

**Avaliação da produção de biomassa de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)
em resposta a doses de azoto e regimes de rega**

Décio Camisa Muquinda

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do Grau de
Mestre em Agricultura Tropical*

Orientado por

Professora Doutora Margarida Maria Pereira Arrobas Rodrigues

Coorientado por

Professor Doutor António Castro Ribeiro

Bragança

2017

Ao meu tio Paulo Gabriel Jonatão Camisa, por ser o pilar da minha formação acadêmica, aos meus pais Roberto Estevão Martins Muquinda e Maria Carla Jonatão Camisa pela educação, dedico este trabalho.

Pensamento

“Não temas, porque eu sou contigo; não te assombres, porque eu sou teu Deus; eu te fortaleço, e te ajudo, e te sustento com a destra da minha justiça.”

(Isaías 41:10, Bíblia Sagrada)

Agradecimentos

Agradecer a Deus todo poderoso, pelas bênção que derramou ao longo da minha estadia em Portugal.

Agradecer à toda minha família pelo incentivo, a minha noiva Ernestina Esperança Lucas, pelo apoio incondicional.

Meu muito obrigado vai também, aos meus professores que orientaram este trabalho, Professora Doutora Margarida Maria Pereira Arrobas Rodrigues e Professor Doutor Antonio Castro Ribeiro pelo empréstimo de sabedoria e orientação.

O meu agradecimento especial vai também ao Professor Albino Bento, por ser essa pessoa de grande coração e que Deus o abençoe, a si e sua família.

Aos professores que estiveram dentro desse processo de mestrado e dedicaram-se para transmitirem seus conhecimentos, colegas de curso de mestrado em Agricultura Tropical e também amigos foi bom ter-vos nessa trajetória.

Gostaria de mencionar enúmeros nomes, mas de uma maneira geral, agradecer a comunidade académica do IPB, pela recepção calorosa, senti-me em casa, meu muito obrigado.

Índice

Agradecimentos	iv
Índice de figuras.....	viii
Índice de tabelas.....	x
Resumo	xi
Abstract.....	xiii
Introdução	1
I. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.1. A cultura da quinoa	3
1.1.1. História e distribuição.....	3
1.1.2. Aspetos botânicos	4
1.1.3. Adaptação ecológica.....	5
1.1.4. Técnica cultural	5
<i>1.1.4.1. Crescimento e desenvolvimento.....</i>	<i>5</i>
<i>1.1.4.2. Rega e tolerância a seca.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.4.3. Colheita.....</i>	<i>7</i>
1.2. Fertilização das culturas	8
1.2.1. Fertilizantes	8
1.2.2. Fatores que afetam o uso de fertilizantes.....	10
<i>1.2.2.1. O fator cultura</i>	<i>10</i>
<i>1.2.2.2. O fator solo</i>	<i>10</i>
<i>1.2.2.3. O fator clima.....</i>	<i>11</i>
<i>1.2.2.4. O fator económico.....</i>	<i>11</i>

1.2.2.5. <i>O fator administrativo</i>	12
1.3. Aplicação de fertilizantes	12
1.4. Resposta das plantas à fertilização azotada.....	13
1.4.1. Efeito do azoto no crescimento e composição das plantas	14
1.5. Resposta da quinoa à fertilização azotada.....	15
II. MATERIAL E MÉTODOS	17
2.1. Localização da área do ensaio	17
2.2. Clima	17
2.3. Solo.....	19
2.3.1. Características do solo do ensaio.....	19
2.4. Condução do ensaio	21
2.4.1. Preparação do solo.....	21
2.4.2. Demarcação da área.....	21
2.4.3. Adubação e sementeira.....	21
2.4.4. Delineamento experimental.....	21
2.4.5. Rega.....	22
2.4.6. Material vegetal	23
2.4.7. Controlo de infestantes	24
2.4.8. Controlo de pragas e doenças	24
2.5. Determinações	25
2.5.1. Avaliação do estado nutritivo das plantas com aparelhos portáteis	25
2.5.2. Avaliação do estado nutritivo das plantas a partir das análises foliares	25
2.5.3. Avaliação da biomassa produzida	25
2.5.4. Composição mineral das folhas e das plantas inteiras.....	25

