



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**Influência das condições climáticas no desenvolvimento
fenológico e fisiológico da quinoa**

CHRISTIAN VITERBO MAXIMIANO

Brasília, DF
Novembro/2014



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

CHRISTIAN VITERBO MAXIMIANO

**Influência das condições climáticas no desenvolvimento
fenológico e fisiológico da quinoa**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Profa. Dra. Selma Regina Maggiotto

Brasília, DF
Novembro/2014



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

Termo de Aprovação

Autor: Christian Viterbo Maximiano

Título: Influência das condições climáticas no desenvolvimento fenológico e fisiológico da quinoa.

Monografia de conclusão do Curso de Graduação em Agronomia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB.

Aprovado em: Brasília, ____ de _____ de _____.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Selma Regina Maggiotto
Universidade de Brasília – UnB
Orientadora

Prof. Dr. Carlos Roberto Spehar
Universidade de Brasília – UnB
Examinador

Me. Flívia Fernandes de Jesus Souza
Universidade de Brasília – UnB
Examinadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me guiar e permitir que eu crescesse com as diversas dificuldades que encontrei nessa caminhada.

Aos meus pais, Shirlene e Alfredo, que nunca duvidaram da minha capacidade e me deram as condições necessárias para que eu buscasse os meus ideais.

Aos meus colegas e amigos, que torceram pelo meu sucesso. As amizades que conquistei durante o curso, todos estarão para sempre em meu coração.

A Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV), por me proporcionar os melhores anos de graduação.

À minha orientadora, Profa. Selma Regina Maggiotto, pelo exemplo de liderança e dedicação ao trabalho, pela confiança nas minhas atividades durante a graduação, pelas orientações e pela amizade e carinho que sempre demonstrou dentro e fora da faculdade.

À Profa. Nara Oliveira Silva Souza, por conduzir os meus primeiros passos na pesquisa e por se tornar minha conselheira e amiga.

Enfim, agradeço a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a minha formação como pessoa e como futuro engenheiro agrônomo.

Sumário

Índice de Tabelas	iii
Índice de Figuras.....	iv
RESUMO.....	v
1 Introdução	1
2 Revisão de literatura	2
2.1 Quinoa	2
2.1.1 História e distribuição	2
2.1.2 Utilizações.....	3
2.1.3 Classificação botânica, descrições da planta e fenologia.....	3
2.1.4 Exigências climáticas.....	6
2.1.5 Exigência Nutricional e Adubação	7
2.1.6 Fitossanidade.....	8
2.1.7 Melhoramento genético	8
2.2 Somatória térmica e fotoperíodo	9
3 Objetivos	11
3.1 Objetivo Geral	11
3.2 Objetivos específicos.....	11
4 Material e Métodos	12
4.1 Local dos experimentos.....	12
4.2 Descrição dos experimentos.....	12
4.3 Informações meteorológicas	13
4.4 Cálculo da somatória térmica, fotoperíodo e índice de colheita (IC).....	14
5 Resultados e Discussão	16
5.1 Condições climáticas durante o período do experimento.....	16
5.2 Desenvolvimento da quinoa – comparação entre diferentes datas de semeadura da cultivar BRS Syetetuba	17
5.3 Índices de colheita.....	20
5.4 Somatória térmica – da semeadura até colheita	21
5.5 Fotoperíodo da quinoa.....	23
6 Conclusões	25
7 Referências Bibliográficas	26

Índice de Tabelas

Tabela 1. Normais climatológicas de Brasília (1961-1990) e medidas obtidas na Fazenda Água Limpa (FAL) em 2014: precipitação acumulada mensal (mm) e temperatura média mensal (°C).....	16
Tabela 2. Precipitação em diferentes períodos de semeadura – Fazenda Água Limpa (FAL), 2014.....	18
Tabela 3. Peso de sementes (em g), peso da matéria seca total (em g) e índice de colheita (IC, em %) de quinoa em quatro épocas de semeadura – Fazenda Água Limpa (FAL), 2014.	20
Tabela 4. Somatória térmica calculada para as diferentes semeaduras de quinoa utilizando duas temperaturas base ($T_b = 3,1\text{ °C}$ e $T_b = 10\text{ °C}$), e para três diferentes períodos do desenvolvimento da quinoa: período 1 – da semeadura ao florescimento; período 2 – da semeadura à maturação; período 3 – da semeadura à colheita – Fazenda Água Limpa (FAL), 2014.....	21
Tabela 5. Somatória térmica calculada para as diferentes progênies utilizando duas temperaturas base ($T_b = 3,1\text{ °C}$ e $T_b = 10\text{ °C}$), para um período de desenvolvimento da quinoa: Período 1: da semeadura a colheita.	22

Índice de Figuras

- Figura 1. Precipitação e temperatura média diária medidas na Fazenda Água Limpa de janeiro a agosto de 2014. Os símbolos (x) correspondem às datas de semeadura da quinoa no experimento 1: semeadura 1 – 17/02, semeadura 2 – 14/03, semeadura 3 – 27/03 e semeadura 4 – 11/04. 17
- Figura 2. Variação da altura média de plantas ao longo do ciclo – comparação das quatro datas de semeadura na Fazenda Água Limpa: (◆) 17/02; (■) 14/03; (▲) 27/03; e (●) 11/04. 18
- Figura 3. Variação do fotoperíodo (em h) calculada de dezembro de 2013 a agosto de 2014. As setas correspondem às datas de semeadura da quinoa: Semeadura 1 - 17/02; Semeadura 2 - 14/03; Semeadura 3 - 27/03; e Semeadura 4 - 11/04..... 23

Maximiano, C. V. Influência das condições climáticas no desenvolvimento fenológico e fisiológico da quinoa. 2014. 31p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília – UnB.

RESUMO

A determinação da melhor época de semeadura sempre exige novos estudos em virtude da variação das condições ambientais, genotípicas e tecnológicas. No Brasil, o consumo da quinoa é limitado devido à baixa disponibilidade de cultivares adaptadas às condições locais. Com o conhecimento das variáveis meteorológicas que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas podemos determinar com maior precisão a duração das fases fenológicas das diferentes variedades de quinoa cultivadas. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência que as condições climáticas exercem sobre o crescimento vegetativo e a duração do ciclo da quinoa (cultivar BRS Syetetuba) semeada em diferentes datas, em Brasília, DF. No experimento 1 foram avaliadas quatro datas de semeadura, a saber: 17/02/14, 14/03/14, 27/03/14 e 11/04/14. No experimento 2 foram utilizadas informações de data de plantio, data de colheita e altura final de plantas de 10 progênies de quinoa, para realização de comparações entre os experimentos. Os índices da cultura avaliados foram número de dias para a floração; número de dias para a maturação; altura das plantas e índice de colheita. Os cálculos utilizados para avaliar as características fenológicas da cultura da quinoa foram a somatória de graus-dia e o cálculo para a determinação do fotoperíodo da quinoa. Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília. Os resultados indicaram que a data de semeadura teve influência no número de dias para a floração, número de dias para a maturação e altura das plantas. A maior altura de plantas foi obtida na primeira época semeadura. Em relação ao índice de colheita (IC), a segunda e última datas de semeadura obtiveram o melhor desempenho. A primeira e segunda datas de semeadura foram as parcelas que mais acumularam unidades térmicas.

Palavras-chave: *Chenopodium*, soma térmica, fenologia, épocas de semeadura.

1 Introdução

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) é uma espécie granífera originária dos Andes, cultivada há anos pela população local e que foi recentemente redescoberta pela comunidade científica, em razão do seu alto valor biológico como alimento. É uma ótima opção granífera para cultivo em todo o mundo, por apresentar uma grande diversidade de genótipos permitindo o seu cultivo em diferente região por apresentar certa tolerância a condições adversas, como a deficiência hídrica e o solo salino-sódico.

A exploração agropecuária da cultura de quinoa é dificultada pela grande influência ambiental em seu rendimento, especialmente anomalias negativas de precipitação e temperatura, ocasionando preocupação contínua e crescente em relação à sua produção.

A determinação da melhor época de semeadura sempre exige novos estudos, em virtude da variação das condições ambientais, genotípicas e tecnológicas. De maneira geral, a determinação da época de semeadura visa estabelecer um ajuste entre o período crítico da cultura para suas exigências bioclimáticas e o período de máxima disponibilidade climática da região na qual se pretende instalar a cultura.

O maior conhecimento das variáveis meteorológicas que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas permite determinar com maior precisão a duração das fases fenológicas das diferentes variedades de quinoa cultivadas. Uma forma de caracterizar cada uma dessas fases é a utilização da somatória térmica, ou somatória de graus-dia, que nada mais é que o acúmulo diário da energia. Através do acúmulo térmico, têm-se obtido ótimas correlações com a duração do ciclo da cultura, ou com os estádios do desenvolvimento fenológico de uma dada cultivar.

