo tempo inferior à outros onze genótipos. Todos os genótipos avaliados são considerados amargos, apresentam ciclo precoce e altura da primeira inflorescência suficiente para possibilitar a colheita mecanizada. Os genótipos Q13-04, Q13-20, Q13-21, Q13-24 e Q2014 foram classificados como estáveis pelos métodos propostos por Eberhart e Russell e o de Lin e Binns adaptado por Carneiro. Houve concordância entre os métodos de Eberhart e Russell e Integrado para os genótipos Q13-01, Q13-06, Q13-10, Q13-18 e Q13-20, os quais

possuem adaptabilidade geral aos ambientes estudados. Todos os métodos apontaram o genótipo Q13-02 como o de menor adaptabilidade e estabilidade fenotípica, sendo este passível de descarte do Programa de Melhoramento de quinoa. Os genótipos Q13-04, Q13-06, Q13-17, Q13-21 e Q2014 apresentam características agronômicas como potencial produtivo, ciclos precoces, e altura da primeira inflorescência suficiente para possibilitar a colheita mecanizada, além de estabilidade e adaptabilidade fenotípica às condições ambientais da Região Oeste do Paraná, podendo ser lançadas como novas variedades adaptadas à regiões com condições ambientais semelhantes ao do estudo.

Palavras-chave: Melhoramento. Produtividade. *Chenopodium quinoa* Willd.

ABSTRACT

EGEWARTH, Vanessa Aline, Magister Scientiae, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, February – 2016. **Agronomic characteristics, adaptability and stability of genotypes of quinoa.** Advisor: Dr. Edmar Soares de Vasconcelos . Co-Advisors: Dr^a. Márcia de Moraes Echer.

The consumption of quinoa is growing in the world because of its high nutritional value and genetic variability and may be an alternative for the diversification of production, however studies in culture are still restricted to the Cerrado region, making it necessary to provide cultivars adapted to southern Brazil . This study was conducted in order to characterize and analyze the adaptability and stability quinoa Willd genotypes belonging to the Quinoa Improvement Program, State University of Paraná West - UNIOESTE. Four experiments were conducted three of them in the experimental field of Entre Rios do Oeste and one in Rondon. The experimental design was randomized blocks, composed of thirteen (only the first experiment) and sixteen genotypes of C. quinoa selected within populations of Royal Quinoa, Cherry Vanilla, Brilliant Rainbow Quinoa and Orange, in three replications. The parameters evaluated were: number of days to flowering, plant height at flowering, cycle, plant height at maturity, the first inflorescence insertion height, plant population, productivity, saponin content and moisture. the methodologies were used: Eberhart and Russell, Lin and Binns, adapted by Aries, and the Integrated Method for determination of stability and phenotypic adaptability productivity. Plant height at flowering ranged from 0.75 to 1.09 m, and 0.80 to 0.91m in the experiments, respectively. In the first experiment the Q13-17 genotype with higher productivity, only took 46.57 days after sowing to flower, and time below the eleven genotypes. All genotypes are considered bitter, presented early cycle and height of the first inflorescence enough to allow mechanized harvesting. The Q13-04 genotypes, Q13-20, Q13-21, Q13-24 and Q2014 were classified as stable by the methods proposed by Eberhart and Russell and Lin and Binns adapted by Carneiro. There was agreement between the methods of Eberhart and Russell and Integrated for Q13-01 genotypes, Q13-06, Q13-10, Q13-18 and Q13-20, which have high adaptability to the environments studied. All methods showed the Q13-02 genotype as the least adaptability and phenotypic stability, which is subject to disposal quinoa Improvement Program. The Q13-04, Q13-06 genotypes, Q13-17, Q13-21 and Q2014 have

agronomic characteristics such as yield potential, early cycles, and time of the first inflorescence enough to allow mechanized harvesting, as well as stability and phenotypic adaptability to environmental conditions the Western Region of Paraná and may be released as new varieties adapted to areas with environmental conditions similar to the study.

Keywords: Improvement. Productivity. *Chenopodium quinoa* Willd.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE GENÓTIPOS DE QUINOA

Tabela 1 - Altura de plantas na floração (APF) e número de dias para a floração (NDF) de genótipos de quinoa, cultivadas em Entre Rios do Oeste no período de setembro a dezembro de 2014 e de outubro de 2014 a janeiro de 2015 29

Tabela 2 - Altura da primeira inflorescência (API) e altura de plantas na colheita (APC) de genótipos de quinoa, cultivadas em Entre Rios do Oeste no período de setembro a dezembro de 2014 e de outubro de 2014 a janeiro de 2015 30

Tabela 3 - População de plantas de genótipos de quinoa, cultivadas em Entre Rios do Oeste no período de setembro a dezembro de 2014 e de outubro de 2014 a janeiro de 2015 31

Tabela 4 - Número de dias para a colheita (NDC) e produtividade de genótipos de quinoa, cultivadas em Entre Rios do Oeste no período de setembro a dezembro de 2014 e de outubro de 2014 a janeiro de 2015 32

Tabela 5 - Teor de umidade e de saponina de genótipos de quinoa, cultivadas em Entre Rios do Oeste no período de setembro a dezembro de 2014 e de outubro de 2014 a janeiro de 2015 33

ARTIGO 2

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE FENOTÍPICA DE GENÓTIPOS DE QUINOA

Tabela 1 - Resumo da análise de variância conjunta dos dados de produtividade (kg ha^{-1}) de 13 genótipos de quinoa, provenientes de seleções realizadas dentro das populações de Brilliant Rainbow, Cherry Vanilla e Quinoa Real, avaliados nos anos agrícolas de 2014 e 2014/15, em Marechal Cândido Rondon e Entre Rios do Oeste – PR 45

Tabela 2 - Produtividade média de genótipos de quinoa, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, provenientes de seleções realizadas dentro das populações de Brilliant Rainbow, Cherry Vanilla e Quinoa Real, avaliados nos anos agrícolas de 2014 e 2014/15, em Marechal Cândido Rondon e Entre Rios do Oeste – PR 46

Tabela 3 - Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, pelo método proposto por Eberhart e Russel (1966), dos 13 genótipos (média de produtividade kg ha^{-1}) avaliados em quatro ambientes 47

Tabela 4 - Estimativas dos parâmetros de estabilidade fenotípica, pelo método proposto por Lin e Binns (1988), modificada por Carneiro (1998), dos 13 genótipos (média de produtividade kg ha^{-1}) avaliados em quatro ambientes 48

Tabela 5 - Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, pelo método Integrado (2011), dos 13 genótipos (média de produtividade kg ha^{-1}) avaliados em quatro ambientes 50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
1.1.1	A Cultura Da Quinoa.....	2
1.1.1.1	História E Distribuição	2
1.1.1.2	Classificação Botânica, Descrições Da Planta E Fenologia	4
1.1.1.3	Utilizações E Qualidade Nutricional.....	7
1.1.1.4	Exigências Climáticas E Nutricionais.....	8
1.1.1.5	Melhoramento Genético De Quinoa	11
1.1.2	Adaptabilidade E Estabilidade Produtiva	12
1.2	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
2	ARTIGO 1.....	22
2.1	INTRODUÇÃO.....	24
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	26
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
2.4	CONCLUSÕES.....	35
2.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
3	ARTIGO 2.....	39
3.1	INTRODUÇÃO.....	41
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	43
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
3.4	CONCLUSÃO	51
3.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
4	CONCLUSÕES GERAIS.....	55

1 INTRODUÇÃO GERAL

A Região Oeste do Paraná é caracterizada por apresentar pequenas propriedades rurais, nas quais a diversificação da produtividade é de grande importância para garantir a sua sustentabilidade. Neste sentido, a quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) pode ser uma alternativa para a diversificação, pois devido a sua grande variabilidade genética, permite cultivo em diferentes regiões do mundo, sendo ainda, tolerante a condições adversas como seca, geada e a solos salinos.

A cultura apresenta grãos com elevada qualidade nutricional, devido ao seu alto teor de proteína, minerais, vitaminas e presença de todos os aminoácidos essenciais, sendo utilizada principalmente na alimentação humana, e com possibilidade de uso como planta forrageira e biomassa suficiente para proteger o solo em plantio direto, muitas vezes reduzindo os custos da cultura principal (SPEHAR, 2007; VEGAS-GALVEZ et al., 2010). O seu potencial para contribuir com a segurança alimentar mundial foi reconhecida pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) na declaração de 2013 como o Ano Internacional da Quinoa (SMALL, 2013).

Cultivada principalmente no Peru e na Bolívia há mais de 7.000 anos pelos pré-incas e incas, a quinoa cresce desde o norte da Colômbia até o sul do Chile, a partir do nível do mar até 4.000 m de altitude (MUJICA et al., 2000). Atualmente, os dois países são os maiores exportadores e além deles, outros países tem interesse em aumentar sua produção e exportar o produto, tais como Equador, e em menor escala, Chile, Colômbia e Estados Unidos (BAZILE et al., 2014).

O consumo da quinoa vem crescendo no Brasil desde o início das pesquisas com a cultura no país na década de 1990. Entretanto, a área plantada é incipiente e pode ser aumentada, atendendo a demanda que atualmente é suprida pela importação (ROCHA, 2008).

Devido a grande variabilidade ambiental existente no Brasil, as cultivares lançadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), juntamente com a Universidade de Brasília, (BRS Piabiru e BRS Syetetuba), tem seu cultivo limitado à região do cerrado, onde são recomendadas. Por isso, torna-se necessário priorizar a seleção de materiais com maior adaptação á variação

ambiental (SPEHAR; SANTOS, 2005; VASCONCELOS et al., 2012), sendo necessário o uso de estratégias de avaliação para medir os efeitos da interação genótipos x ambientes (BERTERO et al., 2004).

Esses efeitos podem ser quantificados por meio de procedimentos estatísticos, através das análises de adaptabilidade e estabilidade que permitem identificar os genótipos de comportamento mais estável e que respondem previsivelmente às variações ambientais (SILVA; DUARTE, 2006). Portanto, estudos dessa natureza são importantes para o melhoramento da quinoa, uma vez que fornecem informações sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações do ambiente (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1.1 A Cultura Da Quinoa

1.1.1.1 História e Distribuição

A origem e domesticação da quinoa (*C. quinoa*) segundo Nunez (1970), não é bem conhecida. Há relatos de que a cultura já era utilizada em 3000 a.C. no norte do Chile (BAZILE et al. 2014). Uhle (1919) menciona que a origem da domesticação da cultura se deu mais cedo ainda, em 5000 a.C. na região de Ayachuco, no Peru.

Na Argentina os registros mais antigos deste pseudocereal são de 320 ± 230 a.C. a 1130 ± 50 d.C., através de grãos de amido observados nos instrumentos de moagem no sítio de Viscos, em Catamarca (KORSTANJE, 2005).

No altiplano boliviano foram encontrados registros da cultura nas regiões norte, próximo ao lago Titicaca, no centro, nas proximidades dos lagos Popóo e Oruro e no sul, ao redor de Salar de Uyuni. No norte do Chile, Uhle (1919) encontrou restos de quinoa em indivíduos mumificados da cultura Chinchorro, grupos de pescadores, caçadores e coletores que habitavam o litoral antes de 3000 a.C.

Os indícios mais antigos do uso da quinoa foram encontrados no vale de Ñanchoc (Noroeste do Peru), por meio de sementes carbonizadas e secas em fogões datados de 5500 a 6000 a.C. No entanto, a identificação não pode ser confirmada devido a presença de sulcos nas sementes (DILLEHAY et al., 2007).

Mujica e Jacobsen (2006) mencionam que existem ao menos quatro gêneros de *Chenopodium* relacionando a quinoa amplamente distribuída na região sul dos Andes como parentes e progenitores da quinoa atual (*C. carnosolum*, *C. hircinum*, *C. incisum* e *C. petiolare*).

A partir destes genótipos, diversas modificações morfológicas ocorreram com o processo de domesticação para facilitar a sua produção, como a compactação da inflorescência, a perda do mecanismo de deiscência, aumento do tamanho das sementes e a uniformidade de maturação dos frutos (MUJUCA et al., 2001). Houve também a redução da espessura do revestimento da semente, o qual segundo Wilson (1981) impede a germinação precoce e o ataque de insetos. As sementes passaram a ter textura lisa, sem protuberâncias, com pigmentação mais clara, devido a redução da lignificação da epiderme (WILSON, 1981).

O processo de domesticação da quinoa segundo Pearsall (1992) pode ser dividida em quatro etapas. A primeira quando o ancestral diploide, a Kañiwa (*C. pallidicaule*) hibridou criando as primeiras formas de quinoa silvestre tetraploide. A segunda, quando ocorreu o cruzamento de um parente feminino, *C. standleyanum*, proveniente da América temperada, e um parente masculino *C. album* proveniente da Eurásia, dando origem a *C. berlandieri* e *C. hircinum* que foram domesticadas e são as formas ancestrais tetraploides do Novo mundo.

Ainda segundo o autor, a terceira etapa envolveu a diversificação das espécies. Esta etapa foi afetada pela conquista espanhola, que depreciaram o produto por se tratar de “Comida de índio”, mudando padrões alimentares e modernizando a agricultura, e deixando este cultivo em segundo plano (BAZILE; NEGRETE, 2009; BAZILE; THOMET, 2013; THOMET; BAZILE, 2013). A quarta etapa corresponde ao ressurgimento de sua importância e seu auge nos anos 90, mudando sua dinâmica evolutiva e conseqüentemente, difusão em todo o mundo (BAZILE; FUENTES; MUJICA, 2013).

Nos Estados Unidos os experimentos com a quinoa começaram em 1948 a partir de sementes vindas do Chile. Atualmente, os Estados Unidos, juntamente com o Canadá produzem cerca de 10% da produção mundial de quinoa. Na Europa a cultura foi introduzida em 1978, também com germoplasma do Chile, em Cambridge, na Inglaterra, e no vale de Loire, na França. De Cambridge, a quinoa foi distribuída

para Dinamarca, Holanda e outros países da Europa. (JOHNSON; CROISSANT, 1985, GALWEY, 1989, 1993; RISI; GALWAY, 1991; FLEMMING; GALWEY, 1995).

No Brasil, as pesquisas com a cultura iniciaram na década de 1990 pela Embrapa Cerrados em cooperação com a Universidade de Brasília (UnB) (SPEHAR; SOUZA, 1993), onde foram lançados os primeiros genótipos, BRS Piabiru e do BRS Syetuba, adaptados à região do cerrado. Trabalhos com a cultura em outras regiões do país vêm sendo realizados, buscando inserir seu cultivo como forma de incrementar e diversificar a produção agrícola brasileira. Estes buscam selecionar genótipos e estabelecer a melhor data para a semeadura (VASCONCELOS et al., 2012) e a reação da planta a alguns herbicidas (SANTOS; SPEHAR; VIVALDI, 2003).