2.6. Tratamento estatístico dos resultados.....	26
III. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
3.1. Avaliação do estado nutritivo das plantas com aparelhos portáteis	27
3.2. Avaliação do estado nutritivo das plantas a partir das análises foliares.....	29
3.3. Avaliação da biomassa produzida	33
3.4. Composição mineral das plantas inteiras	36
3.5. Azoto recuperado pelas plantas.....	39
IV. CONCLUSÕES.....	41
V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

Índice de figuras

Figura 1. Área de produção mundial por país por ano em toneladas métricas.	4
Figura 2. Temperatura e precipitação média mensal acumulada no período 1971-2000 em Bragança.	18
Figura 3. Valores de precipitação mensal acumulada (barras) e temperatura média do ar em (linha).....	19
Figura 4. Controlo de infestante e retanxa da cultura da quinoa.....	24
Figura 5. Danos provocados por pragas.....	24
Figura 6. Relação entre as leituras SPAD e os regimes de rega R0, R1 e R2.	27
Figura 7. Relação entre as leituras SPAD e as doses de azoto aplicadas N0 (sem aplicação de N), N1 (67 kg/ha), N2 (133 kg/ha) e N3 (200 kg/ha)..	28
Figura 8. Influência dos regimes de rega na concentração de N nas folhas. As letras nas colunas são o resultado da análise de variância..	29
Figura 9. Relação entre os tratamentos de fertilização azotada e a concentração de N nas folhas.	30
Figura 10. Relação entre os tratamentos de fertilização azotada e a concentração de N nas folhas, considerando os regimes de rega..	31
Figura 11. Relação entre a produção de matéria seca e os regimes de rega R0, R1 e R2..	34
Figura 12. Relação entre a produção de matéria seca e a adubação azotada efetuada..	35
Figura 13. Identificação da dose de azoto associada ao máximo de produção física desta cultura.	36
Figura 14. Relação entre concentração de N na matéria seca das plantas inteiras e os regimes de rega R0, R1 e R2.....	37
Figura 15. Relação entre a concentração de N na matéria seca das plantas inteiras e a adubação azotada efetuada.....	37

Figura 16. Azoto recuperado pelas plantas inteiras nos diferentes tratamentos azotoados.. 39

Figura 17. Azoto recuperado pelas plantas inteiras nos diferentes tratamentos de rega..... 40

Índice de tabelas

Tabela 1. Caraterísticas físicas e químicas do solo.....	20
Tabela 2. Delineamento experimental com três regimes de rega e quatro doses de azoto	22
Tabela 3. Caraterísticas da variedade de quinoa Blanca de Juli utilizada no ensaio.	23
Tabela 4. Concentração de outros nutrientes nas folhas.	32
Tabela 4. (continuação).....	33
Tabela 5. Concentração de outros nutrientes na matéria seca das plantas inteira.....	38
Tabela 5. (Continuação).....	39

Resumo

Neste trabalho avalia-se o estado nutricional da quinoa em resposta a diferentes doses de azoto e regimes de rega. Para o efeito, utilizou-se um delineamento experimental em blocos subdivididos com quatro níveis de azoto (0, 67, 133 e 200 kg/ha⁻¹) e três regimes de rega: sequeiro (R0); regadio com dotação correspondente a 50% das necessidades de rega (R1); 100% das necessidades de rega (R2).

O ensaio foi instalado na Quinta de Santa Apolónia da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança (Latitude, 41° 47' 52.06" N e Longitude, 6° 45' 58.65" W) localizada no distrito de Bragança, nordeste de Portugal.

O estado nutricional foi avaliado através da medição da intensidade da cor verde das folhas por meio do aparelho portátil SPAD-502 plus e da composição mineral das folhas e das plantas inteiras.