2 Revisão de literatura

2.1 Quinoa

2.1.1 História e distribuição

A quinoa foi domesticada pelos povos habitantes da Cordilheira dos Andes, há milhares de anos (SPEHAR & SANTOS, 2002). Cultivada principalmente no Peru e na Bolívia há mais de 7.000 anos pelos pré-incas e incas, a cultura da quinoa cresceu 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). Para os povos habitantes dos Andes, a quinoa tinha o mesmo propósito agrícola e culinário que a cevada apresentava no continente europeu desde a antiguidade. Os povos pré-colombianos utilizavam a quinoa como componente da dieta, e por vezes, substituíam as proteínas animais por esse alimento, devido ao seu alto conteúdo proteico e equilibrado perfil aminoacídico. Após a conquista espanhola, seu cultivo entrou em declínio, devido provavelmente à introdução da cevada, que causou uma redução na importância que apresentava perante a sociedade e a religião local (CARBONE-RISI, 1986; BHARGAVA et al., 2005).

A quinoa tem sido cultivada, especialmente nos Andes, em países como Colômbia, Chile, Bolívia, Equador e Peru. A Bolívia e o Peru se destacam como os principais exportadores de quinoa, responsáveis por 88% da produção mundial (VILCHE et al., 2003). O cultivo da quinoa tem se expandido também na Europa, América do Norte, Ásia e África (SPEHAR & SANTOS, 2002; BRADY et al., 2007; NSIMBA et al., 2008), tendo, americanos e europeus, realizado testes que demonstraram o potencial da quinoa como grânifera para alimentação humana (MUJICA et al., 2001; JACOBSEN et al., 2003).

No Brasil, a quinoa foi introduzida nos anos 1990 pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que através de melhoramentos genéticos desenvolveu a variedade BRS Piabiru, adaptada para os cultivos em solos brasileiros. O cultivo em larga escala, no Brasil, em plantios de sucessão (safrinha) pode ser uma excelente alternativa de produção uma vez que da quinoa tudo se aproveita: o grão, nas indústrias de alimentos e de rações; a planta inteira, na alimentação animal, em sistemas integrados de agricultura e pecuária (SPEHAR & SANTOS, 2002).

2.1.2 Utilizações

A quinoa é altamente nutritiva e pode ser usada para fazer farinha, vitaminas, flocos e álcool (BHARGAVA et al., 2006). É vendida também na forma de grãos crus, que podem ser cozidos como arroz ou em combinação com outros pratos. Pode ser ainda usada na fabricação de cerveja, por meio da fermentação do malte produzido da germinação dos seus grãos. Pode ser usada como forrageira para alimentar bovinos, suínos e aves (GALWEY, 1989). No Peru e na Bolívia, flocos de quinoa, tortilhas, panquecas e grãos expandidos são comercialmente produzidos (POPENOE et al., 1989). Os grãos expandidos (pipoca) podem ser usados na confecção de barras de cereais. A farinha da quinoa, combinada com a farinha do trigo ou do milho, é usada para fazer biscoitos, pães e comida processada. A farinha da quinoa tem boa propriedade de gelatinização, capacidade de absorção de água, emulsificação e de estabilização (OSHODI et al., 1999).

O uso medicinal da quinoa foi relatado para combater inflamações, como analgésico e para a desinfecção do trato urinário. Também é citada em casos de hemorragia interna e como repelente de insetos (MUJICA, 1994). Essas citações podem abrir novo campo para investigações.

2.1.3 Classificação botânica, descrições da planta e fenologia.

A quinoa é uma planta dicotiledônea botanicamente classificada como: subclasse *Dycotiledoneae*, grupo *Thalamiflorae*, ordem *Caryophyllales*, família *Amaranthaceae*, gênero *Chenopodium*, espécie *quinoa* (BHARGAVA et al., 2005). O gênero *Chenopodium*, da família *Chenopodioideae*, compreende aproximadamente 250 espécies (GIUSTI, 1970), a maioria herbáceas anuais (WILSON, 1990). Esse gênero é cultivado há séculos como hortaliça (*Chenopodium album*) e como fornecedora de grãos (*C. quinoa* e *C. album*) para o consumo humano e animal, em razão da sua elevada quantidade de proteína fornecendo aminoácidos essenciais de forma equilibrada, com destaque para lisina e metionina (KOZIOL, 1993).

A quinoa é uma planta herbácea com muitas ramificações, podendo ter diferentes cores, desde amarelo a laranja, roxo vivo, roxo escuro e verde, com um sistema radicular do tipo pivotante, que pode alcançar 60 cm de profundidade. A altura da planta varia entre 100 cm e 230 cm. O talo é cilíndrico a altura do colo e angular a partir das ramificações. As ramificações da quinoa dependem do tipo de

variedade da planta, onde existem variedades que se ramificam muito e outras que possuem poucas ramificações (WAHLI, 1990).

As folhas da quinoa são lanceoladas, grandes na parte inferior e pequenas na parte superior da planta, sendo todas dentadas. As cores das folhas podem variar em função do genótipo devido à presença de betacianinas (BHARGAVA et al., 2005). Nas folhas, ocorre a deposição de oxalato de cálcio, o que possibilita a retenção de umidade, característica desejável na tolerância da planta à seca (CARBONE-RISI, 1986).

A flor da quinoa é pequena e não tem pétalas, podendo ser hermafrodita ou pestiolada. A inflorescência é classificada em duas formas: amarantiforme e glomerulada (GANDARILLAS, 1967). A floração ocorre em média 53 dias após o plantio, sendo dependente do genótipo (WAHLI, 1990).

O grão, fruto do tipo aquênio, amadurece enquanto a planta está secando, o que permite a colheita mecanizada (WAHLI, 1990). Os frutos, pequenos, achatados e sem dormência, constituem o material colhido e são denominados sementes (TAPIA, 1997). Depois de maduros, apresentam rápida germinação na presença de umidade (SPEHAR & SANTOS, 2002). O fruto, assim como a flor da quinoa, também é pequeno, podendo ter forma cônica, cilíndrica ou elipsoide.

O perisperma, embrião e endosperma são as três camadas onde ficam armazenados os macronutrientes; o amido é armazenado no perisperma e lipídios, e as proteínas, no endosperma e embrião da semente (BHARGAVA et al., 2005) As sementes da quinoa BRS Syetetuba apresentam aproximadamente as seguintes dimensões: 2 mm de diâmetro e 1 mm de espessura, enquanto há grande variação das cores da semente de quinoa, que podem variar entre as colorações de café, vermelho, amarelo, creme ou translúcido. As sementes formam-se em grandes aglomerados no final do caule da planta (panícula). O peso médio de 100 sementes é de 31 g (BHARGAVA et al., 2005; WAHLI, 1990).

O tempo de maturação da planta de quinoa varia em relação ao genótipo. Segundo Wahli (1990), que estudou mais de trinta variedades de quinoa, a maturação variou entre 97 dias e 207 dias. Na maturação, os cachos (panículas) da quinoa são semelhantes aos da cultura do sorgo (SPEHAR & SANTOS, 2002).

A duração das fases fenológicas da quinoa depende fortemente do genótipo, das condições de solo e dos fatores ambientais na área de cultivo (GANDARILLAS,

1967). Nas condições ambientais dos Andes, em média, a quinoa apresenta as seguintes fases fenológicas:

I – Emergência: esta fase ocorre na segunda semana após a sementeira é quando a plântula emerge do solo e estendem-se as folhas cotiledonares.

II – Duas folhas verdadeiras: ocorre após 10 a 15 dias da sementeira, com o aparecimento de folhas opostas já lanceoladas, mostrando um rápido crescimento das raízes.

III – De quatro a seis folhas verdadeiras: em 25-30 dias após o plantio, duas folhas expandidas são observadas, juntamente com os cotilédones verdes; ocorre o desenvolvimento das folhas na gema apical e o início da formação de gemas axilares. Nos 35/45 dias após o plantio são observados três pares de folhas verdadeiras expandidas e as folhas cotiledonares começam a assumir uma coloração amarelada, parecendo nitidamente proteger o ápice vegetativo das folhas adultas.

IV – Ramificação: 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. Estes eventos ocorrem 45-50 dias após a sementeira. Durante esta fase ocorre a amontoa e adubação orgânica.

V – Início do desenvolvimento da panícula: ocorre entre 55-60 dias após a sementeira. A inflorescência surgiu a partir do ápice da planta, envolvida por pequenas folhas aglomeradas; também podem ser vistos as primeiras folhas amareladas verdadeiras (folhas que não são fotossinteticamente ativas) e o aumento do alongamento e espessura da haste da planta. Entre 65-75 dias após a sementeira, a inflorescência fica claramente acima das folhas, podendo se observar a forma das aglomerações da planta.

VI – Início da floração: ocorre em aproximadamente 75 a 80 dias após a sementeira, quando a flor hermafrodita apical se abre mostrando os estames separados. Esta fase é bastante sensível à seca e à geada. Podem-se notar os glomérulos das anteras protegidos por um perigônio de coloração verde limão. Considera-se que a cultura esteja na fase de floração, quando 50% das flores nas panículas encontram-se abertas, podendo ocorrer aproximadamente entre 80 a 90 dias após a sementeira.