1.1.1.2 Classificação Botânica, Descrição da Planta e Fenologia

A quinoa é classificada botanicamente como sendo da família *Amaranthaceae*, subfamília *Chenopodiaceae*, gênero *Chenopodium*, e espécie *Chenopodium quinoa* Willd (APG III, 2009).

Sua ampla adaptabilidade a diferentes ambientes e a presença de variabilidade genética nas características de interesse agrônomo é devido sua tetraploidia, por apresentar o número somático de $2n$ ($2n = 4x = 36$ cromossomos), os quais estão arranjados em nove grupos de quatro homólogos (SPEHAR, 2007; RODRIGUEZ; ISLA, 2009).

Mesmo sendo uma planta predominantemente autógama, podem ocorrer cruzamentos naturais em intensidade variável, dependendo do genótipo, proximidade das plantas e presença de agentes polinizadores (SANTOS, 1996). A taxa de alogamia em alguns genótipos pode chegar a atingir 10 % (REA, 1969), em alguns 17%, tal como na variedade “Piartral”, e até 80%, tal como na variedade “Kcancolla” (ROCHA, 2011; SILVESTRI; GIL, 2000; MUJICA-SANCHEZ et al., 2001).

É considerada uma planta de metabolismo fotossintético C3 (MUJICA et al., 2001), herbácea e anual (NARREA, 1976), seu crescimento inicial é lento, acelerando após 30 dias da emergência, com tamanhos variando de 0,2 a 3 metros,

o que depende das condições ambientais e do genótipo (MUJICA-SANCHEZ et al., 2001; SANTOS; SPEHAR; VIVALDI, 2003).

Sua arquitetura, segundo Rojas e Pinto (2013) varia conforme a variedade, o solo e a densidade de semeadura, sendo de quatro formas distintas: simples, ramificado com haste no terço inferior, ramificado com haste no segundo terço e ramificada com panícula principal indiferenciada.

Apresenta raiz pivotante, vigorosa, profunda, podendo atingir até 1,80 metros, bastante ramificada e fibrosa, conferindo a planta resistência a seca e estabilidade. O caule é cilíndrico, de coloração verde a roxo, com estrias (MUJICA-SANCHEZ et al., 2001). Da germinação até o início da floração, a planta pode apresentar coloração em tons verde, púrpura, mista entre verde e púrpura, e vermelha. Quando a planta atinge a maturação fisiológica, a coloração pode variar entre branco, creme, amarelo, alaranjado, rosado, roxo, púrpura, marrom, cinza, preto e tons de verde (ROJAS; PINTO, 2013).

A inflorescência ou panícula alcança de 30 a 80 cm de comprimento por 5 a 30 cm de diâmetro (MUJICA-SANCHEZ et al., 2001). Pode ser do tipo amarantiforme, quando os glomérulos são incorporados diretamente no eixo secundário e tem uma forma alongada, glomerulado, grupos compactos e esféricos com pedicelos curtos e muito juntos, de formato arredondado, ou do tipo intermediária, quando as panículas expressam ambas as características (ROJAS; PINTO, 2013).

As folhas são alternadas, lanceoladas, grandes na parte inferior e pequenas na parte superior da planta, formadas por pecíolo e um limbo que apresenta bordos dentados, serrilhados, ou lisos (MUJICA-SANCHEZ et al., 2001; BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2006). Nas folhas, ocorre a deposição de oxalato de cálcio, que contribui para a retenção de umidade e reflexão de raios solares e controla a temperatura foliar, característica desejável na tolerância da planta à seca (CARBONE-RISI, 1986; MUJICA-SANCHEZ et al., 2001).

Os frutos são pequenos, achatados e sem dormência, do tipo aquênio, sendo secos e indeiscentes na maioria dos genótipos (TAPIA, 1997). Possuem diversas camadas, como perigônio, pericarpo e tegumento (RISI; GALWEY, 1984), de fora para dentro, e pode ser cônico, cilíndrico, elipsoidal, ou lenticular, com saponina concentrada no pericarpo (ROJAS; PINTO, 2013).

Depois de maduros, apresentam rápida germinação na presença de umidade (SPEHAR; SANTOS, 2002). Possuem tamanho variável e ampla diversidade de cores, entre elas o branco, creme, amarelo, alaranjado, rosado, roxo, púrpura, marrom claro, marrom escuro, marrom esverdeado e preto, sendo a preta dominante sobre a vermelha e a amarela, e estas dominantes em relação à branca (RISI ; GALWEY, 1984; CAYOJA, 1996; ROJAS, 2003).

Segundo IBNORCA (2007), a semente de quinoa pode ser classificada em quatro categorias de acordo com o seu diâmetro: tamanho “extra grande” (maiores a 2,20 mm), tamanho “grande” (1,75 a 2,20 mm), tamanho “mediano” (1,35 a 1,75 mm) e tamanho “pequeno (menores a 1,35 mm). O rendimento de grãos por planta pode chegar até 250 gramas, variando conforme genótipo e componentes de rendimento como diâmetro do caule, altura de planta, comprimento e diâmetro de panícula, diâmetro das sementes, entre outros (ROJAS; PINTO, 2013).

Quanto ao ciclo, pode ser classificada em tardia, se mais de 180 dias, semitardios, de 150 a 180, semiprecoces, de 130 a 150, e precoces, menos de 130 dias da semente à maturidade fisiológica (WAHLI, 1990).

Nas condições ambientais dos Andes a quinoa apresenta oito fases fenológicas, com duração variando de acordo com as condições de solo, fatores ambientais e de cultivo sendo elas, segundo Gandarillas (1967):

I - Emergência: quando a plântula emerge do solo e estendem-se as folhas cotiledonares;

II – Duas folhas verdadeiras: quando aparecem as folhas opostas já lanceoladas, mostrando um rápido crescimento das raízes (de 10 a 15 dias após a semente);

III – De quatro a seis folhas verdadeiras: são observadas dois e três pares de folhas verdadeiras expandidas de 25 a 30 e de 35 a 45 dias após a semente, ocorre o desenvolvimento das folhas na gema apical e o início da formação de gemas axilares e as folhas cotiledonares começam a assumir uma coloração amarelada.

IV – Ramificação: ocorre entre 45 a 50 dias após a semente, observam-se oito folhas verdadeiras expandidas com presença da folha axilar observada até o terceiro nó; as folhas cotiledonares caem e deixam cicatrizes no caule, também

ocorre a presença de inflorescência protegida por folhas, sem expor a panícula. Durante esta fase ocorre a amontoa e adubação orgânica.

V – Início do desenvolvimento da panícula: ocorre entre 55 e 60 dias após a semeadura, quando a inflorescência surge a partir do ápice da planta, envolvida por pequenas folhas aglomeradas, juntamente com o aumento do alongamento e espessura da haste da planta. Posteriormente (65 a 75 dias após a semeadura), a inflorescência fica acima das folhas.

VI – Início da floração: ocorre entre 75 a 80 dias após a semeadura, quando a flor hermafrodita apical se abre mostrando os estames separados. Entre 80 a 90 dias após a semeadura a cultura está na fase de floração, quando 50% das flores nas panículas encontram-se abertas. Esta fase é bastante sensível à seca e à geada.

VII – Grão leitoso a pastoso: o fruto apresenta um aspecto leitoso e pastoso, quando pressionado, ocorrendo de 100 a 130 e de 130 e 160 dias após a semeadura. O déficit hídrico é extremamente prejudicial para o enchimento de grãos.

VIII – Maturação fisiológica: o grão apresenta resistência à penetração, quando pressionado pelas unhas, com teor de umidade variando de 14 a 16%, ocorrendo aproximadamente de 160 a 180 dias após a semeadura. Além disso, ocorre o amarelecimento e desfolha completa da planta, sendo que a ocorrência de chuva é prejudicial, devido à perda da qualidade e sabor das sementes.

1.1.1.3 Utilizações e Qualidade Nutricional

A semente de quinoa é altamente nutritiva podendo ser usada para fazer farinha, vitaminas, flocos e álcool (BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2006). O grão pode ser consumido inteiro, cru ou torrado, e outras partes da planta como as folhas mais novas juntamente com os botões florais, (MUJICA-SANCHEZ, 1994).

A parte superior da planta pode ser colhida e consumida similarmente ao espinafre, assim como os botões florais consumidos no início da diferenciação floral. (SOUZA, 2013). Quando o corte é feito pouco antes da floração, em variedades tardias, a planta rebrota e ainda produz grãos (SPEHAR, 2007).

Quando vendida na forma de grãos crus, 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 ou ainda, como forrageira para alimentar o gado, porcos e aves (GALWEY, 1989).

A quantidade de amido na quinoa varia de 51 a 60%, com potencial para ser usado na indústria, por conta dos seus grânulos pequenos (menores que 3 μm de diâmetro) e de sua alta viscosidade (GALWEY et al., 1990; ATWELL et al., 1983).

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), e o teor de magnésio em maiores quantidades em comparação com o trigo e com o milho (RUALES ; NAIR, 1992).

Segundo Bhargava, Shukla e Ohri (2006) a quantidade de óleo na quinoa situa-se entre 1,8 e 9,5%, e é rico nos ácidos graxos essenciais, como o linoléico e o linolênico, com 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 quinoa é o único alimento vegetal que fornece todos os aminoácidos essenciais de forma equilibrada para a vida do ser humano, tais como histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina, treonina, triptofano, valina e principalmente lisina e metionina, (BERTI et al., 2000; MUJICA et al., 2001).

A proteína encontrada no grão de quinoa varia de 7,47 a 22,08%, (CARDOZO; TAPIA, 1979), podendo esta porcentagem variar conforme o teor de saponina presente nas sementes, sendo 28 de 14,8% de proteína na quinoa doce e 15,7% na quinoa amarga (WRIGHT et al., 2002).

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). Para quantificar o teor de saponina nas sementes se aplica a metodologia proposta por Koziol (1990), modificada por Balsamo (2002), na qual, classifica-se como doce a quinoa que apresentar teor de saponina inferior a 0,11% do peso fresco.

1.1.1.4 Exigências Climáticas e Nutricionais

A quinoa possui ampla adaptabilidade à diferentes ambientes e variabilidade genética nas características de interesse agrônomo (SPEHAR, 2007). Por isso, pode ser cultivado em grandes altitudes, em vários tipos de solo, frio extremo, sol quente e sobrevive também em condições de baixa pluviosidade, embora o seu rendimento seja significativamente afetado (BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2006; BRADY et al., 2007).

Para que a cultura tenha um bom rendimento, é necessária temperatura mínima na germinação de 5°C, geadas que não ultrapassem -5 °C e precipitação mínima de 400 mm durante o ciclo. Os solos apropriados para o cultivo são os mesmos que os aptos ao cultivo de cereais de inverno (WAHLI, 1990).

Os principais fatores ambientais que afetam o desenvolvimento da cultura são a temperatura e fotoperíodo, sendo que a importância destes depende da sensibilidade das plantas em cada fase (HALL, 2001). Para Mujuca et al. (2001), a temperatura ideal para o desenvolvimento da cultura está entre 12 e 20 °C, podendo suportar temperaturas inferiores a 8 °C em determinados estádios fenológicos, sendo mais tolerante a baixas temperaturas no estágio de ramificação e mais susceptível no estádios de floração e grão leitoso. Cultivada sob temperaturas mais elevadas, a quinoa apresenta teores mais elevados de gordura e proteína no grão do que a cultivada no Planalto Andino (GOMES, 1999, citado por SPEHAR, 2006).

Quanto ao fotoperíodo é classificada como de dias curtos, tendo seu ciclo afetado quando cultivado em locais de dias longos (SIVORI, 1945, FULLER, 1949). Além disso, a duração de desenvolvimento é sensível à temperatura e os dois fatores interagem para determinar o período em campo (BERTERO et al., 1999).

A quinoa é um cultivo tolerante à seca, possuindo baixa necessidade hídrica, devido a diferentes mecanismos, que são caracterizados por modificações morfológicas, fisiológicas, anatômicas, bioquímicas e fenológicas, atuando como defesa para evitar danos severos e irreversíveis às plantas (OELTKE et al., 1992; MUJICA, et al., 2001).

A irrigação realizada em uma ou algumas etapas críticas durante o desenvolvimento da cultura pode incrementar e estabilizar os rendimentos, principalmente em anos onde as chuvas são pouco frequentes (GARCIA; TABOADA; YUCRA, 2006; PEREIRA; OWEIS; ZAIRI, 2002; GEERTS, 2008).

Em excesso, pode afetar significativamente o rendimento, causando o tombamento e acamamento das plântulas, enquanto que após a cultura estabelecida produz plantas altas sem melhora de rendimento de grãos (OELTKE et al., 1992).

Algumas variedades podem apresentar tolerância a solos salinos, pois a cultura é considerada uma planta halofítica facultativa (BOSQUE et al., 2003). Hariadi et al. (2011) ao testar seis níveis de salinidade durante 70 dias com a cultivar Titicaca, observou um efeito inibidor significativo sobre a germinação de sementes em solos com concentração superior a 400 mM de NaCl, enquanto que o crescimento ótimo das plantas foi obtido entre 100 e 200 mM de NaCl. Resultados semelhantes foram encontrados anteriormente por Jacobsen et al., (2003), que observaram um bom desenvolvimento da cultura sob condições moderadamente elevadas de sal (10-20 dS m⁻¹).

Em relação ao pH do solo, a cultura se desenvolve relativamente bem em diversos tipos de solo, incluindo solos marginais com amplo leque de pH (JACOBSEN ; STOLEN, 1993; TAPIA, 1979), desde solos com pH próximo de 4,5 (Região de Cajamarca, Peru) até solos com pH próximos a 9 (Salar de Uyuni, Bolívia).

A quinoa deve ser semeada de 1 a 2 cm de profundidade, com leve substrato por cima, em sementeiras com solo úmido e argiloso, em terreno nivelado e bem drenado (JACOBSEN, 2003). A cultura desenvolve-se melhor em solos francos, com uma boa drenagem e com alto teor de matéria orgânica, sendo uma planta exigente em nitrogênio e cálcio (MUJICA et al., 2001).

Fautapo (2008) menciona que, para obter um rendimento de 2.566 kg ha⁻¹ de grão, a quinoa necessita de 283 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 48 kg ha⁻¹ de fósforo e 598 kg ha⁻¹ de potássio. Por outro lado, Spehar (2006) recomenda uma adubação de manutenção, baseada na exportação de nutrientes e em um rendimento esperado de 2,5 t ha⁻¹, na seguinte proporção: 50 kg de N, 6 kg 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.