As doses crescentes de azoto afetaram significativamente os valores de SPAD que aumentaram de uma forma linear com a dose de azoto, o que mostra de forma inequívoca a influência deste nutriente no conteúdo em clorofila. O valor médio mais elevado foi de 56,9 no tratamento N3 e o mais baixo foi de 50 registado no tratamento N0.

A fertilização azotada, afetou significativamente o teor de azoto na planta, tendo-se observado uma maior concentração no tratamento N3 (25,8 g kg⁻¹) valor que diferiu significativamente dos teores nas folhas dos tratamentos N0 e N1 (18,2 g kg⁻¹ e 20,3 g kg⁻¹, respetivamente). A concentração de N nas folhas do tratamento N2 (cerca de 25 g kg⁻¹) foi significativamente superior à concentração de N nas folhas do tratamento N0.

A fertilização azotada afetou ainda, significativamente, a biomassa produzida sendo que foi no tratamento N2 que se verificou a maior produção (16,75 Mg ha⁻¹), embora sem diferenças significativas em relação aos tratamentos N3 (16,03 Mg ha⁻¹) e N1 (14,49 Mg ha⁻¹). A produção obtida no tratamento N0 foi significativamente inferior (7,34 Mg ha⁻¹). Nas condições desta experiência o máximo de produção de matéria seca parece estar associado à aplicação de 140 kg ha⁻¹ de N.

A quantidade de azoto recuperado pelas plantas aumentou com o aumento da dose aplicada. Nos tratamentos N2 e N3 a planta recuperou uma quantidade muito semelhante de azoto designadamente (270 kg/ha^{-1}).

Palavras-chave: Quinoa, adubação azotada, rega deficitária.

Abstract

This work evaluates the nutritional status of quinoa in response to different nitrogen rates and irrigation regimes. The experiment was installed in a split block design with four nitrogen levels (0, 67, 133 and 200 kg ha⁻¹) and three irrigation regimes: rainfed (R0); irrigated with 50 (R1); and 100% (R2) of irrigation requirements.

The experiment was carried out at the Quinta de Santa Apolónia, at the Higher Agricultural School of the Polytechnic Institute of Bragança (Latitude, 41 ° 47 '52.06 "N and Longitude, 6 ° 45' 58.65" W) located in Bragança district, northeastern Portugal.

The nutritional status was evaluated by measuring the intensity of the green color of the leaves by means of the portable device SPAD-502 plus and the mineral composition of leaves and whole plants.

Increasing doses of nitrogen significantly affected SPAD values that increased linearly with the nitrogen dose, which unequivocally shows the influence of this nutrient on chlorophyll content. The highest mean value was 56.9 in the N3 treatment and the lowest was 50 in the N0 treatment.

Nitrogen fertilization significantly affected the nitrogen content in the plant, with a higher concentration in the N3 treatment (25.8 g kg⁻¹), which differed significantly from the N0 and N1 treatments (18.2 g kg⁻¹ and 20.3 g kg⁻¹, respectively). The concentration of N in the leaves of the N2 treatment (about 25 g kg⁻¹) was significantly higher than the N concentration in the leaves of the N0 treatment.

Nitrogen fertilization also significantly affected the production of biomass. The highest production (16.75 Mg ha⁻¹) was observed in the N2 treatment (16.03 Mg ha⁻¹) and N1 (14.49 Mg ha⁻¹) treatments. The yield obtained in the N0 treatment was significantly lower (7.34 Mg ha⁻¹). Under the conditions of this experiment the maximum dry matter production seems to be associated with the application of 140 kg ha⁻¹ of N.

The amount of nitrogen recovered by the plants increased with increasing dose applied. In the N2 and N3 treatments the plant recovered a very similar amount of nitrogen namely (270 kg / ha-1).

Keywords: Quinoa, nitrogen fertilization, deficit irrigation.

Introdução

A quinoa é uma planta oriunda da Cordilheira dos Andes, tem um valor econômico promissor e é considerada componente potencial na ração animal e na alimentação humana. Devido à sua alta qualidade nutricional, vem despertando a atenção de investigadores em várias partes do mundo.