VII – Grão leitoso a pastoso: ocorre aproximadamente 100 a 130 dias após a sementeira, quando o fruto libera um líquido leitoso quando pressionado. Nesta fase o déficit hídrico é extremamente prejudicial para o enchimento de grãos. O estágio de

grão pastoso ocorre quando os grãos, ao serem pressionados, apresentam uma consistência pastosa de coloração branca, podendo ocorrer aproximadamente entre 130 e 160 dias após a semeadura.

VIII – Maturação fisiológica: ocorre aproximadamente 160 a 180 dias após a semeadura, quando o grão, pressionado pelas unhas, apresenta resistência à penetração. O teor de umidade dos grãos varia de 14 a 16%. O período que vai do florescimento à maturação fisiológica vem a constituir o período de enchimento dos grãos. Nesta fase também 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.

2.1.4 Exigências climáticas

A quinoa é uma planta originária da região andina que é uma região que possui condições edafoclimáticas extremas. Tendo evoluído nestas condições climáticas, esta adquiriu altos níveis de tolerância à geada, salinidade do solo, seca e outras condições adversas (BOSQUE et al., 2003; TROGNITZ, 2003). A quinoa pode ser cultivada 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 et al., 2005; BRADY et al., 2007). A quinoa pode tolerar o congelamento antes da formação de botões florais (BHARGAVA et al., 2006), e em floração a quinoa pode tolerar -8° C por até 2 h (JACOBSEN et al., 2007). Segundo os autores, os detalhes da fisiologia e os mecanismos genéticos responsáveis pela resistência da quinoa à geada continuam desconhecidos, mas o conteúdo de prolina e níveis de açúcares solúveis tais como a sacarose podem também servir como indicadores de tolerância à geada em linhagens de quinoa.

Para o rendimento adequado, a quinoa apresenta algumas exigências climáticas como temperatura mínima de germinação em torno de 5°C, geadas que não ultrapassem -5°C e precipitação mínima de 400 mm durante o ciclo. Os solos aptos para o cultivo de cereais de clima temperado e frio são também apropriados para o cultivo (WAHLI, 1990).

2.1.5 Exigência Nutricional e Adubação

A quinoa pode crescer em diversos tipos de solo, incluindo solos marginais com amplo leque de pH (JACOBSEN et al., 1996; TAPIA, 1979). Ademais, a semeadura pode ser realizada diretamente ou por transplante, com espaçamento preferencialmente de 20 a 50 cm, para facilitar a capina. Terreno nivelado e bem drenado é mais adequado para o cultivo, sendo que as sementes devem ser plantadas de 1 a 2 cm de profundidade, com leve substrato por cima, em sementeiras com solo úmido e argiloso (JACOBSEN et al., 2003).

Os macronutrientes N, P, K encontram-se em maior concentração nos frutos e nas folhas intermediárias, no caule e em menor quantidade nas raízes; K e Na ocorrem em alta concentração no perigônio; Ca e Mg acumulam-se nas folhas; e nas raízes, o Fe apresenta-se em níveis elevados nas folhas, na raiz e no perigônio (LAMENCA, 1979).

A quinoa responde a fertilizantes nitrogenados, requerendo em torno de 20 kg/ha de N por tonelada de grãos que se espera produzir. Porém em níveis elevados de nitrogênio, houve diminuição da produtividade, em razão do retardamento da maturação e intensa assimilação desse nutriente (OELKE et al., 1992). O fósforo é requerido em doses de 30 a 60 kg/ha, nas condições ótimas de cultivo. O suprimento de potássio deve ser maior ao que se emprega na soja, com base na composição da planta. Para cada tonelada de grãos retira-se cerca de 30 kg/ha de K₂O. Altas doses de fósforo e de potássio proporcionaram aumento da fase vegetativa e não aumentaram o rendimento de grãos, mas tal fato pode ter ocorrido em razão do excesso de potássio nos solos tropicais dos Andes (ETCHEVERS & AVILA, 1979). Os dados relativos à análise foliar indicam que a quinoa extrai quantidades consideráveis de cálcio e de magnésio. Os solos corrigidos para plantios de culturas anuais como a soja e o milho são também os ideais para quinoa. O enxofre pode ser limitante na produção de quinoa. Entretanto, com a prática de gessagem para suprir S, diminuir acidez e Al trocável no perfil do solo, realizada regularmente para atender a demanda do cultivo principal, não deverá ser um problema. Da mesma forma, os micronutrientes, constituem fontes de baixa liberação e formam resíduo suficiente para suprir a necessidade da planta de quinoa (SPEHAR, 2007).

2.1.6 Fitossanidade

A quinoa é atacada por uma variedade de patógenos, os quais causam doenças diversas como míldio, tombamento, ferrugem, mosaico (BHARGAVA et al., 2006). Há relatos de infecção, mas não de perda significativa por viroses. O míldio (*Peronospora farinosa*) é o mais severo patógeno da quinoa e sabe-se que causa perda na produção de 33 a 58%, mesmo nas cultivares mais resistentes (DANIELSEN et al., 2000). O míldio tem como pico de dano o estágio da iniciação floral e, posteriormente, diminui gradualmente (BHARGAVA et al., 2006). Não há relatos de fungos transmitidos por sementes no cultivo de quinoa no Brasil, porém experimentos mostraram associação a diversos fungos que podem ser patogênicos às plântulas e causarem danos à cultura, devendo haver cuidado para não se utilizar sementes infectadas (ROCHA, 2008).

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

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

2.1.7 Melhoramento genético

A quinoa é classificada como uma planta autógama predominante, porém os cruzamentos naturais podem ocorrer em intensidades variáveis, com implicações na experimentação e na multiplicação de linhagens selecionadas. No melhoramento genético, recombinações favoráveis podem surgir durante as avaliações de genótipos, o que possibilita a formação de novas populações das quais são selecionados indivíduos superiores e se obtêm progênies em ciclos recorrentes (SPEHAR et al., 2001).

O trabalho de seleção de quinoa no Brasil tem se baseado nas seguintes características: rapidez de crescimento, ausência de acamamento, insensibilidade ao fotoperíodo, baixa ramificação, indeiscência do perigônio (estrutura derivada do

cálice que envolve o fruto) e das sementes (frutos), maturação uniforme, ciclos variados (entre precoce a tardio), elevado rendimento de grãos e biomassa, sementes com qualidade e peso de 2,0 a 3,5 g/1000 sementes (SPEHAR & SANTOS, 2002).

A cultivar BRS Piabiru é a primeira recomendação de quinoa ao cultivo granífero no Brasil. Originando-se da população EC 3 do Equador, foi selecionada por apresentar adaptabilidade ao cultivo no cerrado. A planta apresenta estatura média de 190 cm, dos quais a inflorescência ocupa 45 cm. A diferenciação floral ocorre 30 dias após a emergência, e a antese inicia-se aos 45 dias. O período entre a emergência e a maturação fisiológica é de 145 dias. As plantas são resistentes ao acamamento. Sua obtenção objetivou oferecer uma alternativa para diversificar os sistemas produtivos baseados no plantio direto (SPEHAR, 2007).

2.2 Somatória térmica e fotoperíodo

As condições de luz e temperatura às quais as espécies vegetais são submetidas apresentam uma relação intrínseca, sendo estes os principais fatores ambientais no controle do desenvolvimento e produção das plantas em cada estágio fenológico (ARRUDA et al., 1980; WALLACE et al., 1991). Um dos métodos ligados à estimativa da influência da temperatura sobre o desenvolvimento de plantas é a soma de graus-dia (GD), o qual é definido pelo cálculo estático empregado na determinação da soma térmica requerida ao desenvolvimento de uma determinada planta para completar uma fase do ciclo de vida (ARNOLD, 1959; MILLS, 1964; OWEN, 1971; BERLATO et al., 1978). Segundo este conceito, as plantas desenvolvem-se à medida que se acumulam unidades térmicas acima de uma temperatura base, abaixo da qual o crescimento da planta cessa. Também de conceito semelhante, as unidades fototérmicas consideram a ação combinada da temperatura média do ar com o comprimento do dia, definindo uma função de acúmulo de energia relacionada ao fotoperíodo (LE MOS FILHO et al., 1997). Ambos os índices mostram-se viáveis para a estimativa de crescimento de diversas culturas, podendo-se citar os exemplos da cana-de-açúcar e do capim-elefante (VILLA NOVA et al., 1999).