Apesar de ser responsivo a fertilizantes nitrogenados, níveis elevados de nitrogênio podem diminuir a produtividade, em razão do retardamento da maturação e intensa assimilação desse nutriente (OELKE et al., 1992). É conveniente que o nitrogênio seja parcelado, com uma adubação de cobertura após trinta dias da emergência, quando o desenvolvimento da planta é acelerado (SPEHAR, 2006).

Segundo Schulte et al. (2005), o rendimento pode chegar até 3.500 kg ha⁻¹ quando são aplicados ao solo 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

1.1.1.5 Melhoramento Genético de Quinoa

Há milhares de anos atrás homens e mulheres começaram a selecionar sementes e plantas de quinoa em diferentes áreas da região andina, moldando o fenótipo e genótipo da cultura. Há evidências da presença de sementes de espécies selvagens e cultivadas do gênero *Chenopodium* em Ayacucho - Serra Central do Peru, datadas de 5000 a.C., no Complexo Chinchorro no Chile, de 3000 a.C., em sepulturas indígenas de Tarapacá, Calama, Calchaquí-Diaguaita, Tiltil e Quiligua no Chile, no sítio arqueológico de Punta de la Peña 4, camada 3, na cidade de Antofagasta da Sierra, Catamarca, Argentina datada de aproximadamente 760 a 560 a.C. (UHLE, 1919; BOLLAERT, 1860; LATCHMAN, 1936; NUÑEZ, 1970; TAPIA et al., 1979; RODRIGUEZ et.al., 2006; LUMBRERAS et al., 2008).

Para Gandarillas (1979) e Tapia et al. (1979) o melhoramento genético da quinoa iniciou-se na década de 1960 na Estação Experimental de Patacamaya – Bolívia, financiado pela FAO-OXFAM (Oxford Famine Relief) e pelo Governo Boliviano, e no Peru, na Universidade do Altiplano – Puno. Atualmente o melhoramento da quinoa é realizado em muitos países e continentes.

Inicialmente, os objetivos do melhoramento nas décadas de 60 e 70, eram obter maiores rendimentos, sementes grandes e livres de saponina, caule simples, ereto, sem ramificações, panícula definida, tolerância à doenças e qualidades culinárias (GANDARILLAS, 1979). Já nas décadas de 80 e 90 os objetivos incluíram precocidade, grãos de cor preta, roxo e tolerância ao míldio. Dos anos 2000 à 2010 foram incluídos a tolerância ao granizo e a seca, além da qualidade nutricional, industrial e variedades passíveis de colheita mecanizada (BAZILE et al., 2014).

Para a produção comercial no Brasil, é desejável que a quinoa apresente rapidez de crescimento, ausência de acamamento, insensibilidade ao fotoperíodo, baixa ramificação, indeiscência do perigônio e das sementes, ciclos precoces e maturação uniforme. Os genótipos devem apresentar ciclos variados, elevado rendimento de grãos e biomassa, sementes com qualidade e peso de 1.000 grãos entre 2 e 3,5 g (SPEHAR; SANTOS, 2002).

Devido a grande variabilidade ambiental existente no Brasil, é necessário priorizar a seleção de materiais com maior adaptação dos genótipos a variação ambiental (SPEHAR; SANTOS, 2005; VASCONCELOS et al., 2012), sendo necessário o uso de estratégias de avaliação para medir os efeitos da interação genótipos x ambientes (BERTERO et al., 2004).

1.1.2 Adaptabilidade e Estabilidade Produtiva

A adaptabilidade é a capacidade de o indivíduo sobreviver, crescer e se reproduzir nas condições ambientais do local de introdução, dependente de uma série de influências bióticas e de interações edafoclimáticas (LOPEZ; FORNÉS, 1997). Por outro lado, estabilidade é a capacidade de um genótipo exibir um desempenho o mais constante possível, em função de variações na qualidade ambiental (LAVORANTI, 2003).

O uso de cultivares com ampla adaptabilidade e boa estabilidade é uma das alternativas para amenizar a influência da interação genótipos x ambientes (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Desta forma, a análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica tem por objetivo identificar genótipos de comportamento previsível e que respondam às variações ambientais em condições específicas ou amplas. Para isso, são utilizadas metodologias específicas que vão de acordo com os dados experimentais, como por exemplo, o número de ambientes disponíveis, a precisão requerida e o tipo de informação que se deseja (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Eberhart e Russell (1966) propuseram uma metodologia na qual ajustaram uma regressão linear simples da variável dependente em relação ao índice ambiental para cada genótipo e, além disso, consideram também o desvio da regressão para a estimativa da estabilidade da produção (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

No método de Lin e Binns (1988) utiliza-se o quadrado médio da distância entre a média do cultivar e a resposta média máxima para todos os ambientes para estimar a performance genotípica (P_i), ponderando assim, os desvios de comportamento dos cultivares nos ambientes, levando em consideração o rendimento do genótipo e a resposta relativa a um genótipo hipotético.

Posteriormente, Carneiro (1998) sugeriu a decomposição do estimador P_i nas partes devido a ambientes favoráveis e desfavoráveis.

O método do Centróide (ROCHA et al., 2005) consiste da comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos e pontos referenciais (ideótipos), criados com base nos dados experimentais. Contudo em sua proposta original, não está contemplado a análise da estabilidade dos genótipos, a qual só passou a ser contemplada pelo Método Integrado de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica (VASCONCELOS et al., 2011).

Metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade são comparadas e discutidas em diversas culturas (CARBONELL et al., 2001; PRADO, 2001; CAIERÃO, 2006; GOMES et al., 2007; CARGNELUTTI FILHO, 2009). Na cultura da soja, boa parte deles utilizam as metodologias baseadas em regressão linear como o método de Eberhart e Russell (PELUZIO, et al., 2010; CARVALHO, et al., 2013; POLIZEL, et al., 2013). Outros métodos também como o de AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Model) proposto por Zobel et al. (1988), é utilizado para a cultura assim como as metodologias não paramétricas Lins e Binns (1988) e a de Annicchiarico (1992). Já para a quinoa, Choquehuanca e Torres (2009), utilizaram o modelo proposto por Finlay e Wilkinson (1963) para avaliar a adaptabilidade e estabilidade da cultura no altiplano peruano.

1.2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 46, n. 1, p. 269-278, 1992.

APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, p. 105-121, 2009.

ATWELL, W. A.; PATRICK, B. M.; JOHNSON, L. A.; GLASS, R. W. Characterization of quinoa starch. **Cereal Chemistry**, v. 60, n. 1, p. 9-11, 1983.

BALSAMO, M. Desarrollo y evaluación de un método afrosimétrico mecánico para la determinación de saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa Willd*). 2002. 182 f. Trabalho de conclusão de curso (Ingeniero en Industrias alimentarias) - Universidad Nacional Agraria La Molina, La Molina, 2002.

BAZILE, D.; SEPULVEDA, J. N. Quinoa y biodiversidad: Cuáles son los desafíos regionales?. **Revista geográfica de Valparaíso**, v. 42, n. 2, p. 1-141, 2009.

BAZILE, D. et al. **Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013**: FAO (Santiago de Chile) e CIRAD, (Montpellier, Francia), 2014. 724 p.

BAZILE, D.; FUENTES, F.; MUJICA, A. Historical perspectives and domestication. In : BHARGAVA, A.; SRIVASTAVA, S. **Quinoa**: Botany, production and uses. Wallingford : CABI, 2013, cap 2, p.16-35.

BAZILE, D.; THOMET, M. The “curadoras” in the conservation of the Mapuche quinoa in southern Chile. In: CHRISTINCK, A.; PADMANABHAN, M. (eds). **Cultivate Diversity! A handbook on transdisciplinary approaches to agrobiodiversity research**. Germany: Margraf Publishers, 2013, p. 104.

BERTERO, H. D.; DE LA VEGA, A. J.; CORREA, G.; JACOBSEN, S. E.; MUJICA, A. 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**, v. 89, n.2, p. 299-318, 2004.

BERTERO, H. D.; KING, R. W.; HALL, A. J. Modelling photoperiod and temperature responses of flowering in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Field Crops Research**, v. 63, n. 1, p. 19-34, 1999.

BERTERO, H. D.; KING, R. W.; HALL, A. J. Photoperiod and temperature effects on the rate of leaf appearance in quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 27, n. 4, p. 349-356, 2000.

BERTI, M.; WILCKENS, R.; HEVIA, F.; SERRI, H.; VIDAL, I.; MENDEZ, C. Fertilización nitrogenada en quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Ciencia e Investigación Agraria**, v. 27, n. 2, p. 81-90, 2000.

BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. *Chenopodium quinoa* - An Indian perspective. **Industrial Crops and Products**, v. 23, n. 1, p. 73-87, 2006.

BOLLAERT, W. **Antiquarian ethnological and other researches in New Granada, Ecuador, Peru and Chile**, London: Trübner & Co. 1960, 324 p.

BOSQUE, H. R.; LEMEURE, P.; VAN DAMME, E. JACOBSEN, S. D. Ecophysiological analysis of drought and salinity stress of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Food Reviews Internacional**, v. 19, p. 111-119, 2003.

BRADY, K.; HO, C.; ROSEN, R.; SANG, S.; KARWE, M. Effects of processing on the nutraceutical profile of quinoa. **Food Chemistry**, v.100, n.3, p.1209-1216, 2007.

CAIERÃO, E.; SILVA, M. S.; SCHEEREN, P. L.; DEL DUCA, L. de J. A.; NASCIMENTO JUNIOR, A. do.; PIRES, J. L. Análise da adaptabilidade e da estabilidade de genótipos de trigo como ferramenta auxiliar na recomendação de novas cultivares. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 36, n. 4, p. 1112-1117, 2006.

CARBONELL, S. A. M.; AZEVEDO FILHO, J. A. de; DIAS, L. A. dos S.; GONÇALVES, C.; ANTONIO, C. B. Adaptabilidade e estabilidade de produção de cultivares e linhagens de feijoeiro no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 60, n. 2, p. 69-77, 2001.

CARBONE-RISI, J.J.M. **Adaptation of the Andean grain crop quinoa for cultivation in Britain**. 1986. 123 f. Tese (Doutorado) - University of Cambridge, Cambridge, Cambridge, 1986.

CARDOZO, A.; TAPIA, M. E. Valor nutritivo. Quinoa y Kaniwa. Cultivos Andinos. In: TAPIA, M. E. (Ed.), **Serie libros y Materiales educativos**. Bogotá: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1979. v. 49, p. 149-192.

CARGNELUTTI FILHO, A. STORCKI, L.; RIBOLDIII, J.; GUADAGNIN, J. P. Associação entre métodos de adaptabilidade e estabilidade em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n. 2, p. 340-347, 2009.

CARNEIRO, P. C. S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. 1998. 168 f. Tese (Doutorado Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

CARVALHO, E. V.; PELUZIO, J. M.; SANTOS, W. F. dos; AFFÉRI, F. S.; DOTTO, M. A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja no Tocantins. **Revista Agroambiente**, Boa Vista, v. 7, n. 2, p. 162-169, 2013.

CAYOJA, M. R. Caracterización de variables contínuas y discretas del grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) del banco de germoplasma de la Estación Experimental Patacamaya. 1996. 129 f. Tese (Lic. en Agronomía) - Universidad Técnica Oruro, Facultad de Agronomía, Oruro, 1996.

CHOQUEHUANCA, V.; TORRES, L. **Estabilidad y comportamiento de variedades y ecotipos de quinua orgánica en tres localidades del altiplano puno**. Disponível em: [http://www.infoquinua.bo/fileponencias/a_CHOQUEHUANCA%20Vicente%20%20ESTABILIDAD%20Y%20COMPORTAMIENTO%20DE%20VARIEDADES\(Agro\).pdf](http://www.infoquinua.bo/fileponencias/a_CHOQUEHUANCA%20Vicente%20%20ESTABILIDAD%20Y%20COMPORTAMIENTO%20DE%20VARIEDADES(Agro).pdf) Acesso em 15 de julho de 2014.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2012. v. 1, 514 p.

DILLEHAY T. D.; ROSSEN, J.; ANDRES, T. C.; WILLIAMS, D. E. Pre-ceramic Adoption of Peanut, Squash, and Cotton in Northern Peru. **Science**, v. 316, n. 5833, p. 1890-1893, 2007.

EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v. 6 n. 1, p. 36-40, 1966.

FAUTAPO. **Estudio de suelos del área productora de quinua Real Planalto sur boliviano**. Bolívia: Sucre, 2008. 153 p.

FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N.; The analysis of adaptation in a plant breeding programme. **Australian Journal Agricultural Research**: East Melbourne, v.14, n. 6, p.742-754, 1963.

FLEMING, J. E., GALWEY, N. W. Quinoa (*Chenopodium quinoa*). In: WILLIAMS, J. T., (ed). **Cereals and Pseudocereals**. London: Chapman & Hall, 1995. p. 3-83.

FÜLLER, H. J. Photoperiodic responses of *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus caudatus*. **American Journal of Botany**, v. 36, n. 2, p. 175-180, 1949.

GALWEY, N. W. Exploited plants quinoa. **Biologist**, v. 36, n. 1, p. 267-274, 1989.

GALWEY, N. W. The potential of quinoa as a multi-purpose crop for agricultural diversification: a review. **Industrial Crops and Products**, v. 1, n. 1, p. 101-106, 1993.

GALWEY, N. W.; LEAKEY, C. L. A.; PRICE, K. R.; FENWICK, G. R. Chemical composition and nutritional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Food Science and Nutrition**, v. 43. n. 2, p. 245–261, 1990.

GANDARILLAS, H. Botanica. In: TAPIA, M. E. **Quinoa y Kaniwa. Cultivos Andinos. Serie Libros y Materiales Educativos**. Bogotá: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1979, p. 20–44.

GANDARILLAS, H. 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, 1967, v. 9, p. 20-44.

GARCIA, M.; TABOADA, C.; YUCRA, E. **Evaluación de las tendencias Del balance Hídrico como indicador del Cambio Climático**. Ministerio de Planificación del Desarrollo, Reino de los países Bajos. La Paz Bolivia, 2006, 42 p.

GEERTS, S. **Deficit irrigation strategies via crop water productivity modeling: Field research of quinoa in the Bolivian Altiplano**. 2008. 233 f. Tese (Doctorado) - Universidad de Lovaina, Bélgica, 2008.

GOMES, L. R.; SANTOS, R. C. dos; ANUNCIACÃO FILHO, C. J. da; MELO FILHO, P. de A. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de amendoim de porte ereto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 7, p. 985-989, 2007.

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. 7, p. 185-193, 2011.

IBNORCA. Granos Andinos – Quinoa em grano – Clasificación y requisitos. **NB 312004**. Norma Boliviana. Instituto Boliviano de Normalización y Calidad – IBNORCA. Julio, 2007.