O mérito principal da quinoa é que o grão, as folhas, assim como as inflorescências são fontes de proteína de boa qualidade, que é comparável à caseína do leite. A qualidade nutricional da quinoa real é importante, sendo rica em aminoácidos sulfurados e no aminoácido lisina, ao contrário das proteínas dos cereais, que são deficientes neste aminoácido (Alves *et al.*, 2008). A planta é ainda resistente a pragas, tendo capacidade para se desenvolver em condições adversas de altitude, humidade e em solos pobres em sais minerais, locais em que outros cereais não se conseguem desenvolver (Alves *et al.*, 2008).

Possíveis utilizações estão na produção de pães sem glúten, pães castanhos misturados com farinha de trigo, confeção de sopas, saladas e como alternativa ao arroz. O grão da quinoa é livre de glúten, rico em proteínas e contém um perfil de aminoácidos equilibrado, comparado com grãos de cereais comuns. A quinoa contém todos os aminoácidos essenciais para o ser humano, incluindo lisina, isoleucina, leucina, fenilalanina, tirosina, treonina, triptofano, valina, histidina e metionina (Walters *et al.*, 2016).

Para forragem, utiliza-se o grão e a planta inteira, os quais apresentam boa palatabilidade e considerável quantidade de proteína e valor energético. Devido à presença de saponina, a quinoa contribui para a prevenção de algumas doenças das articulações de cavalos, além de eliminar vermes e protozoários presentes no trato digestivo, tornando-se importante para indústria de alimentos e rações (Rêgo, 2015).

Os cereais mundialmente mais importantes são o milho, o trigo, o arroz e a aveia. Comparando os componentes nutricionais da quinoa real com estes cereais, observa-se a sua substancialmente maior riqueza nutricional se for feita uma análise da contribuição dos componentes nutricionais de todos os seguintes cereais como um todo (100%), a quinoa teria 53,2% de ferro em comparação com 18% na cevada. Em relação à quantidade de proteína, a quinoa real tem 23%, enquanto o trigo apresenta 21,8% e a cevada 17%. Com respeito à

quantidade de fibra, possui 46%, contra 24% do trigo e de 15% do milho e da cevada (Alves *et al.*, 2008).

Entretanto, a falta de informação relativa à capacidade de adaptação desta cultura às condições ambientais de Bragança bem como a sua resposta à adubação azotada e à rega suscitou interesse na realização deste trabalho que teve como objetivos principais estudar a resposta da cultura de quinoa a doses crescentes de azoto e a diferentes regimes de rega.

I. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1. A cultura da quinoa

1.1.1. História e distribuição

A quinoa é uma espécie nativa da América do Sul, cultivada na região andina há pelo menos 5000 anos a.C, durante a época dos Inca. As principais culturas produzidas nessa época eram o milho, a batata e a quinoa. Enquanto o milho e a batata conseguiram uma distribuição cosmopolita, a quinoa não se espalhou para fora das montanhas andinas. Após a conquista espanhola, houve um declínio acentuado no crescimento e uso da quinoa, devido à introdução de culturas europeias, como trigo e cevada. Os espanhóis também desencorajaram activamente o cultivo da quinoa por causa do seu status religioso na sociedade Inca. No entanto, continuou a ser cultivada pela população indígena em regiões de montanha, onde permaneceu como sendo a cultura de grãos mais importante, devido à sua tolerância à seca e aos solos pobres (Jacobsen e Stolen, 1993).

A quinoa foi recentemente redescoberta pela comunidade científica, devido ao seu alto valor alimentar. É uma ótima opção granífera para cultivo em todo o mundo, por apresentar uma grande diversidade de genótipos e por permitir o seu cultivo em diferentes regiões do mundo, sendo ainda tolerante a diversas condições adversas, como a seca e solos salinos. A quinoa tem sido cultivada, especialmente nos Andes, em países como Colômbia, Chile, Bolívia, Equador e Peru (Jacobsen *et al.*, 2003).