O consumo de água de diversas culturas tem sido estimado a partir de relações entre o coeficiente de cultura (K_c) ou coeficiente de cultura basal (K_{cb}) a graus-dia acumulados, como verificado para a alfafa, sorgo, algodão, milho e feijão (SAMMIS

et al., 1985; STEGMAN, 1988; AMOS et al., 1989; SEPASKHAH & ILAMPOUR, 1995; NIELSEN & HINKLE, 1996). Para realizar o acompanhamento do desenvolvimento da cultura pelo método de graus-dia (GD), associado à exigência de água, é estabelecido, de início, a temperatura mínima exigida pela cultura em prol do desenvolvimento (temperatura base inferior), e os valores de Kc durante as suas diferentes fases fenológicas.

A planta não se desenvolve e, se o fizer, será a uma taxa muito reduzida. Com uma curva de Kc como função de graus-dia de desenvolvimento (GDD) mais dados de evapotranspiração de referência, ETo, e termômetros de máxima e mínima, pode-se determinar, com maior precisão, o momento certo de irrigar e a lâmina mais adequada, permitindo acompanhar o desenvolvimento e as necessidades da cultura ao longo do seu ciclo fisiológico (LIMA et al., 2007).

O fotoperíodo é um dos fatores mais importantes afetando o desenvolvimento das culturas. Ele condiciona o desenvolvimento vegetativo, a formação, abscisão e queda de folhas, e outros processos da planta, mas sua principal influência está na indução ao florescimento, e conseqüentemente, na data de ocorrência da floração. A resposta das plantas ao fotoperíodo é complexa, pois envolve também os efeitos da temperatura no seu desenvolvimento.

A quinoa é classificada como uma planta de dias curtos, que responde também a variações da temperatura. Estudando o efeito do fotoperíodo na duração de todas as fases do desenvolvimento de duas cultivares de quinoa, Bertero et al. (1999b) observaram que a cultura apresenta resposta fisiológica à ocorrência de dias curtos. As respostas foram relacionadas à indução ao florescimento e à duração do período reprodutivo, afetando também o desenvolvimento das sementes. Em outro estudo, Bertero (2003) relaciona a resposta de diferentes cultivares ao fotoperíodo, de acordo com sua região de origem (latitude), indicando a importância dessa relação na escolha de cultivares.

A viabilidade do cultivo da quinoa em diferentes regiões do Brasil deve levar em conta a resposta da cultivar utilizada ao fotoperíodo e à temperatura. Em estudo no estado do Paraná, com a variedade BRS Piabiru, observou-se que a data de plantio influenciou na duração do ciclo da quinoa (VASCONCELOS et al., 2012).

3 Objetivos

3.1 Objetivo Geral

O presente trabalho objetivou realizar uma revisão bibliográfica sobre a cultura da quinoa, apresentando características da planta e do seu cultivo no Brasil, bem como verificar a influência que as condições climáticas exercem sobre o crescimento vegetativo e a duração do ciclo da quinoa semeada em diferentes datas no Distrito Federal.

3.2 Objetivos específicos

Determinar a soma térmica em graus dias para a quinoa em progênies obtidas da cultivar BRS Syetetuba nas fases de crescimento e reprodução.

Estimar a soma térmica da quinoa em graus dias em progênies da cultivar BRS Syetetuba a partir de diferentes épocas de semeadura.

4 Material e Métodos

4.1 Local dos experimentos

O trabalho foi conduzido na Fazenda Água Limpa, da Universidade de Brasília, Distrito Federal, localizada na latitude 15°56' S e longitude 47°56' W; a altitude do local é 1080 m, e o plantio foi feito numa área onde o solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa, profundo, cuja cobertura original era a vegetação tipo cerrado.

4.2 Descrição dos experimentos

No experimento 1 a quinoa foi semeada manualmente numa área anteriormente cultivada por culturas graníferas de verão. Cada semeadura foi feita em três parcelas de 10 m², totalizando 30 m². Em cada parcela, a semeadura ocorreu em 4 linhas distanciadas de 0,5 m entre si.

A semeadura foi realizada utilizando sementes da cultivar BRS Syetetuba, onde foram semeados cerca de 50 sementes por metro. Na época da emergência e crescimento das plantas não foi realizado o raleamento das plantas. Foi realizada adubação de base com 250 kg ha⁻¹ do formulado 04-30-16 no momento da semeadura, sendo o adubo disposto cerca de 5 cm abaixo das sementes, que foram colocadas a cerca de 1 cm de profundidade. O experimento foi repetido em quatro datas: 17/02/14, 14/03/14, 27/03/14 e 11/04/14. Foram feitas capinas manuais, e não foi feita a adubação de cobertura com nitrogênio, em geral recomendada para a cultura da quinoa.

O acompanhamento do crescimento da quinoa, desde o plantio até a colheita, foi feito semanalmente, por observações da fenologia e pela medição da altura de 10 plantas aleatórias, para a realização do cálculo da altura média das plantas. As quatro semeaduras de quinoa não receberam irrigação até o final do mês de maio, sendo cultivadas em regime de sequeiro. A partir do dia 19/05/2014 foi feita a irrigação utilizando um caminhão pipa, semanalmente, que durou até o dia 26/06/2014.

As avaliações fenológicas foram visuais ocorrendo de acordo com a mudança de estágio de desenvolvimento das plantas, e se constituíram de número de dias para a floração, número de dias para a maturação das sementes e altura das plantas. A

colheita foi realizada quando as plantas estavam com cerca de 90% das panículas mudando de cor e as sementes começavam a se desprender.

As plantas de cada uma das sementeiras foram colhidas inteiras, e para secagem, as panículas foram separadas do restante da parte aérea das plantas. As partes das plantas foram acondicionadas em sacos de ráfia, e deixadas em local seco e arejado por alguns dias para secagem. Posteriormente as panículas foram batidas para o desprendimento das sementes.

Foram utilizadas também informações de outro experimento de quinoa conduzido na Fazenda Água Limpa, em área próxima à área experimental. No experimento 2, a sementeira de mais de 100 progênies de quinoa foi realizada em 17/01/14, para estudos de melhoramento genético. Cada progênie foi semeada manualmente, lado a lado, em linhas de 5 metros espaçadas entre si por 0,5 m. As sementes foram colocadas em sulcos a uma profundidade de 2 cm. Aos 45 dias após a emergência foi realizado o desbaste para que a população final apresentasse em torno de 700.000 plantas ha⁻¹.

Aos 30 dias após a emergência foi realizada adubação de cobertura aplicando-se 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Em relação ao manejo de plantas daninhas, foram realizadas duas capinas manuais no início do desenvolvimento da cultura, e quando começou o fechamento entre linhas não foi mais necessário o controle. Não houve manejo de pragas e doenças, visto que estas não apresentaram nível de dano econômico. Irrigação complementar foi realizada, com auxílio de caminhão pipa, sempre que se julgava necessário até a maturidade fisiológica. As informações utilizadas do experimento 2 foram: data de plantio, data de colheita e altura final de plantas de 10 progênie, identificadas somente pela numeração do experimento original.

4.3 Informações meteorológicas

Os dados meteorológicos da Fazenda Água Limpa (FAL) foram obtidos por uma estação agrometeorológica automática do Laboratório de Agroclimatologia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV). Foram utilizados dados diários de precipitação pluviométrica e temperatura média.

Os dados de precipitação pluviométrica e temperatura média da região do DF utilizados para comparação foram obtidos em INMET (2009), publicação do Instituto

Nacional de Meteorologia que apresenta as Normas Climatológicas brasileiras, do período 1961-1990.

4.4 Cálculo da somatória térmica, fotoperíodo e índice de colheita (IC)

Para o cálculo de soma térmica acumulada das quatro épocas de semeadura e das 10 progênies de quinoa semeadas em diferentes épocas, foram adotadas duas temperaturas bases: 3,1 °C (temperatura base citada em Bertero (2003), para variedades andinas), e 10°C (temperatura base da cultura da soja), para comparação.

O cálculo da somatória térmica (ST) foi feito para o período desde a semeadura até o florescimento, nas quatro épocas de semeadura, e até a colheita, para todas as datas de plantio. Foi utilizada a seguinte equação:

$$GD_i = T_{med\ i} - T_b$$

onde GD_i é o número de graus-dia acumulados no dia i , $T_{med\ i}$ é a temperatura média diária do dia i , e T_b é a temperatura base. A ST dos diferentes plantios foi calculada como pela expressão $ST = \sum_{i=1}^n GD_i$, onde n é o número de dias até o florescimento, ou até a colheita.

No cálculo do fotoperíodo foi considerado o período de desenvolvimento dos diferentes plantios de quinoa, que foram avaliados desde a semeadura até a colheita. A expressão utilizada para calcular o fotoperíodo foi:

$$N = 0,1333 \arccos(-\tan\phi \tan\delta)$$

onde: ϕ é a latitude do local e δ é a declinação solar

O rendimento de grãos de uma cultura pode ser definido como sendo o produto do rendimento biológico e índice de colheita (IC). O rendimento biológico é comumente determinado pelo peso total da matéria seca da planta, perfazendo medida integrada dos efeitos combinados da fotossíntese e respiração durante a fase de crescimento. A fotossíntese, por sua vez, é dependente da extensão da área foliar e da permanência das folhas em plena atividade. O índice de colheita, que se constitui na fração dos grãos produzidos em relação à matéria seca total da planta, pode ser

empregado em programas de melhoramento genético e de avaliação de desempenho de genótipos submetidos a diferentes condições climáticas (DONALD & HAMBLIN, 1976).