JACOBSEN, S. E. The worldwide potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Food Reviews International**, v. 19, n.1, p. 167-177, 2003.

JACOBSEN, S.E.; STOLEN, O. Quinoa - morphology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe. **European Journal of Agronomy**, v. 2, n. 1, p. 19-29, 1993.

JOHNSON, D. L.; CROISSANT, R. L. **Quinoa Production in Colorado**. Service-In-Action n. 112. Fort Collins, Colorado: Colorado State University Cooperative Extension, 1985.

KOZIOL, M. Desarrollo del Método para determinar el contenido de saponinas en la quinua. In: Wahli, C. **Quinoa, hacia su cultivo comercial**. Quito: Latinreco S.A. p. 175-185, 1990.

LATCHMAN R. R. **La Agricultura Precolombina en Chile y los países vecinos**. Ediciones de La Universidad de Chile, Santiago, 1936, 336 p.

LAVORANTI, O. J. **Estabilidade e adaptabilidade fenotípica através da reamostragem “bootstrap” no modelo AMMI**. 2003. 166 p. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agronômica) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, n. 1, p. 193-198, 1988.

LÓPEZ, C. R.; FORNÉS, L. F. Estabilidade genética em progênies de *Eucalyptus grandis* (Hill) ex Maiden. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, 1997, Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA, 1997. v. 1, p. 163-168.

LUMBRERAS L. G.; KAULICKE, P.; SANTILLANA, J. I.; ESPINOZA, W. Economía Prehispanica (Tomo 1). In CONTRERAS, C. **Compendio de Historia Económica del Perú**. Banco Central de Reserva del Perú. IEP. Instituto de Estudios Peruanos, 2008, p. 53-77.

MASTEBROEK, H. D.; LIMBURG, H.; GILLES, T.; MARVIN, H. J. P. Occurrence of saponin in leaves and seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 1, p. 152-156, 2000.

MUJICA, A. Andean grains and legumes. In: HERNANDO BERMUJO, J.E., LEON, J. (Eds.), **Neglected Crops: 1492 from a Different Perspective**, v. 26. FAO, Rome, Italy, 1994. p. 131-148.

MUJICA, A.; ORTIZ, J.; JACOBSEN, S. E. Uso potencial de *Chenopodium carnosolum* Moq. en zonas áridas. In: Congreso Internacional de Zonas áridas. **Resúmenes II**, pp.16-21. 2000.

MUJICA, A.; JACOBSEN, S. E. **La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y sus parientes silvestres.** La Paz, p. 449-457, 2006.

MUJICA, A.; JACOBSEN, S.E.; EZQUIERDO, J.; MARATHEE, J.P. **Resultados de la Prueba Americana y Europeas de la Quinua.** FAO, UNA-Puno, CIP, p.51, 2001.

NARREA, R. A. Lá producción de quinua em El Perú. PP 32-34. In: **II Convención Inter.** Quenopodiáceas, IICA, Inf., Conf., Cursos Reuniones, n. 96, Potosí, Bolívia, 1976.

NUÑEZ, L. **La Agricultura prehistórica en lós Andes Meridionales.** Santiago: Editorial Orbe. 1970, 197 p.

OELKE, E.A.; PUTNAM, D.H.; TEYNOR, T.M.; OPLINGER, E.S. **Alternative field crops manual.** University of Wisconsin Cooperative Extension Service, University of Minnesota Extension Service, Centre for Alternative Plant and Animal Products, 1992.

PEARSALL, D.M. The origins of plant cultivation in South America. In: COWAN C. W.; WATSON, P.J. **The origins of agriculture.** Washington: Smithsonian Institution Press, 1992. p 173–205.

PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; MONTEIRO, F. J. F.; MELO, A. V. de.; PIMENTA, R. S. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em várzea irrigada no Tocantins. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 427-434, 2010.

PEREIRA, L. S.; OWEIS, T.; ZAIRI, A. Irrigation management under water scarcity. **Agricultural Water Management**, v. 57, n. 3, p. 165-206, 2002.

POLIZEL, C. A.; JULIATTI, F. C.; HAMAWAKI, O. T.; HAMAWAKI, R. L.; GUIMARÃES, S. L. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja no estado do Mato Grosso. **Biosciencia Jornal**, Uberlândia, MG, v. 29, n. 4, p. 910-920, 2013.

PRADO, E. E.; HIROMOTO, D. M.; GODINHO, V. P. C.; UTUMI, M. M.; RAMALHO, A. R. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 4; p. 625-635, 2001.

REA, J. Biología floral de la quinua (*Chenopodium quinoa*). **Turrialba**, v. 19, n. 1, p. 91-96, 1969.

REPO-CARRASCO, R.; ESPINOZA, C.; JACOBSEN, S. E. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). **Food Reviews International**, v. 19, n. 1, p. 179-189, 2003.

RISI, J.; GALWEY, N. W. The *Chenopodium* grains of the andes inca crops for modern agriculture. **Advances in Applied Biology**, v. 10, n. 1, p. 145-216, 1984.

RISI, J.; GALWAY, N. W. Genotype X Environment Interaction in the Andean grain crop quinoa (*C. quinoa*) in temperate environments. **Plant Breeding**, v. 107, n. 2, p. 141-147, 1991.

ROCHA, J. E. S. **Controle genético de caracteres agrônômicos em quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)**. 2011. 166 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

ROCHA, J.E.S. **Seleção de genótipos de quinoa com características agrônômicas e estabilidade de rendimento no Planalto Central**. 2008. 127 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

ROCHA, R. B.; MURO-ABAD, J. I.; ARAÚJO, E. F.; CRUZ, C. D. Avaliação do método do Centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 15, n. 3, p. 255-266, 2005.

RODRIGUES, 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.

RODRÍGUEZ, M. F.; AGRASAR, Z. E. R. de; ASCHERO, C. A. El uso de las plantas en unidades domésticas del Sitio arqueológico Punta de la Peña 4, Puna Meridional Argentina. Chungara. **Revista de Antropología Chilena**, v. 38, n. 2, p. 257-271, 2006.

ROJAS, W. Multivariate analysis of genetic diversity of Bolivian quinoa germplasm. **Food Reviews International**, v. 19, n. 1, p. 9-23, 2003.

ROJAS, W.; PINTO, M. La diversidad genética de quinua de Bolivia. En: VARGAS, M. Congreso Científico de la Quinoa (Memorias). La Paz, Bolivia. 2013. p 77-92.

RUALES, J.; NAIR, B. M. Nutritional quality of the protein in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 42, n. 1, p. 1-12, 1992.

SANTOS, R. L. B. **Estudos iniciais para o cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) nos Cerrados**. 1996. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, 1996.

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

SCHULTE auf'm ERLEY, G.; KAUL, H. P.; KRUSE, M.; AUFHAMMER, W. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudo cereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. **European Journal of Agronomy**, v. 22, n. 1, p. 95-100, 2005.

SILVA, W. C. J. E; DUARTE, J. B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 23-30, 2006.

SILVESTRI, V.; GIL, F. Alogamia en quinua. Tasa en Mendoza (Argentina). **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**, v. 32, n. 1, p. 71-76, 2000.

SIVORI, E. M. Fotoperiodismo em *Chenopodium quinoa*. Reacción de la cigota y gametofito femenino. **Darwiniana**, v. 7, n. 4, p. 541-549, 1945.

SMALL, E. Quinoa – is the United Nations' featured crop of 2013 bad for biodiversity? **Biodiversity**, v. 14, n. 3, p. 169-179, 2013.

SOUZA, F. F. J. **Physiological quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds stored at different environments and containers**. 2013. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2013.

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

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

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) BRS Piabiru – Alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 589-593, 2002.

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

SPEHAR, C. R.; SOUZA, P. I. M. Adaptação da quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ao cultivo nos cerrados do Planalto Central: Resultados preliminares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 5, p. 635-639, 1993.

TAPIA, M. **Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación**. Santiago, Chile: Oficina Regional de la FAO para la América Latina y Caribe, 1997, 217 p.

THOMET M.; BAZILE D. The role of “curadoras” in the conservation of quinoa varieties in the Mapuche communities in southern Chile. In :COUDEL, E.; DEVAUTOUR, H.; SOULARD, C.; FAURE, G.; HUBERT, B. **Renewing innovation systems in agriculture and food**: How to go towards more sustainability?. Wageningen : Wageningen Academic Publishers, 2013. p. 174-175.

UHLE, M. La arqueología de Arica y Tacna. **Boletín de la Sociedad Ecuatoriana de Estudios Históricos Americanos**, v. 3, n. 7, p. 1-48, 1919.

VASCONCELOS, E. S.; REIS, M. S.; CRUZ, C. D.; SEDIYAMA, T.; SCAPIM, C. A. Integrated method for adaptability and phenotypic stability analysis. **Revista Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 251-257, 2011.

VASCONCELOS, F. S., VASCONCELOS, E. S., BALAN, M. G.; SILVERIO, L. Development and productivity of quinoa sown on different dates during the offseason. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 510-515, 2012.

VEGA-GÁLVEZ, A.; MIRANDA, M.; VERGARA, J.; URIBE, E.; PUENTE, L.; MARTÍNEZ, E. A. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, n. 15, p. 2541-2547, 2010.

WILSON, H. Domesticated *Chenopodium* of the Ozark Bluff Dwellers. **Economic Botany**, v. 35, n. 2, p. 233-239, 1981.

WRIGHT, K. H.; PIKE, O. A.; FAIRBANKS, D. J.; HUBER, C. S. Composition of *Atriplex hortensis*, sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 4, p. 1383-1385, 2002.

ZOBEL, R.W.; WRIGHT, M.J.; GAUCH, H.G. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, v. 80, n. 3, p. 388-393, 1988.

2 ARTIGO 1

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE GENÓTIPOS DE QUINOA

Resumo

O consumo de quinoa vem crescendo no mundo devido seu alto valor nutricional e variabilidade genética, porém ainda são necessários estudos mais aprofundados sobre seu desenvolvimento no Brasil. Assim, este trabalho teve por objetivo caracterizar o desenvolvimento de dezesseis genótipos de *Chenopodium quinoa*, cultivados na região oeste do Paraná. Foram conduzidos dois experimentos, no período setembro a dezembro de 2014 e de outubro de 2014 a janeiro de 2015. Os parâmetros avaliados foram: número de dias para a floração, altura de plantas na floração, ciclo, altura de plantas na maturação, altura de inserção da primeira inflorescência, população de plantas, produtividade, teor de saponina e umidade. A altura de plantas na floração variou de 0,75 a 1,09 m e de 0,80 a 0,91 m nos experimentos, respectivamente. No primeiro experimento o genótipo Q13-17, com a maior produtividade, levou apenas 46,57 dias após a semeadura para florescer, sendo tempo inferior à outros onze genótipos. Todos os genótipos avaliados são considerados amargos, apresentam ciclo precoce e altura da primeira inflorescência suficiente para possibilitar a colheita mecanizada. Os genótipos Q13-17, Q13-21, Q13-04 e Q12-23, apresentaram potencial produtivo para continuarem sendo avaliados, visando selecionar cultivares adaptadas as condições ambientais da Região Oeste do Paraná.

Palavras-chave: *Chenopodium quinoa* Willd, Melhoramento genético, Produtividade.

AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF QUINOA GENOTYPES

Abstract

The consumption of quinoa is growing in the world because of its high nutritional value and genetic variability, but are still required further study on its development in Brazil. This work aimed to characterize the development of sixteen genotypes of quinoa grown in the western region of Paraná. Two experiments were conducted in the period September to December 2014 and October 2014 to January 2015. The parameters evaluated were: number of days to flowering, plant height at flowering, cycle, plant height at maturity, height insertion of the first inflorescence, plant population, productivity, saponin and moisture content. Plant height at flowering ranged from 0.75 to 1.09 m, and 0.80 to 0.91m in the experiments, respectively. In the first experiment the Q13-17 genotype with higher productivity, only took 46.57 days after sowing to flower, and time below the eleven genotypes. All genotypes are considered bitter, presented early cycle and height of the first inflorescence enough to allow mechanized harvesting. The genotypes Q13-17, Q13-21, Q13-04 and Q12-23 showed productive potential to continue to be evaluated in order to select cultivars adapted to the environmental conditions of the Western Region of Paraná.

Keywords: *Chenopodium quinoa* Willd. Breeding. Productivity.

2.1 INTRODUÇÃO

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) possui como centro de diversidade a região andina, sendo uma planta da família *Chenopodiaceae* (BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2006). É um pseudocereal, também conhecida como pseudo-oleginosa, cujo principal campo de uso é a alimentação, podendo ser utilizadas todas as partes da planta (LEÓN; ROSELL, 2007; MADL et al., 2006).

Seu consumo vem sendo recomendado em nível mundial, uma vez que apresenta alto valor nutricional e adaptabilidade à várias regiões do mundo, a qual, torna-se uma excelente alternativa para elevar a segurança alimentar, especialmente em países onde o acesso às fontes de proteínas é limitado, ou onde as condições ambientais impedem a produção de alimentos (FAO, 2011).

Apresentar como principal característica todos os aminoácidos essenciais à alimentação humana, destacando-se a abundância de lisina e metionina, além de elevados teores de proteína (JANICK; SIMON, 1993). No entanto, tem como desvantagem para a alimentação humana a presença de saponina (substância amarga que causa sabor adstringente), a qual pode ser facilmente retirada com lavagem. Por outro lado, a saponina têm imensa importância industrial, sendo utilizada na preparação de sabões, detergentes, xampus, cervejas, extintores de incêndio, fotografias, cosméticos e na indústria farmacêutica, além de conferir uma defesa química contra pragas (RISI ; GALWEY, 1984; JANICK; SIMON, 1993).

A quinoa é uma planta anual, herbácea com folhas alternadas e pecioladas, cuja cor pode variar de verde à púrpura e sistema radicular profundo e pivotante (SPEHAR; SANTOS, 2002). Pode atingir de 0,2 a 3,0 metros de altura, dependendo do genótipo e das condições ambientais e seu ciclo, variar em função da latitude e altitude de origem/local, sendo classificada como planta de dias curtos. No Brasil Central seu ciclo pode variar de 80 a 150 dias (MUJICA-SANCHEZ et al., 2001; SPEHAR; SANTOS, 2002).

É uma planta alotetraplóide com predominância em autogamia, podendo ocorrer cruzamentos naturais de intensidade variável, dependendo da presença de agentes polinizadores, da proximidade de plantas e do genótipo (SANTOS, 1996; SPEHAR, 2007). Sua tetraploidia e variabilidade genética podem ser a explicação da

ampla adaptabilidade da cultura a diferentes ambientes (SPEHAR, 2007; RODRIGUEZ; ISLA, 2009).