A Bolívia e o Peru (Figura 1) destacam-se como os principais exportadores de quinoa, sendo responsáveis por 88% da produção mundial (Ruiz *et al.*, 2014), onde no período de 1980 a 2011 aumentou em cerca de 300%.

A Distribuição global de produção de quinoa, destaca o Peru e Bolívia como os principais produtores, seguidos pelo Equador, EUA e Canadá. Chile, Colômbia e Argentina produzem principalmente para consumo doméstico. Os outros países desenvolvem atualmente ensaios de campo com vista a melhorar a produção e produtividade desta cultura nos seus países (Ruiz *et al.*, 2014).

O cultivo da quinoa tem-se expandido também na Europa, América do Norte, Ásia e África, tendo, os americanos e europeus, realizado testes que demonstraram o potencial da quinoa como granífera para alimentação humana nestas regiões (Jacobsen *et al.*, 2003).

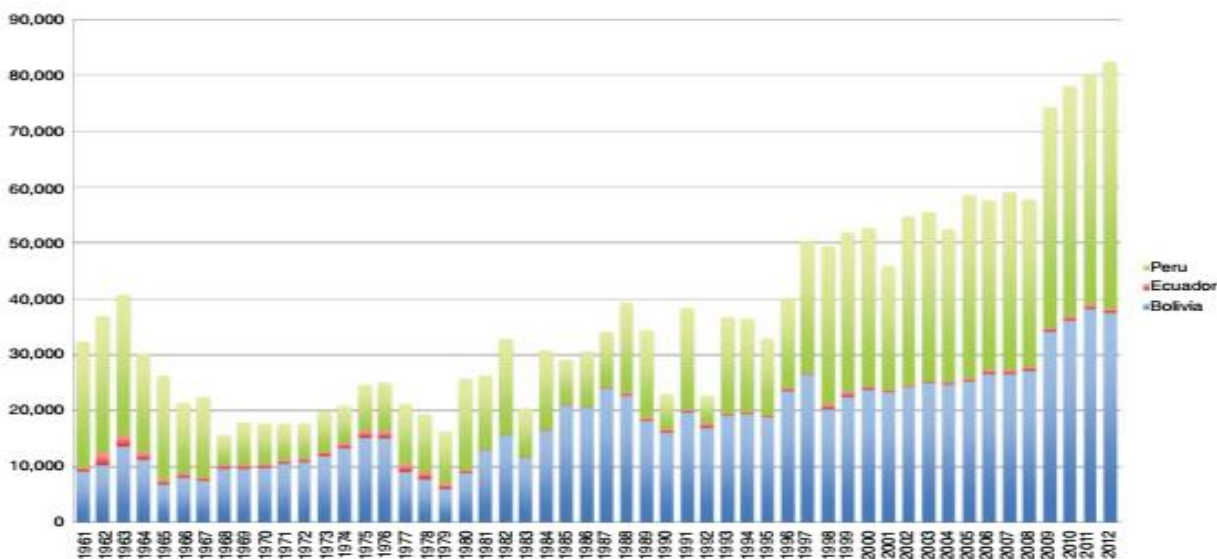


Figura 1. Área de produção mundial por país por ano em toneladas métricas (MT) durante o período de 1961-2012 (Arco, 2015).

1.1.2. Aspectos botânicos

A quinoa é uma planta anual ginomonóica (flores femininas e hermafroditas na mesma planta), pertencente à família chenopodiaceae, como o mastruz, a beterraba e o espinafre verdadeiro (incomum no Brasil), com uma haste ereta e folhas alternas, pecioladas e coloridas devido à presença de betacianinas. Possui sistema radicular pivotante, bem desenvolvido, profundo e ramificado, que penetra até 1,5 m abaixo da superfície, protegendo a planta contra estiagens. As folhas apresentam polimorfismo, as folhas superiores são lanceoladas enquanto que as inferiores são romboidais (Moraes filho, 2013).