O índice de colheita (IC) foi calculado pela seguinte fórmula:

$$IC = \frac{\text{Peso de grãos}}{\text{Peso total da planta}} \times 100$$

5 Resultados e Discussão

5.1 Condições climáticas durante o período do experimento

Os dados normais de precipitação pluviométrica e temperatura média mensal para o Distrito Federal são apresentados na Tabela 1, juntamente com os dados meteorológicos coletados na FAL, para o período do experimento, que foi realizado durante os meses de 2014.

Tabela 1. Normais climatológicas de Brasília (1961-1990) e medidas obtidas na Fazenda Água Limpa (FAL) em 2014: precipitação acumulada mensal (mm) e temperatura média mensal (°C).

	Temperatura média (°C)		Precipitação total (mm)	
	Normal climatológica	FAL – 2014	Normal climatológica	FAL – 2014
JAN	21,2	21,2	247,4	101,6
FEV	21,3	21,0	217,5	131,4
MAR	21,5	20,7	180,6	450,8
ABR	20,9	20,8	123,8	206,4
MAI	19,6	18,8	38,6	12,6
JUN	18,5	17,6	8,7	4,6
JUL	18,3	17,1	11,1	1,4
AGO	20,3	18,9	13,9	0,0
JAN a AGO	20,2	19,5	841,6	908,8

Quando se comparam os dados de precipitação acumulada mensal normal na região do Distrito Federal, observa-se que os meses de janeiro e fevereiro, épocas da semeadura dos experimentos 2 e 1, apresentaram precipitação acumulada mensal de 101,6 e 131,4 mm, respectivamente, sendo estes valores de precipitação acumulada 41 e 60% dos valores normais para estes meses, respectivamente. Por outro lado, o mês de março, que foi a época das semeaduras 2 e 3, ocorreu o maior índice de precipitação acumulada mensal de 450,5 mm, sendo este um valor de precipitação acumulada cerca de 2,5 vezes maior que a média climatológica na região, de 180,6 mm. O mês de abril, que foi o mês da semeadura 4, também obteve um índice de precipitação acumulada mensal maior do que a média normal (Tabela 1). Os meses de maio, junho, julho e agosto de 2014 apresentaram precipitações acumuladas abaixo da média de precipitação acumulada normal do Distrito Federal. Comparando-se a precipitação total durante os meses de janeiro a agosto do ano, pode-se observar que no ano de 2014 a precipitação acumulada foi acima da média climatológica para a região, porém sua distribuição foi diferente da média.

A temperatura medida durante os meses de janeiro a agosto, mostra que as médias mensais mantiveram-se muito próximas dos valores médios climatológicos

(Tabela 1), apresentando maior diferença nos meses de julho e agosto, quando foram 1,2 e 1,4 °C, respectivamente, abaixo da média climatológica.

A temperatura média e precipitação diária para as quatro épocas de semeadura estão apresentadas na Figura 1. Pode-se observar a ocorrência de um período úmido durante os quatro primeiros meses do ano (janeiro a abril), seguido de um período seco, também de quatro meses (maio a agosto). Durante os meses de janeiro e fevereiro, época que foi realizado a semeadura do experimento 2, que utilizou progênies selecionada a partir da cultivar BRS Syetetuba, ocorreram veranicos, ou seja, períodos superiores a 10 dias sem precipitação: de 02/01 a 14/01, e de 01/02 a 11/02. O mês de março obteve o maior índice de precipitação acumulada mensal (Figura 1), enquanto que a partir de 5 de junho até o final de agosto, a precipitação acumulada foi de somente 1,4 mm.

A temperatura média diária variou pouco até o mês de abril, ocorrendo um decréscimo da temperatura média diária, a partir do mês de maio.

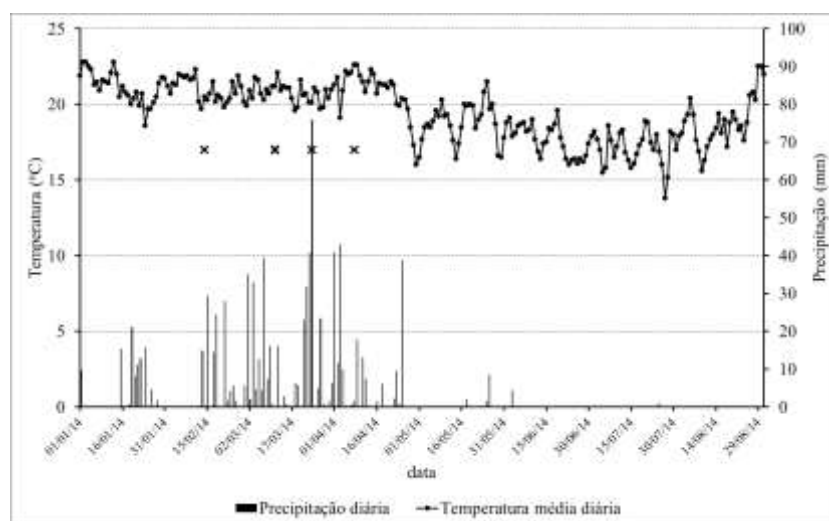


Figura 1. Precipitação e temperatura média diária medidas na Fazenda Água Limpa de janeiro a agosto de 2014. Os símbolos (x) correspondem às datas de semeadura da quinoa no experimento 1: semeadura 1 – 17/02, semeadura 2 – 14/03, semeadura 3 – 27/03 e semeadura 4 – 11/04.

5.2 Desenvolvimento da quinoa – comparação entre diferentes datas de semeadura da cultivar BRS Syetetuba

A Figura 2 apresenta a variação da altura média das plantas ao longo do período de desenvolvimento da cultura. Para a comparação entre as diferentes datas de semeadura, utilizou-se dias após semeadura (DAS).

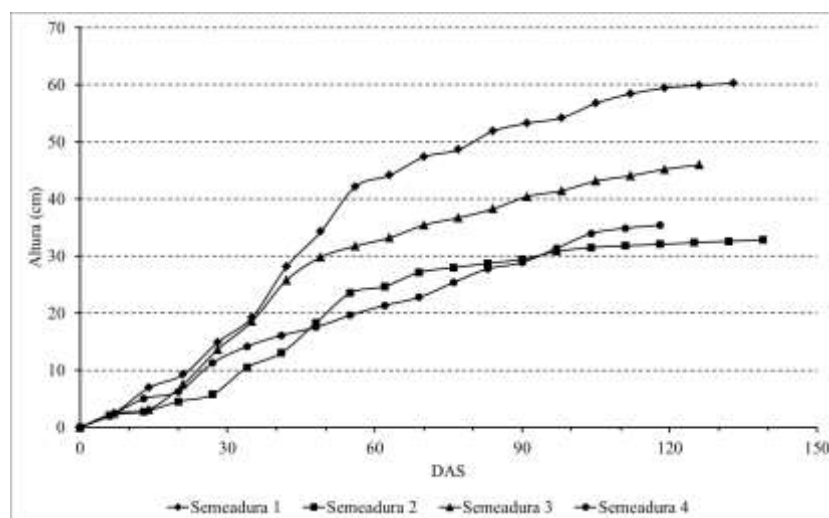


Figura 2. Variação da altura média de plantas ao longo do ciclo – comparação das quatro datas de semeadura na Fazenda Água Limpa: (◆) 17/02; (■) 14/03; (▲) 27/03; e (●) 11/04.

A primeira semeadura ocorreu no dia 17 de fevereiro, e o ciclo completo da cultura, da semeadura à colheita, foi de 133 dias. Observou-se que o crescimento das plantas não cessou até o momento da colheita, mantendo um padrão de crescimento, com maior altura média das plantas, em relação às outras datas de semeadura (Figura 2). Este comportamento esteve relacionado à maior taxa de precipitação acumulada (Tabela 2), da semeadura até o florescimento.

Tabela 2. Precipitação em diferentes períodos de semeadura – Fazenda Água Limpa (FAL), 2014.

Épocas de semeadura	Precipitação (mm) 1 a 20 DAS	Precipitação (mm) semeadura até florescimento
Semeadura 1	225,0	622,6
Semeadura 2	291,0	444,8
Semeadura 3	179,6	238,8
Semeadura 4	80,0	92,6
Semeadura 17/01	76,2	824,0 (até colheita)

Na segunda época de semeadura, ocorrida em 14/03, observou-se que as plantas tiveram um rápido crescimento vegetativo até os 55 DAS, associado, provavelmente, às altas taxas de precipitação ocorridas nos meses de março e abril (Tabela 2). Nos primeiros vinte dias após a semeadura, as plantas receberam a maior quantidade de precipitação. A partir dos 80 DAS a taxa de crescimento das plantas diminuiu, por possível efeito da mudança das fases de desenvolvimento vegetativo da planta para a fase de floração e enchimento de grãos. Na fase reprodutiva a planta direciona os seus fotoassimilados para a parte reprodutiva da planta e para o enchimento de grãos.