Para a produção comercial no Brasil, é desejável que a quinoa apresente rapidez de crescimento, ausência de acamamento, insensibilidade ao fotoperíodo, baixa ramificação, indeiscência do perigônio e das sementes, ciclos precoces e maturação uniforme. Os genótipos devem apresentar ciclos variados, elevado rendimento de grãos e biomassa, sementes com qualidade e massa de 1.000 grãos entre 2 e 3,5 g (SPEHAR; SANTOS, 2002). Devido a grande variabilidade ambiental existente no Brasil, é necessário priorizar a seleção de materiais com maior adaptação à variação ambiental (SPEHAR; SANTOS, 2005; VASCONCELOS et al., 2012).

Neste sentido, observa-se a necessidade de disponibilizar aos agricultores cultivares de quinoa que apresentem maior potencial produtivo às condições da Região Oeste do Paraná. Desta forma, este trabalho teve por objetivo avaliar as características relacionadas a produção de dezesseis genótipos de *Chenopodium quinoa* pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético de Quinoa da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste).

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Estação Experimental Alcibíades Luiz Orlando, no município de Entre Rios do Oeste, localizado 54°14' Oeste e 24°43' Sul, com altitude de 260m, sendo esta área pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – *Campus* Marechal Cândido Rondon. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfa (mesotérmico úmido subtropical de inverno seco e verões quentes, com temperaturas médias anuais variando entre 17 e 19 °C e precipitações totais entre 1200 a 2000 mm bem distribuídos durante o ano) (CAVIGLIONE et al., 2000). Enquanto que o solo é caracterizado como um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico (LVef), de textura muito argilosa e possuindo boa drenagem (SANTOS et al., 2013).

Foram conduzidos dois experimentos, ambos em delineamento experimental de blocos ao acaso, composto de dezesseis genótipos de *C. quinoa* em três repetições. Os genótipos foram oriundos de seleções anteriormente realizadas no Programa de Melhoramento de Quinoa da UNIOESTE, a partir de populações de Quinoa Real, Cherry Vanilla, Brilliant Rainbow e Quinoa Orange. Os genótipos avaliados foram: Q12-23, Q13-01, Q13-02, Q13-03, Q13-04, Q13-06, Q13-07, Q13-10, Q13-17, Q13-18, Q13-20, Q13-21, Q13-24, Q13-31, Q seleção-1 e Q2014.

As parcelas foram constituídas de quatro linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas em 0,35 m. Como parcela útil foram considerados as duas linhas centrais, deixando-se 0,5 m nas extremidades e uma linha de cada lado como bordadura, totalizando 2,8 m² úteis.

A implantação dos experimentos ocorreu nos dias 22 de setembro e 22 de outubro de 2014, sendo a semeadura realizada de forma manual, em sistema convencional, tendo o solo sido previamente preparado com gradagem e aração. A adubação de base utilizada foi de 260 kg ha⁻¹ do formulado 10-15-15, sendo o adubo disposto 5 cm abaixo das sementes. A densidade de semeadura para ambos os experimentos foi de 75 sementes por metro linear, totalizando 2.000.000 de plantas por ha. O controle de plantas daninhas foi realizado sempre que necessário, através de capina manual. Não houve a necessidade de se fazer o controle de pragas e doenças em ambos os experimentos.

Durante o desenvolvimento da cultura foram avaliados os parâmetros número de dias para a floração, altura de plantas na floração, número de dias para a maturação (ciclo), altura de plantas na maturação, altura de inserção da primeira inflorescência e população de plantas.

Para determinação do número de dias para a floração considerou-se quando aproximadamente 50% das plantas da parcela útil apresentava pelo menos uma flor aberta e para determinação do número de dias para a maturação foi considerado quando pelo menos 95% das sementes apresentavam-se maduras.

A altura das plantas foi avaliada medindo dez plantas ao acaso dentro da parcela útil, a partir da superfície do solo até a extremidade da planta, na época da floração e da maturação, enquanto que para a altura da primeira panícula foi avaliada a média da distância entre a superfície do solo e a primeira panícula, na época da maturação.

A população de plantas foi estipulada a partir do número de plantas por metro linear, da área útil da parcela, por ocasião da colheita, sendo realizados três repetições da avaliação dentro de cada parcela.

A colheita dos experimentos ocorreu de acordo com a maturação fisiológica de cada genótipo. Posteriormente os materiais foram limpos e pesados para determinação da produtividade.

Em laboratório, foram avaliados o teor de saponina e umidade. O teor de saponina foi quantificado através do método da coluna de espuma, conforme metodologia de rotina descrita pela Norma Técnica Equatoriana Obrigatória do Instituto Equatoriano de Normalização - NTE INEN 1672 (1988). Enquanto que a obtenção do teor de umidade foi realizada pelo método da estufa (105 ± 3 °C por 24 horas), conforme metodologia indicada pela RAS (BRASIL, 2005).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade de variâncias e, posteriormente, à análise de variância conjunta e quando necessário procedeu-se o teste comparativo de médias Tukey com $p < 0,05$. Para tanto se fez o uso do aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2013).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância conjunta dos experimentos cultivados no período de setembro a dezembro de 2014 e de outubro de 2014 a janeiro de 2015 indicou que houve interação Genótipo x Ambiente para as variáveis: altura de planta na floração, altura de planta na colheita, número de dias para a maturação (ciclo), produtividade e teor de saponina, enquanto que as demais variáveis - número de dias para a floração, altura da primeira inflorescência, população de plantas e teor de umidade, foram influenciadas apenas pelo Genótipo, e por isso, os ambientes foram estudados separadamente.

No experimento cultivado entre setembro e dezembro de 2014, destacaram-se os genótipos Q13-04 e Q13-21, com altura de planta na floração superior aos genótipos Q13-02, Q13-06, Q13-07, Q13-10, Q13-24, Q13-31, Sel-1 e Q2014, enquanto que no experimento cultivado entre outubro de 2014 a janeiro de 2015, apenas o genótipo Q12-23 teve altura superior ao genótipo Q13-31 (Tabela 1). Ao comparar os experimentos, cinco genótipos (Q13-06, Q13-07, Q13-24, Q13-31 e Q2014) não diferiram estatisticamente entre si. Para os demais genótipos, a altura de plantas na floração do primeiro experimento foi superior ao do segundo.

Cultivado entre setembro e dezembro de 2014 o genótipo Q13-17 levou apenas 46,57 dias após a semeadura para florescer, sendo tempo inferior à outros onze genótipos. Enquanto que no experimento conduzido entre outubro de 2014 a janeiro de 2015 o genótipo Q12-23 levou menos tempo para florescer do que os genótipos Q13-03, Q13-04, Q13-10, Q13-24, Q13-31 e Sel-1.

Os valores obtidos neste trabalho foram inferiores aos apresentados por Vasconcelos et al. (2012), em experimento avaliando a melhor data para semeadura da cultivar BRS Piabiru no período safrinha em Campo Mourão - PR, onde a floração ocorreu entre 70,5 à 90,75 dias após a semeadura. Nas condições ambientais dos Andes, a floração ocorre aproximadamente de 75 a 80 dias após a semeadura, quando a flor hermafrodita apical se abre mostrando os estames separados (GANDARILLAS, 1967).

Esta variação na duração das fases fenológicas da quinoa depende fortemente do genótipo e dos fatores ambientais na área de cultivo. O fotoperíodo é um dos mais importantes que afetam o desenvolvimento da cultura, principalmente

na indução ao florescimento e à duração do período reprodutivo, afetando também o desenvolvimento das sementes (BERTERO et al.,1999).

Tabela 1 - Altura de plantas na floração (APF) e número de dias para a floração (NDF) de genótipos de quinoa, cultivadas em Entre Rios do Oeste no período de setembro a dezembro de 2014 e de outubro de 2014 a janeiro de 2015.

Genótipo	APF (cm)		NDF	
	set-dez/2014	out/2014-jan/2015	set-dez/2014	out/2014-jan/2015
Q13-01	1,08 A abc	0,82 B Ab	50,00 abc	48,67 abcd
Q13-02	0,92 A bcdefg	0,83 B ab	49,00 bcde	48,00 bcd
Q13-03	1,01 A abc	0,81 B ab	50,67 ab	50,33 ab
Q13-04	1,09 A a	0,84 B ab	50,67 ab	49,33 abc
Q13-06	0,84 A ghi	0,80 A ab	48,00 cde	47,00 cd
Q13-07	0,86 A fghi	0,83 A ab	50,33 abc	48,67 abcd
Q13-10	0,88 A defgh	0,80 B ab	49,77 abc	49,33 abc
Q13-17	1,04 A ab	0,85 B ab	46,57 e	47,00 cd
Q13-18	0,97 A abcdef	0,82 B ab	49,67 abc	48,33 abcd
Q13-20	0,99 A abcde	0,82 B ab	49,33 bcd	47,67 cd
Q13-21	1,09 A a	0,84 B ab	47,00 de	47,00 cd
Q12-23	1,00 A abcd	0,91 B a	48,67 bcde	46,33 d
Q13-24	0,75 A i	0,80 A ab	52,00 a	50,33 ab
Q13-31	0,79 A hi	0,77 A b	52,07 a	50,33 ab
Sel-1	0,91 A cdefgh	0,80 B ab	50,33 abc	50,67 a
Q2014	0,87 A efgh	0,86 A ab	49,67 abc	47,33 cd
	DMS 1: 6,69	DMS 2: 11,95	DMS : 2,51	

* Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A altura média da primeira inflorescência de todos os genótipos avaliados (Tabela 2), em ambos os experimentos foi superior ao mínimo para realizar-se a colheita mecanizada, que é em torno de 0,10 a 0,12 m. No primeiro experimento, a altura da primeira inflorescência variou de 0,36 a 0,92 m, enquanto que a altura de plantas variou de 1,24 a 1,63 m. Estas variações na altura da quinoa são devido às condições ambientais e ao genótipo utilizado, podendo ser de 0,2 à 3,0 m de altura (MUJICA-SANCHEZ et al., 2001).

Tabela 2 - Altura da primeira inflorescência (API) e altura de plantas na colheita (APC) de genótipos de quinoa, cultivadas em Entre Rios do Oeste no período de setembro a dezembro de 2014 e de outubro de 2014 a janeiro de 2015.

Genótipo	API (cm)		APC (cm)	
	set-dez/2014	out/2014-jan/2015	set-dez/2014	out/2014-jan/2015
Q13-01	0,42 ef	0,40	1,35 A bcd	1,35 A
Q13-02	0,76 abcd	0,50	1,41 A abcd	1,37 B
Q13-03	0,92 a	0,55	1,61 A a	1,44 B
Q13-04	0,78 abc	0,44	1,49 A ab	1,39 B
Q13-06	0,52 def	0,43	1,24 A d	1,24 A
Q13-07	0,48 ef	0,50	1,31 A bcd	1,35 A
Q13-10	0,89 ab	0,47	1,48 A abc	1,37 B
Q13-17	0,73 abcd	0,50	1,24 A cd	1,27 B
Q13-18	0,66 bcde	0,42	1,33 A bcd	1,34 B
Q13-20	0,37 f	0,43	1,36 A bcd	1,27 A
Q13-21	0,55 cdef	0,44	1,29 A bcd	1,22 A
Q12-23	0,38 f	0,47	1,41 A abcd	1,37 A
Q13-24	0,67 abcde	0,42	1,32 A bcd	1,37 B
Q13-31	0,89 ab	0,52	1,63 A a	1,42 B
Sel-1	0,36 f	0,43	1,35 A bcd	1,37 A
Q2014	0,37 f	0,44	1,30 A bcd	1,33 A
	DMS: 23,58		DMS 1: 14,07	
			DMS 2: 25,50	

* Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Delgado et al., (2009), dentro dos genótipos avaliados na sua pesquisa, encontrou altura de plantas variando de 1,11 a 1,76 m. As linhagens BRS Syetetuba e BRS Piabiru, recomendadas para a região do cerrado atingem alturas medianas de 1,80 e 1,90 metros, respectivamente (SPEHAR; SANTOS, 2002; SPEHAR et al., 2011).

A população de plantas não diferiu estatisticamente entre os genótipos do primeiro experimento, enquanto que no segundo, o genótipo Q13-21 com 1438,09 mil plantas por ha, foi superior aos genótipos Q13-03, Q13-04, Q13-07, Q13-31 e Sel-1 (Tabela 3).

Tabela 3 - População de plantas de genótipos de quinoa, cultivadas em Entre Rios do Oeste no período de setembro a dezembro de 2014 e de outubro de 2014 a janeiro de 2015.

Genótipo	População de plantas (mil plantas ha ⁻¹)	
	set-dez/2014	out/2014-jan/2015
Q13-01	828,57	761,90 abcd
Q13-02	1047,62	971,43 abcd
Q13-03	580,95	514,28 bcd
Q13-04	419,05	485,71 cd
Q13-06	1047,62	1285,71 abc
Q13-07	914,28	495,24 cd
Q13-10	838,09	942,86 abcd
Q13-17	790,47	1314,28 abc
Q13-18	780,95	914,28 abcd
Q13-20	828,57	628,57 abcd
Q13-21	761,90	1438,09 a
Q12-23	1057,14	761,90 abcd
Q13-24	1228,57	1361,90 ab
Q13-31	561,90	466,67 cd
Sel-1	723,81	371,43 d
Q2014	1028,57	980,95 abcd
DMS: 866,15		

* Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O genótipo Q13-17 destacou-se dentre os demais genótipos avaliados no experimento conduzido entre setembro e dezembro de 2014 com a maior produtividade, cerca de 2840,83 kg ha⁻¹, além de apresentar ciclo precoce (80,67 dias), como os demais materiais que compõe o programa de Melhoramento de Quinoa da UNIOESTE (Tabela 4). São considerados precoces os genótipos que apresentam período de germinação à maturidade fisiológica inferior a 130 dias, semiprecoces de 130 a 150 dias, semitardios de 150 a 180 dias e como tardios os que apresentam ciclo maior que 180 dias (WAHLI, 1990.).

O rendimento de grãos normalmente observado para a cultura da quinoa está entre 500 a 700 kg ha⁻¹ no Planalto Sul e de 1000 kg ha⁻¹ no Planalto Central da Bolívia (GEERTS, 2008). Por outro lado, em alguns ambientes seu cultivo pode atingir rendimentos superiores a 3.500 kg ha⁻¹, quando são aplicados até 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio (SCHULTE et al., 2005).

Tabela 4 - Número de dias para a colheita (NDC) e produtividade de genótipos de quinoa, cultivadas em Entre Rios do Oeste no período de setembro a dezembro de 2014 e de outubro de 2014 a janeiro de 2015.

Genótipo	NDC (Ciclo)		Produtividade (kg ha ⁻¹)	
	set-dez/2014	out/2014-jan/2015	set-dez/2014	out/2014-jan/2015
Q13-01	80,00 B bcd	89,00 A	1910,74 A cdefg	97,93 B
Q13-02	83,33 B abc	89,00 A	1833,65 A defg	172,80 B
Q13-03	86,00 B a	89,00 A	1467,90 A g	163,82 B
Q13-04	86,00 B a	89,00 A	2435,34 A ab	243,77 B
Q13-06	76,00 B de	89,00 A	2129,49 A bcde	157,62 B
Q13-07	78,67 B cde	89,00 A	2035,20 A bcdef	119,62 B
Q13-10	86,00 B a	89,00 A	2237,52 A bcde	205,66 B
Q13-17	80,67 B bcd	89,00 A	2840,83 A a	133,00 B
Q13-18	84,00 B ab	89,00 A	1868,28 A defg	145,76 B
Q13-20	80,00 B bcd	89,00 A	2250,70 A bcde	178,18 B
Q13-21	74,00 B e	89,00 A	2460,52 A ab	161,32 B
Q12-23	80,00 B bcd	89,00 A	2407,07 A abc	187,96 B
Q13-24	84,00 B ab	89,00 A	1746,78 A efg	151,35 B
Q13-31	86,00 B a	89,00 A	1574,98 A fg	81,86 B
Sel-1	80,00 B bcd	89,00 A	2059,15 A bcdef	156,79 B
Q2014	80,00 B bcd	89,00 A	2288,09 A bcd	188,55 B
	DMS 1: 2,59	DMS 2: 4,73	DMS 1: 286,87	DMS 2: 521,75

* Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A produtividade de todos os genótipos avaliados no segundo experimento foram inferiores a 250 kg ha⁻¹. A baixa produtividade destes materiais pode estar relacionada à altas temperaturas e ao excesso de chuvas no final do ciclo, o que acarretou no atraso da colheita e na debulha dos genótipos, ocasionada pela força das gotas de água da chuva.

A 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). Além disso, as sementes se deterioram rapidamente, 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).

O teor de umidade (Tabela 5) apresentou variação apenas no segundo experimento, onde o genótipo Q13-06 (12,24%) apresentou teor inferior ao genótipos Q13-10 e Q13-31 (com 13,21 e 13,62%, respectivamente). Esta variação pode ter ocorrido devido ao atraso na colheita destes genótipos, passando do período de maturação fisiológica das plantas. Para o armazenamento de longo prazo das sementes, é recomendado que estas possuam cerca de 12% de umidade. Níveis superiores causam a fermentação e perda de germinação e vigor das sementes (SPEHAR, 2006).

Tabela 5 - Teor de umidade e de saponina de genótipos de quinoa, cultivadas em Entre Rios do Oeste no período de setembro a dezembro de 2014 e de outubro de 2014 a janeiro de 2015.

Genótipo	Umidade (%)		Saponina (%)	
	set-dez/2014	out/2014-jan/2015	set-dez/2014	out/2014-jan/2015
Q13-01	13,08	12,66 bc	0,46 A abc	0,23 B def
Q13-02	12,67	12,47 bc	0,22 B e	0,38 A abcd
Q13-03	12,98	12,68 bc	0,51 A ab	0,50 A a
Q13-04	12,97	12,69 bc	0,45 A abc	0,32 B bcdef
Q13-06	12,70	12,24 c	0,21 B e	0,37 A abcd
Q13-07	13,14	12,69 bc	0,43 A abcd	0,38 A abc
Q13-10	13,06	13,21 ab	0,37 A bcd	0,41 A ab
Q13-17	12,91	12,31 bc	0,32 A cde	0,35 A abcde
Q13-18	12,52	12,61 bc	0,31 A cde	0,39 A abc
Q13-20	12,68	12,31 bc	0,28 A de	0,29 A bcdef
Q13-21	12,84	12,52 bc	0,31 A cde	0,19 B f
Q12-23	12,69	12,28 bc	0,22 A e	0,25 A cdef
Q13-24	12,87	12,61 bc	0,55 A a	0,21 B ef
Q13-31	13,10	13,62 a	0,28 A de	0,28 A bcdef
Sel-1	12,91	12,71 abc	0,38 A bcd	0,37 A abcd
Q2014	12,72	12,51 bc	0,35 A cde	0,42 A ab
DMS: 0,93		DMS 1: 0,08		DMS 2: 0,15

* Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Houve diferenças significativas nos teores de saponina, variando de 0,21 a 0,55% (Q13-06 e Q13-24) e de 0,19 a 0,50% (Q13-211 e Q13-03) no cultivo de setembro a dezembro de 2014 e entre outubro de 2014 a janeiro de 2015, respectivamente. De acordo com Janick e Simon (1993), todos os genótipos

estudados neste trabalho são considerados amargos por apresentarem teores de saponina superiores à 0,11%. Entretanto, outros autores classificam as variedades amargas aquelas que possuem teores mais elevados (3,4 a 3,9%) enquanto que as variedades denominadas de doces possuem níveis bem mais baixos (NARREA, 1976).

A presença de saponina não impede o seu consumo, entretanto é necessária a remoção deste composto através de lavagem. Contudo, pode haver o interesse nesses compostos devido a suas ações inseticidas, antibióticas, fungicidas, vermífugas e suas propriedades farmacológicas e terapêuticas (BASU; RASTOGI, 1967; AGARWAL; RASTOGII, 1974; CHANDEL; RASTOGII, 1980; CHEEKE, 2002; NONAKA, 1986).

2.4 CONCLUSÕES

Todos os genótipos avaliados são considerados amargos, de ciclo precoce e com altura da primeira inflorescência suficiente para possibilitar a colheita mecanizada.

Os genótipos Q13-17, Q13-21, Q13-04 e Q12-23 apresentaram potencial produtivo para continuarem sendo avaliados, visando selecionar cultivares adaptadas as condições ambientais da Região Oeste do Paraná.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGARWAL, S. K.; RASTOGI, R. P. Triterpenoid saponins and their genins. **Phytochemistry**, Lucknow, UP, v.13, n. 12, p. 2623-2645, 1974.

BASU, N.; RASTOGI, R. P. Triterpenoid saponins and sapogenins. **Phytochemistry**, Lucknow, UP, v.6, n. 9, p. 1249-1270, 1967.

BERTERO, D.; KING, R.; HALL, A. Photoperiod-sensitive development phases in quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd). **Field Crop Research**, v.63, n. 1, p. 231-243, 1999.

BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. *Chenopodium quinoa* - An Indian perspective. **Industrial Crops and Products**, v. 23, n. 1, p. 73-87, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina : IAPAR, 2000.

CHANDEL, R. S.; RASTOGI, R. P. Triterpenoid saponins and sapogenins: 1973-1978. **Phytochemistry**, Lucknow, UP, v.19, n.9, p.1889-1908, 1980.

CHEEKE, P. R. Actual and potential applications of yucca schidigera and quillaja saponaria saponins in human and animal nutrition. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2., 2002, **Anais...** Uberlândia: CBNA, 2002, p. 217-229.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

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

FAO – Oficina Regional para América Latina y el Caribe. **La quinua: cultivo milenário para contribuir a la seguridade alimentaria mundial**, Bolívia, 2011.

GANDARILLAS, H. **Genética y origen**. In: **Quinua y Cañawa. Central Internacional para el desarrollo**. Bogotá-Colombia, 1979.

GEERTS, S.; GARCIA, M.; CUSICANQUI, J.; TABOADA, C.; MIRANDA, R.; YUCRA, E.; RAES, D. **Revisión Bibliográfica de los últimos avances en el conocimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd)**. QUINAGUA, Consejo Interuniversitario Flamenco VLIR, La Paz Bolívia, 2008.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. **Determinación del contenido de saponinas por medio del método espumoso (método de rutina)**. Quito-Ecuador: INEN, 1988.

JANICK, J., SIMON, J.E. **Quinoa: A Potential New Oil Crop**. New York: New Crops, 1993.

LEÓN, A. E.; ROSELL, C. M. **De Tales Harinas, Tales Panes: Granos, Harinas y Productos de Panificación en Iberoamérica**. Córdoba: Hugo Báez Editor, 2007.

MADL, T.; STERK, H.; MITTELBAACH, M. Tandem Mass Spectrometric Analysis of a Complex Triterpene Saponin Mixture of *Chenopodium quinoa*. **Journal of the American Society for Mass Spectrometry**, New York, v. 17, n. 6, p. 795-806, 2006.

MOES, J.; STOBBE, E. H. Barley treated with ethephon: I. yield components and net grain yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, n. 1, p. 86-90, 1991.

MUJUCA-SANCHEZ, A.; JACOBSEN, S. E.; IZQUIERDO, J.; MARATHEE, J. O. **Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)**: Ancestral Cultivo Andino, Alimento Del Presente y Futuro. FAO. Editores: Santiago, Chile, 2001.

NARREA, R. A. Lá producción de quinua em El Perú. PP 32-34. In: **II Convención Inter**. Quenopodiáceas, IICA, Inf., Conf., Cursos Reuniones, n. 96, Potosí, Bolivia, 1976.

NONAKA, M. Variable sensitivity of *Trichoderma viride* to *Medicago sativa* saponins. **Phytochemistry**, Lucknow, v. 25, n.1, p. 73-75, 1986.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15ª Ed. Piracicaba: FEALQ, 2009, 451p.

RISI, J.; GALWEY, N. W. The *Chenopodium* grains of the andes inca crops for modern agriculture. **Advances in Applied Biology**, London, v. 10, n. 1, p. 145-216, 1984.

RODRIGUES, L. A.; ISLA, M. T. Coparative 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.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013.

SANTOS, R. L. B. **Estudos iniciais para o cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) nos Cerrados**. 1996. 128 p. Dissertação (mestrado). Departamento de Engenharia Agrônômica, Universidade de Brasília, Brasília, 1996.

SCHULTE auf'm ERLEY, G.; KAUL, H. P.; KRUSE, M.; AUFHAMMER, W. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. **European Journal of Agronomy**, Taastrup, v. 22, n. 1, p. 95-100, 2005.

SPEHAR, C. R.; ROCHA, J. E. DA S.; SANTOS, R. L. DE B. Desempenho agronomico e recomendações para cultivo de quinoa (BRS Syetetuba) no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 145-147, 2011.

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.; SANTOS, R. L. B. Agronomic performance o quinoa selected in the Brazilian Savannah. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 69, p. 609-612, 2005.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) 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. 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.. **Quinoa**: Alternativa para a diversificação agrícola e alimentar. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007.

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

WAHLI, C. **Quínua**: hacia su cultivo comercial. Quito: Latinreco S. A., 1990.

3 ARTIGO 2

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE FENOTÍPICA DE GENÓTIPOS DE QUINOA

Resumo

A quinoa apresenta grande variabilidade genética podendo ser uma alternativa na diversificação da produção, no entanto, ainda não se tem cultivares adaptadas ao cultivo na região oeste do Paraná. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar e selecionar genótipos de quinoa, por meio de metodologias de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, empregando dados de produtividade de grãos. Os experimentos consistiram da avaliação de 13 genótipos de quinoa nos anos agrícolas 2014 e 2014/15. Utilizaram-se as metodologias: Eberhart e Russell, Lin e Binns, adaptado por Carneiro, e o Método Integrado. Os genótipos Q13-04, Q13-20, Q13-21, Q13-24 e Q2014 foram classificados como estáveis pelos métodos propostos por Eberhart e Russell e o de Lin e Binns adaptado por Carneiro. Houve concordância entre os métodos de Eberhart e Russell e Integrado para os genótipos Q13-01, Q13-06, Q13-10, Q13-18 e Q13-20, os quais possuem adaptabilidade geral aos ambientes estudados. Todos os métodos apontaram o genótipo Q13-02 como o de menor adaptabilidade e estabilidade fenotípica, sendo este passível de descarte do Programa de Melhoramento de quinoa. Os genótipos Q13-04, Q13-20, Q13-21, Q2014 e Q13-17 foram considerados como possíveis candidatos a constituírem uma nova variedade de quinoa, adaptada às condições ambientais em que foram avaliados.

Palavras-chave: *Chenopodium quinoa*, Eberhart e Russell, Integrado, Lin e Binns.

ADAPTABILITY AND PHENOTYPIC STABILITY OF QUINOA GENOTYPES

Abstract

The quinoa has great genetic variability may be an alternative for the diversification of production, however, still do not have cultivars adapted to cultivation in western Paraná. So, the objective of this study was to evaluate and select quinoa genotypes through adaptability methodologies and phenotypic stability, using grain yield data. The experiments consisted of the evaluation of 13 genotypes of quinoa in crop years 2014 and 2014/15. The methodologies were used: Eberhart and Russell, Lin and Binns, adapted by Aries, and the Integrated Method. The Q13-04 genotypes, Q13-20, Q13-21, Q13-24 and Q2014 were classified as stable by the methods proposed by Eberhart and Russell and Lin and Binns adapted by Carneiro. There was agreement between the methods of Eberhart and Russell and Integrated for Q13-01 genotypes, Q13-06, Q13-10, Q13-18 and Q13-20, which have high adaptability to the environments studied. All methods showed the Q13-02 genotype as the least adaptability and phenotypic stability, which is subject to disposal quinoa Improvement Program. The Q13-04 genotypes, Q13-20, Q13-21, Q13-17 and Q2014 were considered as possible candidates to form a new variety of quinoa, adapted to the environmental conditions in which they were evaluated.

Keywords: *Chenopodium quinoa*, Eberhart e Russell, Integrado, Lin e Binns.

3.1 INTRODUÇÃO

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) é uma planta tetraplóide, predominantemente autógama tendo como centro de diversidade a região andina, destacando-se por apresentar alto valor nutricional e adaptabilidade a várias regiões do mundo (SANTOS, 1996; MAUGHAN et al., 2004; SPEHAR, 2007; RODRIGUEZ; ISLA, 2009, FAO, 2011; MIRANDA et al., 2012).

A espécie apresenta grande resistência às variações de temperatura, mostrando-se adaptável a diversas condições de altitude e latitude, sendo cultivada desde o nível do mar até 4.000 metros (RODRIGUES; ISLA, 2009). A baixa exigência hídrica permite seu plantio na entressafra de Cerrado, bem como nas regiões mais altas e frias do sul do Brasil (SPEHAR, 2007).

No Brasil, as pesquisas com a cultura iniciaram na década de 1990 pela Embrapa Cerrados em cooperação com a Universidade de Brasília (UnB) (SPEHAR, SOUZA, 1993), onde foram lançados os primeiros genótipos, como é o caso do BRS Piabiru e do BRS Syetuba, adaptados à região do cerrado brasileiro. Devido a grande variabilidade ambiental existente no Brasil, é necessário priorizar a seleção de materiais com maior adaptação dos genótipos a variação ambiental e assim, minimizar os efeitos da interação genótipo x ambiente (SPEHAR; SANTOS, 2005; CRUZ; CARNEIRO, 2006; VASCONCELOS et al., 2012).