Além disso, durante o mesmo período a precipitação foi reduzida (Tabela 2). Nessa época de semeadura o ciclo das plantas foi de 139 dias, e a altura média das plantas no final do ciclo foi de 32,8 cm.

Na semeadura de 27/03 observou-se que o crescimento das plantas foi praticamente contínuo até a colheita. Nesta época ocorreu a segunda maior taxa de crescimento das plantas, alcançando a altura média de 46 cm no final do ciclo. Nos primeiros vinte dias após a semeadura até a época do florescimento, a semeadura de final de março recebeu menor precipitação do que dois primeiros plantios. A partir dos 49 DAS, as plantas entraram na fase de transição de desenvolvimento vegetativo da planta para a fase de floração, mas continuaram seu crescimento vegetativo. O ciclo da cultura na terceira semeadura foi de 126 dias.

Na quarta época de semeadura, observou-se que o crescimento vegetativo das plantas ocorreu até aproximadamente os 97 DAS, estabilizando a partir desse momento o crescimento vegetativo. Esta estabilização do crescimento vegetativo das plantas ocorreu perto da colheita, realizada aos 104 DAS. A quarta semeadura foi a que recebeu a menor precipitação acumulada (Tabela 2). No final do ciclo a altura média das plantas foi de 35,4 cm.

As semeaduras 1 e 3 obtiveram as maiores alturas de planta quanto comparadas às semeaduras 2 e 4. Porém, todas elas foram abaixo da média de altura de plantas de quinoa apresentadas na literatura, que apresentam uma média de altura de 72 cm para a maioria das progênies de quinoa (SPEHAR, 2007). Este comportamento ocorreu devido a outros fatores, provavelmente relacionados ao manejo. Na fase inicial do crescimento das plantas de quinoa, todas as semeaduras sofreram competitividade com as plantas daninhas, que ocasionou retardo do crescimento inicial da quinoa e influenciaram negativamente no vigor das plantas. Na fase inicial de crescimento, a cobertura do solo era essencial para aumentar a competitividade da quinoa com as plantas daninhas (WAHLI, 1990). No segundo experimento de quinoa conduzido na Fazenda Água Limpa, as progênies de quinoa obtiveram uma altura média de 150 cm. Este resultado ocorreu devido este experimento ter realizado os tratamentos culturais (adubação de cobertura, manejo de plantas daninhas, irrigação) recomendados pela literatura.

O experimento 1 não recebeu a adubação de manutenção, sugerida com base na composição da planta, entre 60 e 100 kg/ha de P_2O_5 e K_2O , recomendada para atingir o máximo de rendimento econômico de grãos. O nitrogênio, em torno de 60 kg/ha,

deve ser parcelado: metade na semeadura e o restante aos 45 dias depois da emergência, o que não ocorreu no experimento 1, conseqüentemente, afetando o crescimento vegetativo e também a sua produtividade (SPEHAR, 2007).

No primeiro experimento, ocorreu também competição entre as plantas de quinoa, o que pode ter contribuído para diminuição da altura das plantas, o tamanho da panícula e o número de sementes ou frutos da panícula. (CARBONE-RISI, 1986).

5.3 Índices de colheita

Analisando os dados de peso de sementes (g) e peso de matéria seca (g) nos quatro períodos de semeadura, observa-se que as épocas 14/03 e 11/04, obtiveram menores valores de peso de semente e matéria seca do que as épocas 17/02 e 27/03 (Tabela 3). Essa diferença ocorreu devido às plantas semeadas em 14/03 e 11/04 terem investido mais na parte reprodutiva e de enchimento de grãos, obtendo uma altura menor e, conseqüentemente, um menor peso de sementes e matéria seca. As plantas semeadas em 17/02 e 27/03 continuaram o seu crescimento vegetativo até o final do seu ciclo, retardando a época de floração e enchimento de grãos, e, conseqüentemente, obtendo um maior acúmulo de matéria seca e peso de sementes.

Tabela 3. Peso de sementes (em g), peso da matéria seca total (em g) e índice de colheita (IC, em %) de quinoa em quatro épocas de semeadura – Fazenda Água Limpa (FAL), 2014.

Época de semeadura	Peso de sementes (g)	Peso da matéria seca (g)	IC (%)
17/02	55,58	1059,16	5,25
14/03	19,49	290,89	6,70
27/03	43,25	790,39	5,47
11/04	29,8	478,55	6,23

Analisando os dados do índice de colheita (IC) nos quatro períodos de semeadura, observa-se que nas épocas de semeadura 14/03 e 11/04 foram obtidos maiores valores de IC do que nas épocas de semeadura 17/02 e 27/03 (Tabela 3). SPEHAR (2007), em experimentos realizados em três épocas, primavera-verão, verão-outono e inverno (entressafra), obteve valores médios de IC iguais a 33% no período de inverno e 20% no período de verão. Os dados de IC das quatro semeaduras deste estudo foram muito abaixo dos valores apresentados por Spehar (2007). Esses baixos rendimentos ocorreram provavelmente devido às falhas

cometidas no manejo realizado na cultura, como controle inadequado das plantas daninhas, falta de adubação de cobertura com nitrogênio, predominância de temperaturas mais elevadas na fase reprodutiva e estresse hídrico. As sementes formadas foram em menor número e com menor peso, como provável consequência da redução na produção e na transferência de fotossintetizados. O baixo IC encontrado nas quatro semeaduras pode ter sido influenciado pela mistura de diferentes genótipos, que possuíam maior sensibilidade a variações de temperatura. Entretanto, seriam necessárias maiores investigações para identificar os fatores que interferem no rendimento.

5.4 Somatória térmica – da semeadura até colheita

Para o cálculo de soma térmica acumulada em diferentes períodos de desenvolvimento para as quatro épocas de semeadura da quinoa BRS Syetetuba e das diferentes progênes de quinoa estudadas (Tabelas 4 e 5), adotou-se duas temperaturas-base: 3,1°C e 10°C. Como era de se esperar, a soma térmica calculada com o menor valor de Tb resultou em valores maiores. Não foi encontrado um valor de Tb específico para as variedades de quinoa adaptadas ao Brasil, e entende-se que a produção brasileira tenha um desenvolvimento semelhante à cultura da soja em relação à somatória térmica. Assim, na discussão foram utilizados os valores de ST calculados com Tb = 10 °C.

Tabela 4. Somatória térmica calculada para as diferentes semeaduras de quinoa utilizando duas temperaturas base (Tb = 3,1 °C e Tb = 10 °C), e para três diferentes períodos do desenvolvimento da quinoa: período 1 – da semeadura ao florescimento; período 2 – da semeadura à maturação; período 3 – da semeadura à colheita – Fazenda Água Limpa (FAL), 2014.

Época de semeadura	Duração do ciclo (dias)	Tb = 3,1°C			Tb = 10°C		
		período 1	período 2	período 3	período 1	período 2	período 3
17/02	133	943,5	2067,7	2257,9	577,8	1216,0	1312,3
14/03	139	969,4	1910,0	2190,1	583,0	1089,6	1231,0
27/03	126	848,6	1779,2	1962,0	503,6	999,5	1092,8
11/04	118	805,6	1704,2	1827,8	467,5	931,4	999,8

Em relação à soma térmica calculada para o florescimento da quinoa, em diferentes épocas de semeadura (Tabela 4), observa-se que a semeadura da quinoa em meados de março demandou maior ST para entrar na fase fenológica de florescimento. Na semeadura de abril verificou-se a menor ST para o mesmo período.

Este florescimento relativamente precoce pode ser explicado pelo maior estresse hídrico sofrido por esta parcela durante o seu período de desenvolvimento fisiológico (Tabela 2). Em relação à ST para a maturação fisiológica da quinoa em diferentes épocas de semeadura, observa-se que na semeadura de fevereiro houve um maior número de graus-dia para entrar na fase fenológica de maturação fisiológica, enquanto que em abril o acúmulo de graus dias foi menor.

Da semeadura até a colheita, a quinoa BRS Syetetuba semeada em meados de fevereiro foi a que mais acumulou graus-dias para completar o seu desenvolvimento fisiológico, seguido pela semeadura em meados de março. Na semeadura de abril, houve menor acúmulo unidades térmicas para completar o desenvolvimento fisiológico das plantas. Em relação à duração do ciclo em dias, a semeadura em abril apresentou o ciclo mais precoce com 118 dias até a maturação fisiológica. Em fevereiro e março as plantas mostraram-se mais tardias com, respectivamente, 133 e 139 dias para concluírem o seu desenvolvimento fisiológico.