Através dos dados experimentais, como por exemplo, o número de ambientes disponíveis, a precisão requerida e o tipo de informação de que se deseja, é possível identificar os genótipos de comportamento previsível e que respondem às variações ambientais em condições específicas ou amplas, por meio de metodologias específicas de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Vários são os métodos empregados para a análise da interação genótipos x ambientes, destacam-se o Eberhart e Russel, Lin e Binns e o Integrado. No método de Eberharth e Russell (1966), é ajustada uma regressão linear simples da variável dependente em relação ao índice ambiental para cada genótipo e, além disso, considera-se também o desvio da regressão para a estimativa da estabilidade da produção (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

O método de Lin e Binns (1988) estima a performance genotípica (P_i) para ponderar os desvios de comportamento dos cultivares nos ambientes. Posteriormente, Carneiro (1998) sugeriu a decomposição do estimador P_i nas partes devido a ambientes favoráveis e desfavoráveis. Enquanto que o Método Integrado calcula a distância entre os genótipos avaliados e os ideótipos estabelecidos dentre os materiais em estudo (VASCONCELOS et al., 2011).

O emprego da análise de adaptabilidade e estabilidade, visando evidenciar o poder de adaptar-se e manter a produtividade de um genótipo quando da alteração do ambiente em que este é cultivado, é imprescindível dentro de programas de melhoramento. Inúmeros trabalhos evidenciam isso, como Silveira et al., (2012) trabalhando com cana-de-açúcar, Vasconcelos et al (2010) e Barros et al. (2012) em soja, Gomes et al. (2007) em amendoim, entre outros.

Neste sentido, o seguinte trabalho tem por objetivo selecionar genótipos de quinoa, com adaptabilidade e estabilidade para produção de grãos, conduzidos nos anos de 2014 e 2015, nos campos experimentais da Unioeste, em Marechal Cândido Rondon e Entre Rios do Oeste-PR, a fim de disponibilizar aos agricultores cultivares de quinoa que apresentem adaptabilidade às condições da região oeste do Paraná.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em Entre Rios do Oeste no Campo Experimental “Alcibíades Luiz Orlando” (latitude 24°43’ S e longitude 54°14’ W, com altitude aproximada de 260m), e em Marechal Cândido Rondon na Fazenda Experimental “Antônio Carlos dos Santos Pessoa” (latitude 24° 33’ 40” S e longitude 54° 04’ 12” W, com altitude aproximada de 400m), pertencentes à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – *Campus* Marechal Cândido Rondon.

O clima da região, em ambas as áreas, de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfa mesotérmico úmido subtropical de inverno seco, com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes. O solo de Entre Rios do Oeste é caracterizado como um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico (LVef) e em Marechal Cândido Rondon como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico (LVdf), ambos de textura muito argilosa e possuindo boa drenagem (SANTOS et al., 2013).

O delineamento experimental à campo de todos os experimentos foi de blocos ao acaso, composto de treze genótipos (Q13-01, Q13-02, Q13-03, Q13-04, Q13-06, Q13-10, Q13-17, Q13-18, Q13-20, Q13-21, Q13-24, Q13-31, e Q2014) de *Chenopodium quinoa* selecionados dentro das populações Quinoa Real, Cherry Vanilla, Brilliant Rainbow e Quinoa Orange, em três repetições.

Foram conduzidos quatro experimentos sendo três deles no campo experimental de Entre Rios do Oeste e um em Marechal Cândido Rondon. A semeadura dos mesmos ocorreu nos dias 6 de março, 22 de setembro, 22 de outubro e 23 de setembro de 2014, respectivamente. As parcelas eram constituídas de 6, 5, 4 e 4 linhas, de cinco metros, espaçadas em 0,45, 0,35, 0,35 e 0,45 metros respectivamente. Como parcela útil, foram desconsiderados uma linha de cada lado e 0,5 metros das extremidades das parcelas, totalizando área útil de 7,2m², 4,2 m², 2,8 m² e 3,6m² respectivamente.

A semeadura dos experimentos foi realizada de forma manual, sendo a de 6 de março sob plantio direto e as demais em sistema convencional tendo o solo sido previamente preparado com gradagem e aração. A adubação de base utilizada foi de 200 kg ha⁻¹, 260 kg ha⁻¹, 260 kg ha⁻¹ e 125 kg ha⁻¹, respectivamente, do formulado 10-15-15, sendo o adubo disposto 5 cm abaixo das sementes. O controle de plantas daninhas foi realizado sempre que necessário, através de capina manual.

A colheita dos experimentos ocorreu de forma manual após a maturação fisiológica dos materiais, que em seguida foram limpos e pesados para determinação da produtividade.

Foram introduzidos conceitos e procedimentos das metodologias clássicas de análise de estabilidade e adaptabilidade, fundamentadas no método proposto por Eberhart e Russell (1966), de Lin e Binns (1988) adaptado por Carneiro (1998) e também no Método Integrado (VASCONCELOS et al., 2011) para análise de adaptabilidade e estabilidade, para análise dos 13 genótipos, presentes nos quatro experimentos. Os dados de produtividade foram submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade de variâncias e, posteriormente, à análise de variância pelo programa R - devido à existência de parcelas perdidas (CHAMBERS, 2008), seguida da verificação da adaptabilidade e estabilidade produtiva com o auxílio do aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2013).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados analisados se ajustaram à distribuição normal (pelo teste de Lilliefors) e também apresentaram homogeneidade de variâncias (teste de Cochran), permitindo assim a realização da análise de variância conjunta sem necessidade de ajustes de graus de liberdade. Pelos resultados da análise de variância conjunta (Tabela 1), verificou-se efeito significativo da interação entre genótipos e ambientes ($p \leq 0,05$), premissa básica para a análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica dos materiais.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância conjunta dos dados de produtividade (kg ha^{-1}) de 13 genótipos de quinoa, provenientes de seleções realizadas dentro das populações de Brilliant Rainbow, Cherry Vanilla e Quinoa Real, avaliados nos anos agrícolas de 2014 e 2014/15, em Marechal Cândido Rondon e Entre Rios do Oeste – PR.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F
Blocos/Ambientes	8	1745394,00	218174,25	
Genótipos (G)	12	1883147,00	156929,00	3,7801 **
Ambientes (A)	3	84227587,00	28075862,00	676,296 **
G x A	36	5826701,00	161853,00	3,8987 **
Resíduo	81	3362654,00	41514,00	
Total	140	97045483		
Média			974,7555	
Coeficiente de Variação (%)			20,90	

* e ** - Significativo a 5% e 1%, respectivamente, de probabilidade pelo teste F.

Através do teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 2), pode-se observar que as produtividades médias dos genótipos avaliados em Entre Rios do Oeste nos períodos de março a junho de 2014 e de outubro de 2014 a janeiro de 2015, não diferiram estatisticamente entre si. No experimento cultivado em Entre Rios do Oeste entre setembro e dezembro de 2014, o genótipo Q13-17 ($2910,70 \text{ kg ha}^{-1}$) foi superior aos genótipos Q13-01, Q13-02, Q13-03, Q13-06, Q13-10, Q13-18, Q13-20, Q13-24, Q13-31 e Q2014, enquanto que no experimento realizado em Marechal Cândido Rondon no mesmo período, os genótipos Q13-06 e Q13-18 apresentaram médias superiores aos genótipos Q13-02, Q13-10, Q13-17, e Q13-24.

Tabela 2 - Produtividade média de genótipos de quinoa, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, provenientes de seleções realizadas dentro das populações de Brilliant Rainbow, Cherry Vanilla e Quinoa Real, avaliados nos anos agrícolas de 2014 e 2014/15, em Marechal Cândido Rondon e Entre Rios do Oeste– PR.

Genótipos	Produtividade Média (kg ha ⁻¹)			
	mar-jun/2014 E.R.O.	set-dez/2014 E.R.O.	out/2014-jan/2015 E.R.O.	set-dez/2014 M.C.R.
Q13-01	346,91 C	1980,61 A bcde	97,93 C	1452,61 B abc
Q13-02	190,12 C	1833,65 A cde	172,80 C	697,68 B d
Q13-03	323,46 B	1505,80 A e	167,51 B	1301,16 A abc
Q13-04	558,02 C	2473,24 A ab	243,77 C	1255,45 B abcd
Q13-06	274,07 B	2129,49 A bcd	157,62 B	1728,13 A a
Q13-10	414,81 C	2307,40 A bc	205,66 C	939,68 B cd
Q13-17	435,80 C	2910,71 A a	133,00 C	1079,81 B bcd
Q13-18	408,64 B	1868,28 A cde	145,76 B	1764,31 A a
Q13-20	227,16 C	2250,70 A bc	178,18 C	1403,07 B abc
Q13-21	255,56 C	2460,52 A ab	161,32 C	1402,88 B abc
Q13-24	604,94 C	1746,78 A cde	151,35 D	1142,27 B bcd
Q13-31	453,09 B	1573,98 A de	81,86 B	1248,76 A abcd
Q2014	192,59 C	2288,09 A bc	188,55 C	1639,70 B ab

* Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúscula na vertical, não diferem estatisticamente entre si. E.R.O.: Entre Rios do Oeste; M.C.R.: Marechal Cândido Rondon.

Verificou-se também, que as maiores produtividades foram alcançadas quando cultivadas no período de setembro a dezembro de 2014 em Entre Rios do Oeste, com produtividade variando de 1505,80 kg ha⁻¹ a 2910,71 kg ha⁻¹. Valores diferentes dos obtidos no cultivo entre outubro de 2014 a janeiro de 2015 (com produtividade variando de 81,86 kg ha⁻¹ a 243,77 kg ha⁻¹), o qual sofreu com o excesso de chuvas na maturação e temperaturas elevadas. Segundo Spehar et al. (2003), no período anterior a maturação fisiológica, durante sua ocorrência, e principalmente, depois do ponto de colheita, sob elevada temperatura e umidade relativa do ar, podem deteriorar as sementes rapidamente.

Segundo o método proposto por Eberhart e Russell o genótipo ideal é aquele que possui média alta, coeficiente de regressão igual a 1,0 e o menor desvio de regressão possível. De acordo com a Tabela 3, os genótipos Q13-01, Q13-03, Q13-04, Q13-20, Q13-21, Q13-24, Q13-31 e Q2014 apresentaram alta

previsibilidade às oscilações ambientais, ou seja, possuem estabilidade fenotípica por não apresentarem desvios da regressão significativos.

Observa-se ainda que os genótipos Q13-01, Q13-04, Q13-06, Q13-10, Q13-18 e Q13-20 possuem coeficiente de regressão igual a 1,0, sendo assim classificados com de adaptabilidade geral (Tabela 3). Enquanto que os genótipos Q13-02, Q13-03, Q13-24 e Q13-31 são adaptados a ambientes desfavoráveis ($\beta_1 > 1$) e os genótipos Q13-17, Q13-21 e Q2014, à ambientes favoráveis ($\beta_1 < 1$). Todos os genótipos obtiveram estimativas dos coeficientes de determinação (R^2) maiores que 80%, mostrando de forma geral, um adequado ajuste dos dados à reta de regressão, evidenciando alta previsibilidade de comportamento dos genótipos.

Tabela 3 - Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, pelo método proposto por Eberhart e Russel (1966), dos 13 genótipos (média de produtividade kg ha⁻¹) avaliados em quatro ambientes.

Genótipo	Média(β_0)	β_1	σ^2_{di}	$R^2(\%)$
Q13-01	969,5171	0,9876 ^{ns}	4902,61006 ^{ns}	98,44
Q13-02	723,5646	0,8325 [*]	56081,3100 ^{**}	92,32
Q13-03	824,4809	0,7305 ^{**}	26024,8700 ^{ns}	94,20
Q13-04	1132,6200	1,0844 ^{ns}	26627,5900 ^{ns}	97,24
Q13-06	1072,3279	1,0920 ^{ns}	50902,3400 [*]	95,72
Q13-10	966,8883	1,0149 ^{ns}	78169,1200 ^{**}	93,14
Q13-17	1139,8312	1,3314 ^{**}	161265,3000 ^{**}	92,47
Q13-18	1046,7490	0,9459 ^{ns}	105627,2000 ^{**}	90,08
Q13-20	1014,7781	1,1090 ^{ns}	-5968,5500 ^{ns}	99,47
Q13-21	1070,0702	1,2042 ^{**}	-5479,7200 ^{ns}	99,53
Q13-24	911,3356	0,7533 ^{**}	9399,2450 ^{ns}	96,73
Q13-31	839,4241	0,7507 ^{**}	18018,9600 ^{ns}	95,54
Q2014	1077,2345	1,1636 [*]	21664,7100 ^{ns}	97,88

H0 = $\beta_i = 1$; * e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, pelo teste t; ^{ns} não significativo. H0 = $\sigma^2_{di} = 0$; * e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, pelo teste t.

Os genótipos mais produtivos (Q13-04, Q13-21, Q13-17, Q2014, Q13-20 e Q13-06) foram classificados como os mais estáveis e adaptados. Considerando a decomposição proposta por Carneiro, os ambientes com índice positivo, portanto, considerados como favoráveis, neste trabalho, foram os experimentos conduzidos em Entre Rios do Oeste e Marechal Cândido Rondon, no período de setembro a dezembro de 2014. Enquanto que os experimentos conduzidos em Entre Rios do

oeste durante março a junho de 2014 e durante outubro de 2014 a janeiro de 2015, foram caracterizados como desfavoráveis (Tabela 4).

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros de estabilidade fenotípica, pelo método proposto por Lin e Binns (1988), modificada por Carneiro (1998), dos 13 genótipos (média de produtividade kg ha⁻¹) avaliados em quatro ambientes.

Gen.	Média	Pi geral	Ambientes favoráveis				Ambientes desfavoráveis			
			Gen.	(P _{if})	Produtividade		Gen.	(P _{id})	Produtividade	
					(2)	(4)			(1)	(3)
Q13-04	1132,62	56565,66	Q13-21	83325,79	2460,52	1402,88	Q13-04	550,22	558,02	243,77
Q13-21	1070,07	57771,06	Q2014	100795,10	2288,09	1639,70	Q13-24	2135,03	604,94	151,35
Q13-17	1139,83	63677,36	Q13-04	112581,10	2473,24	1255,45	Q13-10	9399,75	414,81	205,66
Q2014	1077,23	72032,28	Q13-17	117135,60	2910,71	1079,81	Q13-17	10219,07	435,80	133,00
Q13-20	1014,78	89140,64	Q13-20	141526,80	2250,71	1403,07	Q13-18	12034,58	408,64	145,76
Q13-06	1072,33	91063,43	Q13-06	152903,70	2129,49	1728,13	Q13-31	12318,04	453,09	81,86
Q13-01	969,52	131260,10	Q13-01	240558,50	1980,61	1452,61	Q13-03	21261,83	323,46	167,51
Q13-10	966,89	135200,90	Q13-10	261002,10	2307,40	939,68	Q13-01	21961,61	346,91	97,93
Q13-18	1046,75	141849,00	Q13-18	271663,40	1868,28	1764,31	Q13-06	29223,15	274,07	157,62
Q13-24	911,34	218776,50	Q13-24	435418,00	1746,78	1142,27	Q13-21	32216,34	255,56	161,32
Q13-31	839,42	262737,70	Q13-31	513157,50	1573,98	1248,76	Q13-20	36754,44	227,16	178,18
Q13-03	824,48	284166,50	Q13-03	547071,20	1505,80	1301,16	Q2014	43269,47	192,59	188,55
Q13-02	723,56	309359,00	Q13-02	574441,10	1833,65	697,68	Q13-02	44276,77	190,12	172,80

Gen. – genótipo; (P_{if}): P_i em ambientes favoráveis; (P_{id}): P_i em ambientes desfavoráveis; (1) Média do experimento cultivado de março a junho de 2014 em Entre Rios do Oeste; (2) Média do experimento cultivado de setembro a dezembro de 2014 em Entre Rios do Oeste; (3) Média do experimento cultivado de outubro de 2014 a janeiro de 2015 em Entre Rios do Oeste, e (4) Média do experimento cultivado de setembro a dezembro de 2014 Marechal Cândido Rondon.

Quando considerados apenas os ambientes favoráveis, destacou-se o genótipo Q13-21 com menor P_i e com média de produtividade de 2460,52 kg ha⁻¹ e 1402,88 kg ha⁻¹, respectivamente. Enquanto que nos ambientes desfavoráveis este genótipo produziu apenas 255,56 kg ha⁻¹ e 161,32 kg ha⁻¹, respectivamente. Portanto, o genótipo Q13-21 possui recomendação específica para Entre Rios do Oeste e Marechal Cândido Rondon cultivado entre setembro e dezembro de 2014, sendo responsivo a melhoria do ambiente. O mesmo ocorre com o genótipo Q2014, o qual possui alta produtividade em ambientes favoráveis (atingindo 2288,09 kg ha⁻¹ cultivado em Entre Rios do Oeste entre setembro e dezembro de 2014 e 1639,70 kg ha⁻¹ cultivado em Marechal Cândido Rondon neste mesmo período) e baixa produtividade em ambientes desfavoráveis.

Nos ambientes desfavoráveis destacaram-se os genótipos Q13-04, Q13-24 e Q13-10 por apresentarem as maiores médias de produtividade e menores valores de P_i . Além disso, o genótipo Q13-04 também apresentou uma das maiores médias de produtividade e menores valores de P_i nos ambientes favoráveis, indicando a adaptabilidade geral deste genótipo. Para Pereira et al. (2009) umas das vantagens da utilização deste método é a possibilidade de recomendar imediatamente os genótipos que são mais estáveis.

Pelo método do Integrado, os genótipos Q13-01, Q13-03, Q13-06, Q13-10, Q13-18, Q13-20, Q13-21, Q13-31, e Q2014 foram classificados como de adaptabilidade geral alta (com 38,79; 20,19; 24,62; 24,04; 23,45; 36,04; 23,51; 20,50 e 23,76% respectivamente de pertencer a esta classe), tendo produtividade média em ambientes favoráveis e desfavoráveis (Tabela 5). Por outro lado, o genótipo Q13-02 foi classificado como pouco adaptado, com 31,03% de pertencer à esta classe, sendo assim, passível de descarte.

O genótipo Q13-17, pertencente à classe VI, foi classificado como de estabilidade específica a ambientes favoráveis, sendo este genótipo recomendado para cultivos em que se tenha alto investimento. Enquanto que os demais genótipos, Q13-04 e Q13-24, pertencentes à classe VII, possuem adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis, e são recomendados aos ambientes com baixo investimento.

Os genótipos Q13-04, Q13-20, Q13-21, Q13-24 e Q2014 foram classificados como estáveis pelos métodos propostos por Eberhart e Russell e o de Lin e Binns adaptado por Carneiro. Estas metodologias também foram concordantes em outros trabalhos como os reportados por Ribeiro et al. (2010) em feijão, Cavalcante et al. (2014) em soja e Vasconcelos et al (2015) em amendoim.

Houve concordância entre os métodos de Eberhart e Russell e Integrado para os genótipos Q13-01, Q13-06, Q13-10, Q13-18 e Q13-20, os quais possuem adaptabilidade geral aos ambientes estudados. Para Pelúzio et al. (2008) as metodologias de Eberhart e Russell e Centróide (metodologia da qual originou-se o método Integrado) complementam-se e aumentam a confiabilidade na classificação e recomendação de cultivares.

Tabela 5 - Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, pelo método Integrado (2011), dos 13 genótipos (média de produtividade kg ha⁻¹) avaliados em quatro ambientes.

Genótipos	Média	C.	Prob (I)	Prob (II)	Prob (III)	Prob (IV)	Prob (V)	Prob (VI)	Prob (VII)
Q13-01	969,52	V	0,0744	0,0768	0,0812	0,0842	0,3879	0,0776	0,2180
Q13-02	723,56	IV	0,0671	0,0695	0,1979	0,3103	0,1526	0,0692	0,1334
Q13-03	824,48	V	0,0801	0,0811	0,1801	0,1935	0,2019	0,0816	0,1818
Q13-04	1132,62	VII	0,1366	0,1175	0,0822	0,0774	0,2127	0,1305	0,2430
Q13-06	1072,33	V	0,1229	0,1327	0,0838	0,0867	0,2462	0,1333	0,1945
Q13-10	966,89	V	0,0996	0,0983	0,1205	0,1183	0,2404	0,1011	0,2217
Q13-17	1139,83	VI	0,1769	0,1732	0,0859	0,0855	0,1494	0,1832	0,1459
Q13-18	1046,75	V	0,1127	0,1125	0,1046	0,1044	0,2345	0,1150	0,2164
Q13-20	1014,78	V	0,0939	0,1044	0,0724	0,0769	0,3604	0,1037	0,1883
Q13-21	1070,07	V	0,1329	0,1540	0,0729	0,0758	0,2351	0,1540	0,1753
Q13-24	911,34	VII	0,0733	0,0700	0,1886	0,1474	0,2090	0,0722	0,2396
Q13-31	839,42	V	0,0772	0,0768	0,1871	0,1821	0,2050	0,0778	0,1941
Q2014	1077,23	V	0,1294	0,1526	0,0760	0,0799	0,2376	0,1494	0,1750

C – classificação; classe I - adaptabilidade geral alta (máximo em ambiente favorável, máximo em ambiente desfavorável); classe II - adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (máximo em ambiente favorável, mínimo em ambiente desfavorável); classe III - adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (mínimo em ambiente favorável, máximo em ambiente desfavorável); classe IV - pouco adaptado (mínimo em ambiente favorável, mínimo em ambiente desfavorável); classe V - adaptabilidade geral alta (média em ambiente favorável, média em ambiente desfavorável); classe VI - adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (máximo em ambiente favorável, média em ambiente desfavorável); classe VII - adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (média em ambiente favorável, máximo em ambiente desfavorável); Prob(I) - Probabilidade de pertencer a classe I; Prob(II) - Probabilidade de pertencer a classe II; Prob(III) - Probabilidade de pertencer a classe III; Prob(IV) - Probabilidade de pertencer a classe IV; Prob(V) - Probabilidade de pertencer a classe V; Prob(VI) - Probabilidade de pertencer a classe VI e, Prob(VII) - Probabilidade de pertencer a classe VII.

Todos os métodos estudados neste trabalho apontaram o genótipo Q13-02, como o de menor adaptabilidade e estabilidade fenotípica, comparado aos demais materiais, sendo este passível de descarte do Programa de Melhoramento de quinoa. Segundo Oliveira (2003), a comparação das estimativas de adaptabilidade ou estabilidade por diferentes métodos pode contribuir para melhor predição do comportamento dos genótipos avaliados, aumentando a confiabilidade da seleção e recomendação dos melhores materiais, do que apenas por um método isoladamente (SILVA; DUARTE, 2006; MARCHIORI, 2008; CARVALHO et al, 2013).

3.4 CONCLUSÃO

Os genótipos Q13-04, Q13-06, Q13-21, Q2014 e Q13-17 foram considerados como possíveis candidatos a constituírem uma nova variedade de quinoa, adaptada às condições ambientais em que foram avaliados.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, H. B.; SEDIYAMA, T.; MELO, A. V. de; FIDELIS, R. R.; CAPONE, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja por meio de métodos uni e multivariado. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Tocantins, v. 3, n. 2, p. 49-58, 2012.

CARNEIRO, P. C. S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. 1998. Tese (Doutorado Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CARVALHO, E. V. de; PELUZIO, J. M.; SANTOS, W. F. dos; AFFÉRI, F. S.; DOTTO, M. A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em Tocantins. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 7, n. 2, p. 162-169, 2013.

CAVALCANTE, A. K.; HAMAWAKI, O. T.; HAMAWAKI, R. L.; SOUSA, L. B.; NOGUEIRA, A. P. O.; HAMAWAKI, C. D. L.; Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja em Porto Alegre do norte, MT. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 4, p. 942-949, 2014.

CHAMBERS J. M. **Software for data analysis: Programming with R**. Nova York, 2008.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. v. 2, 585 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2012. v. 1, 514 p.

EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966.

FAO – Oficina Regional para América Latina y el Caribe. **La quinua: cultivo milenário para contribuir a la seguridad alimentaria mundial**, Bolívia, 2011, 58p.

GOMES, L. R.; SANTOS, R. C. dos; ANUNCIÇÃO FILHO, C. J. da; MELO FILHO, P. de A. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de amendoim de porte ereto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 985-989, 2007.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, n. 1, p. 193-198, 1988.

MARCHIORI, R. **Adaptabilidade e estabilidade de 20 genótipos de soja para a macro-região sojícola 3**. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

MAUGHAN, P. J.; BONIFACIO, A.; JELLEN, E. N.; STEVENS, M. R.; COLEMAN, C. E.; RICKS, M.; MASON, S. L.; JARVIS, D. E.; GARDUNIA, B. W.; FAIRBANKS, D. J. A genetic linkage map of quinoa (*Chenopodium quinoa*) based on AFLP, RAPD, and SSR markers. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 109, n. 6, p. 1188-1195, 2004.

MIRANDA, M.; VEGA-GÁLVEZ, A.; MARTINEZ, E.; LÓPEZ, J.; RODRÍGUEZ, M. J.; HENRÍQUEZ, K.; FUENTES, F. Genetic diversity and comparison of physicochemical and nutritional characteristics of six quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes cultivated in Chile. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 32, n. 4, p. 835-843, 2012.

OLIVEIRA, E. de. **Comportamento de genótipos de soja quanto a doenças de final de ciclo e qualidade de sementes em diferentes ambientes no Estado de Goiás**. 2003. Tese (Doutorado em Genética) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.

PELUZIO, J. M.; FIDELIS, R. R.; GIONGO, P.; SILVA, J. C.; CAPPELLARI, D.; BARROS, H. B. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em quatro épocas de semeadura no Sul do Estado de Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 1, p. 34-40, 2008.

PEREIRA, H. S.; MELHO, L. C.; FARIA, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A.; WENDDLAND, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 29-37, 2009.

RIBEIRO, N. D.; SOUZA, J. F. de; ANTUNES, I. F.; BEVILAQUA, G. A. P.; MAZIERO, S. M. Estabilidade de produção de linhagens-elite de feijão em diferentes ambientes no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária gaúcha**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 39-44, 2010.

RODRIGUES, 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**, Ethiopian v. 1, n. 15, p. 210-216, 2009.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353 p.

SANTOS, R. L. B. **Estudos iniciais para o cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) nos Cerrados**. Dissertação (mestrado). Departamento de Engenharia Agrônômica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, p. 128, 1996.

SILVA, W. C. J. E; DUARTE, J. B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 23-30, 2006.

SILVEIRA, L. C. I. da; KIST, V.; PAULA, T. O. M. de; BARBOSA, M. H. P.; OLIVEIRA, R. A. de; DAROS, E. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de cana-de-açúcar no estado de Minas Gerais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 4, p. 587-593, 2012.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Agronomic performance o quinoa selected in the Brazilian Savannah. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 69, p. 609-612, 2005.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) 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.; SANTOS, R. L. de B. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). **Alternativa para a diversificação agrícola e alimentar**. Planaltina: Embrapa Cerrados. 2003. 103 p.

SPEHAR, C. R.; SOUZA, P. I. M. Adaptação da quinoa (*Chenopodium Quinoa* Wild) ao cultivo nos cerrados do Planalto Central: resultados preliminares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 5, p. 635-639, 1993.

SPEHAR, C.R. **Quinoa: Alternativa para a diversificação agrícola e alimentar**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 103 p.

TAPIA, M. **Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación**. Santiago, Chile:Oficina Regional de la FAO para la América Latina y Caribe, 1997. 217 p.

VASCONCELOS, E. S.; REIS, M. S.; CRUZ, C. D.; SEDIYAMA, T.; SCAPIM, C. A. Adaptability and stability of semilate and late maturing soybean genotypes in Minas Gerais state. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 411-415, 2010.

VASCONCELOS, E. S.; REIS, M. S.; CRUZ, C. D.; SEDIYAMA, T.; SCAPIM, C. A. Integrated method for adaptability and phenotypic stability analysis. **Revista Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 251-257, 2011.

VASCONCELOS, F. M. T. de; VASCONCELOS, R. A. de; LUZ, L. N. da; CABRAL, N. T.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. O. L. de; SANTIAGO, A. D.; SGRILLO, E.; FARIAS, F. J. C.; MELO FILHO, P. de A.; SANTOS, R. C. dos. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos eretos de amendoim cultivados nas regiões Nordeste e Centro-Oeste. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 8, p. 1375-1380, 2015.

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

4 CONCLUSÕES GERAIS

Os genótipos Q13-04, Q13-06, Q13-17, Q13-21 e Q2014 apresentam características agronômicas como potencial produtivo, ciclos precoces, e altura da primeira inflorescência suficiente para possibilitar a colheita mecanizada, além de estabilidade e adaptabilidade fenotípica às condições ambientais da Região Oeste do Paraná, podendo ser lançadas como novas variedades adaptadas à regiões com condições ambientais semelhantes ao do estudo.