Tabela 5. Somatória térmica calculada para as diferentes progênies utilizando duas temperaturas base ($T_b = 3,1^\circ\text{C}$ e $T_b = 10^\circ\text{C}$), para um período de desenvolvimento da quinoa: Período 1: da semeadura a colheita.

Progênies	Duração do Ciclo (dias)	$T_b = 3,1^\circ\text{C}$	$T_b = 10^\circ\text{C}$
		Período 1	Período 1
Progênie 1	111	1939,9	1180,9
Progênie 53	111	1939,9	1180,9
Progênie 79	117	2035,5	1235,1
Progênie 60	76	1337,8	820,3
Progênie 54	104	1833,2	1122,5
Progênie 11	106	1861,2	1136,7
Progênie 87	111	1939,9	1180,9
Progênie 20	106	1861,2	1136,7
Progênie 95	105	1846,6	1129,0
Progênie 5	111	1939,9	1180,9

Entre as 10 progênies estudadas (Tabela 5), observa-se que a progênie 60 foi a que apresentou o menor comprimento de ciclo e o menor acúmulo de graus-dias para concluir o seu desenvolvimento fisiológico, podendo ser considerada uma progênie precoce: finalizou seu desenvolvimento com 76 dias após a semeadura. A progênie 79 foi a que apresentou o maior ciclo, com maior acúmulo de graus dias para concluir o desenvolvimento fisiológico, sendo considerada uma progênie tardia, finalizando o seu desenvolvimento com 117 dias, da semeadura até a colheita. Todas as 10 progênies estudadas apresentaram um comprimento de ciclo inferior às parcelas semeadas em datas posteriores.

5.5 Fotoperíodo da quinoa

A quinoa tem sido classificada como uma planta de dias curtos, ainda que seja originária de regiões de baixa latitude e elevada altitude. Tem mostrado resposta às mudanças na temperatura, sendo que o ciclo da cultura resulta da conjugação do binômio temperatura/fotoperíodo. A Figura 3 apresenta a variação do fotoperíodo da região de estudo, e sinaliza o momento das quatro épocas de semeadura de quinoa estudadas no experimento 1.

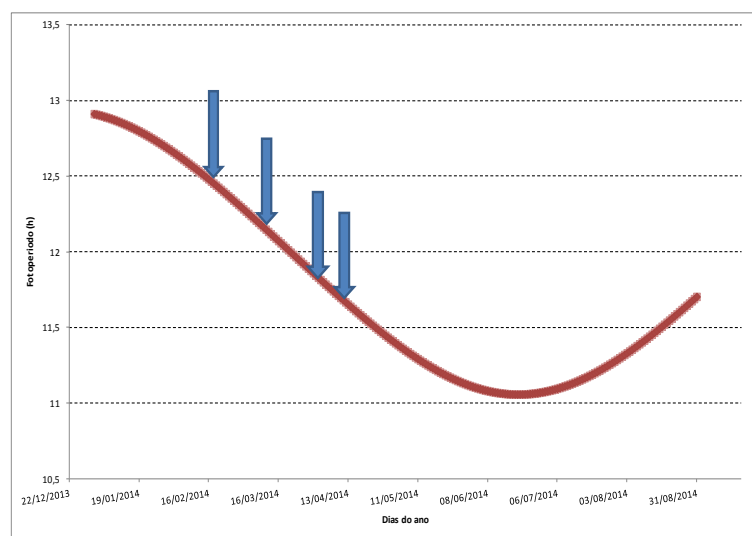


Figura 3. Variação do fotoperíodo (em h) calculada de dezembro de 2013 a agosto de 2014. As setas correspondem às datas de semeadura da quinoa: Semeadura 1 - 17/02; Semeadura 2 - 14/03; Semeadura 3 - 27/03; e Semeadura 4 - 11/04.

Observou-se que a semeadura de abril (11/04) foi a parcela que floresceu mais precocemente, quando o fotoperíodo era de 11,13 h e com 48 dias após a semeadura. A área a florescer em seguida foi a semeadura de março (27/03), que floresceu com um fotoperíodo de 11,25 h, aos 49 dias após a semeadura; a seguir foi a semeadura de fevereiro (17/02), que floresceu com um fotoperíodo de 11,7 h e com 49 dias após a semeadura. Na semeadura de março (14/03) as plantas mostraram-se mais tardias, levando 55 dias para florescer, quando o fotoperíodo era de 11,33 h. Segundo Sivori (1947) as variedades cultivadas próximo à região do equador são as culturas de dias curtos, necessitando de pelo menos 15 dias mais curtos (fotoperíodo crítico <10 h de luz) para induzir a floração e também para o amadurecimento de frutos. A condição de dia longo (>10 h) retardou a iniciação floral nas quatro épocas experimentais,

onde, à medida que o fotoperíodo das parcelas se aproximava do fotoperíodo crítico da quinoa de 10 h, mais antecipadamente ocorria a indução floral e amadurecimento dos frutos da quinoa. Resultados semelhantes foram obtidos por Galdames (2010), onde com 60 dias após a semeadura com um fotoperíodo de 9 h, foi observado que 43,75% das plantas floresceram, seguido de 13 h de fotoperíodo correspondente a 29% das plantas que floresceram, e, finalmente, com fotoperíodo de 17 h, somente 10% das plantas floresceram.

Segundo Bertero (1999a), a sensibilidade ao fotoperíodo estava negativamente associada à latitude de origem em quatro linhagens de quinoa e positivamente associada com a precocidade do início do florescimento, quando a resposta à temperatura e ao fotoperíodo foram tomados independentemente (sem interação). Entretanto, quando os parâmetros de fotoperíodo e temperatura foram tomados de forma interativa, não houve relação significativa com a latitude de origem. Além disso, tratamentos de dias curtos apresentaram uma resposta quantitativamente positiva para o tempo de antese e para o número total de folhas, enquanto o máximo de germinação de sementes foi obtido nos tratamentos de dias curtos e baixa temperatura (BERTERO, 2003).

Vasconcelos et al. (2012), avaliando um experimento para determinar a melhor data para semeadura da cultivar BRS Piabiru no período safrinha em Campo Mourão - PR, observaram que houve diferenças significativas no número de dias para floração, maturação, altura das plantas e produtividade, de acordo com a data semeada, o que considerou como efeito do fotoperíodo e da temperatura.

Spehar & Santos (2005), na avaliação de genótipos andinos de quinoa em ambiente de cerrado, verificou que o ciclo vegetativo de todos os genótipos foi mais curto do que na região de origem e com valores muito próximos, atribuindo tal fato à maior temperatura média encontrada na região do cerrado. Verificou ainda pouca variação no período até a maturação, independentemente da data de semeadura. Outro fator verificado foi o maior tamanho das plantas, considerando a região de origem, possivelmente em razão da temperatura, o que tem associação positiva com maiores produtividades.

6 Conclusões

A quinoa, cultivar BRS Syetetuba, mostrou redução na soma térmica para o desenvolvimento fisiológico da planta por influência do estresse hídrico.

A redução na soma térmica está relacionada ao estresse hídrico, mais do que à temperatura.

O estresse hídrico e manejo deficiente de plantas daninhas contribuíram para reduzir a matéria seca e o índice de colheita da quinoa (experimento 1).

As progênes obtidas por seleção em cultivares BRS Syetetuba (experimento 2) mostram diferenças em exigência térmica para o seu desenvolvimento fisiológico.

7 Referências Bibliográficas

- AMOS, B.R.; STONE, L.R.; BARK, L.D. Fraction of thermal units as the base for evapotranspiration crop coefficient curve for corn. **Journal of Agronomy**, v.81, p.713-717, 1989.
- ARNOLD, C.Y. The determination and significance of the base-temperature in a linear heat unit system. **Proceedings America Society for Horticulture Science**, Virginia, v.74, n.1, p.430-445, 1959.
- ARRUDA, F.B.; TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.I.L. Efeito da temperatura média diária do ar na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.15, n.4, p.413-414, abr.1980.
- BERLATO, M.A.; SUTILI, V.R. Ecologia do milho. II. Determinação das temperaturas bases dos subperíodos emergência-pendoamento e emergência-espigamento de três cultivares de milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA de MILHO E SORGO, 11., Piracicaba, 1976. **Anais**. Piracicaba, ESALQ, 1978. p.523-7.
- BERTERO, D.; KING, R.; HALL, A. Modelling photoperiod and temperature responses of flowering in quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd). **Field Crop Research**, v.63, p.19-39, 1999a.
- BERTERO, D.; KING, R.; HALL, A. Photoperiod-sensitive development phases in quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd). **Field Crop Research**, v.63, p.231-243, 1999b.
- BERTERO, D. Response of developmental processes to temperature and photoperiod in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). **Food Reviews International**, v.19, p.87-97, 2003.
- BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. *Chenopodium quinoa* – an Indian perspective. **Industrial Crops and Products**, v.23, p.73-87, 2006.
- BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. Correlated response of various economic traits in *Chenopodium* spp. **Journal of Medicinal and Aromatic Plants**, v.26, p.493–497, 2005.
- BOSQUE, H.; LEMEURE, R.; VAN DAMME, P.; JACOBSEN, S.E. Ecophysiological analysis of drought and saline stress of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Food Reviews International**, n.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.
- 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, 1986.
- COSTA, J. F.; COSIO, W.; CARDENAS, M.; YÁBAR, E.; GIANOLI, E. Preference of quinoa moth: *Eurysacca melanocampta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) for two varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in olfactometry assays). **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.69, n.1, p.71-78, 2009.
- DANIELSEN, S.; JACOBSEN, S.E.; ECHEGARAY, J.; AMES, T. Correlacion entre metodos de evaluacion y perdida de rendimiento en el patosistema quinua-mildiu. **Fitopatologia**, v.35, n.4, p.242-248, 2000.
- DONALD C.M.; HAMBLIN J. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. **Advances in Agronomy**, v.(28), p.361-405, 1976.
- ETCHEVERS, B.J.; AVILA, T.P. **Factores que afectan el crecimiento de quinua (*Chenopodium quinoa*) en al centro-sur de Chile**. 10th Latin American Meeting Agricultural Sciences, 1979.
- GALDAMES, F. **Efecto de diferentes Fotoperiodos en el crecimiento y desarrollo de plantas de quínoa, y cómo influye en la composición química de sus semillas**. Mención fitotecnia. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 46p, 2010.
- GALWEY, N.W. *Chenopodium* grains of the Andes: a crop for temperate latitudes. In: **New crops for food and industry**, p. 222-224. 1989.
- GANDARILLAS, H. Botánica. Quinua y Kaniwa. Cultivos Andinos. In: Tapia, M.E. (Ed.), **Serie Libros y Materiales Educativos**, vol. 49. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Bogota, Colombia, pp. 20-44, **1967**.
- GIUSTI, L. El género *Chenopodium* en Argentina. I. Número de cromosomas. **Darwiniana**, Buenos Aires, v.16, p.98-105, 1970.
- INMET. **Normas Climatológicas do Brasil 1961-1990**. RAMOS, A.M.; SANTOS, L.A.R.; FONTES, L.T.G. (Org.). INMET: Brasília, DF. 2009.

- JACOBSEN, S.E.; MUJICA, A.; JENSEN, C.R. The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. **Food Reviews International**, v.19, n.1–2, p.99–109. 2003
- JACOBSEN, S. E.; HILL, J.; STOLEN, O. Stability of quantitative traits in quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.93, p. 110-116, 1996.
- JACOBSEN, S-E.; MONTEROS, C.; CORCUERA, L.; BRAVO, L.A.; CHRISTIANSEN, J.L.; MUJICA, A. Frost resistance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **European Journal of Agronomy**, v.26, p.471–475, 2007.
- KOZIOL, M.J. Quinoa:A Potential New Oil Crop. In: JANICK, J.; SIMON, J.E. (Eds.) **New Crops**. Wiley, New York, pp.328–336. 1993.
- LAMENCA, M.B. Composición de la quinua cultivada en el Altiplano de Puno, Perú. **Turrialba**, San Jose, v.29, n.3, p.219-221, 1979.
- LEMO FILHO, J.P.; GUERRA, S.T.M.; LOVATO, M.B.; SCOTTI, M.R.M.M.L. Germinação de sementes de *Senna macranthera*, *Senna multijuga* e *Stryphnodendron polyphyllum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.4, pag.357-361, 1997.
- LIMA, J.E.F.W.; SILVA, E.M da; KOIDE, S. The Challenge in managing water resources in the cerrado Biome, Brazil. In: IUGG General Assembly, 24, 2007, Perugia, Italy. **Anais**, 2007.
- MILLS, W.T. Heat unit system for predicting optimum peanut-harvesting time. **Transactions of the ASAE**, Chicago, v.7, p.307-312, 1964.
- MUJICA, A.; JACOBSEN, S.E.; EZQUIERDO, J.; MARATHEE, J.P. **Resultados de la Prueba Americana y Europeas de la Quinoa**. FAO, UNA-Puno, CIP, p.51, 2001.
- MUJICA, A.; ORTIZ; JACOBSEN, S.E. Uso potencial de *Chenopodium carnosolum* Moq. en zonas áridas. In: Resúmenes II, pp.16-21. 2000.
- MUJICA, A. Andean grains and legumes. In: Hernando Bermujo, J.E., Leon, J. (Eds.), **Neglected Crops: 1492 from a Different Perspective**, vol. 26. FAO, Rome, Italy, pp. 131–148, 1994.
- NIELSEN, D.C.; HINKLE, S.E. Field evaluation of basal crop coefficients for corn based on growing degree days, growth stage, or time. **Transactions of the ASAE**, St Joseph, v.39, n.1, p.97-103, 1996.

- NSIMBA, R.; KIKUZAKI, H.; KONISHI, Y. Antioxidant activity of various extracts and fractions of *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus* spp. seeds. **Food Chemistry**, v.106, n.2, p.760-766, 2008.
- 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.
- OSHODI, A.A.; OGUNGBENLE, H.N.; OLADIMEJI, M.O. Chemical composition, nutritionally valuable minerals and functional properties of benniseed (*Sesamum radiatum*), pearl millet (*Pennisetum typhoides*) and quinoa (*Chenopodium quinoa*) flours. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v.50, n.5, p.325–331, 1999.
- OWEN, P.C. The effects of temperature on the growth and development of rice. **Field Crop Abstracts**, Canberra, v. 24, n. 1, p.1-8, 1971
- POPENOE, H.; KING, S.R.; LEON, J.; KALINOWSKI, L.S. Lost Crops of the Incas. In: Vietmeyer, N.D. (Ed.), **Little Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation**. National Academy Press, Washington, 1989.
- ROCHA, J.E.S. **Seleção de genótipos de quinoa com características agronômicas e estabilidade de rendimento no Planalto Central**: Dissertação de Mestrado em Ciências Agrárias. Brasília: UnB. 2008.
- SAMMIS, T.W.; MAPEL, C.L.; LUGG, D.G.; LANSFORD, R.R.; MCGUCKIN, J.T. Evapotranspiration crop coefficients predicted using growing-degree-days. **Transactions of the ASAE**, St Joseph, v.28, n.3, p.773-780, 1985.
- SEPASKHAH, A.R.; ILAMPOUR, S. Effects of soil moisture stress on evapotranspiration partitioning. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.28, p.311-323, 1995.
- SIVORI, E. M. Fotoperiodismo em *Chenopodium quinoa* Willd. Reacción de la cigota y gametofito femenino. **Darwiniana**, v.7, p. 541–551, 1947.
- 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. **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, DF, v. 37, n. 6, p. 889-893, 2002.
- SPEHAR, C. R.; LARA CABEZAS, W. A. R. Introdução e seleção de espécies para a diversificação do sistema produtivo nos cerrados. In: LARA CABEZAS, W. A. R.; FREITAS, P. L. (Ed.). **Plantio direto na integração lavoura pecuária**. Uberlândia: UFU, 2001. p. 179-188
- STEGMAN, E.C. Corn crop curve comparisons for the central and northern plains of the U. S. **Applied Engineering in Agriculture**, St Joseph, v.4, n.3, p.226-233, 1988.
- TAPIA, M.E. Historia y Distribucion geographica. Quinoa y Kaniwa. **Cultivos Andinos**. In: Tapia, M.E. (Ed.), Serie Libros y Materiales Educativos, vol. 49. Instituto Interamericano de Ciencias Agricolas, Bogota, Colombia, pp.11–15, 1979.
- TAPIA, M. **Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación**. Santiago, Chile: Oficina Regional de la FAO para la América Latina y Caribe, 217 p, 1997.
- TROGNITZ, B. Prospects of breeding quinoa for tolerance to abiotic stress. **Food Reviews International**, v.19, p.129–137, 2003.
- VASCONCELOS, F.S.; VASCONCELOS, E.S.; BALAN, M.G., SILVÉRIO, L. Desenvolvimento e produtividade de quinoa semeada em diferentes datas no período safrinha. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.3, p.510-515, 2012.
- VILCHE, C.; GELY, M.; SANTALLA, E. Physical properties of quinoa seeds. **Biosystems Engineering**, v.86, n.1, p.59-65, 2003.
- VILLA NOVA, N.A.; BARIONI, L.G.; PEDREIRA, C.G.S.; PEREIRA, A.R. Modelo para previsão da produtividade do capim elefante em função da temperatura do ar, fotoperíodo e frequência de desfolha. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, p.75-79, 1999.
- WAHLI, C. **Quínuas**: hacia su cultivo comercial. Quito: Latinreco S. A. 206 p. 1990.
- WALLACE, D.H.; GNIFFKE, P.A.; MASAYA, P.N.; ZOBEL, R.W. Photoperiod, temperature, and genotype interaction effects on days and nodes required for flowering of bean. **American Society for Horticultural Science Journal**, v.116, p.534-543, 1991.

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