O grão, fruto do tipo aquênio do mesmo tipo que o do arroz, amadurece enquanto a planta seca, o que permite colheita mecanizada. Os frutos, pequenos, achatados e sem dormência, constituem o material colhido e são denominados sementes. Quando amadurecem, apresentam rápida germinação na presença de umidade (Spehar, 2006).

1.1.3. Adaptação ecológica

A adaptabilidade da quinoa reflete a diversidade de ambientes que ocorrem na região de origem. Entretanto é uma cultura tolerância ao stresse (seca, acidez do solo, baixas temperaturas), elevados rendimentos de grãos e de biomassa, além de outras características agronômicas. Nas variedades disponíveis, a planta apresenta crescimento inicial lento. Após 30 dias, de crescimento acelera e a planta atinge até dois metros. Rapidez de crescimento é desejável para tornar a planta mais competitiva com relação às invasoras. A ocorrência e a deposição de oxalato de cálcio nas folhas possibilita a retenção de umidade, característica desejável na tolerância à seca. Portanto, nas condições de safra, quando escasseiam as chuvas, há produção de grãos nas variedades com maior densidade de oxalato, mesmo sob stresse no final do ciclo (Spehar, 2006).

1.1.4. Técnica cultural

1.1.4.1. Crescimento e desenvolvimento

Quinoa é uma dicotiledônea anual (C3) de 0,5 a 2 m de altura, terminando em uma panícula de flores pequenas e com apenas uma semente de cerca de 2 mm. Nas terras altas andinas, a quinoa é cultivada de Setembro a Maio e normalmente sem fertilizantes ou pesticidas. No Altiplano Boliviano, a data de sementeira varia entre o início de Setembro e o final de Novembro, de acordo com o ciclo da cultura, comprimento das diferentes cultivares e clima local, particularmente quando o solo está húmido o suficiente para germinação (Geerts e Garcia, 2012).

A prática de sementeira é a chave para o sucesso da quinoa. Se a sementeira for superficial há um risco de desidratação para a semente ou queimaduras solares, enquanto que se a sementeira for profunda pode dificultar a emergência (Geerts e Garcia, 2012).

A prática comum é semear entre 8 a 15 kg de sementes por hectare em linhas espaçadas de 0,4 a 0,8 m, no topo da cama ou no sulco, com plantas espaçadas de cerca 10 cm. Outra prática, adaptada a ambientes áridos onde a produção comercial é generalizada, consiste em agrupar várias plantas em poços espaçados cerca de 1 m de distância. Menos comuns são o

transplante (vales inter-andinos) ou a transmissão das sementes. Como os nutrientes são muitas vezes escassos no Altiplano, o amadurecimento precoce (\pm cerca de 30 dias após a sementeira) e desbaste de plantas são atividades importantes nas áreas onde a chuva é suficiente para permitir crescimento rápido das plantas. Em áreas áridas, em vez disso, o desbaste não são praticados, mesmo em produção comercial (Geerts e Garcia, 2012).

1.1.4.2. Rega e tolerância a seca

A água é essencial para a produção vegetal, pois tanto o déficit como o excesso prejudicam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Estudos relatam que o stresse hídrico reduz sensivelmente a produção vegetal e limita a atividade agrícola. Mesmo a quinoa, apresentando boa resistência ao déficit hídrico, responde muito favoravelmente à disponibilidade de água em quantidade ideal, permitindo o desempenho máximo das suas funções fisiológicas, o que pode proporcionar uma maior produtividade (Rêgo, 2015).

O consumo de água de diversas culturas tem sido estimado a partir de relações entre o coeficiente cultural (K_c) e graus-dia acumulados. 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 K_c durante as suas diferentes fases fenológicas (Maximiano, 2014).

Como já foi referido, a quinoa é tolerante à seca. Tem sido reportado que cresce com apenas 200 mm de precipitação anual num solo somente constituído por areia pura (Aguilar e Jacobsen, 2003). Rendimentos superiores a 100 kg/ha^{-1} foram relatados com irrigação de apenas 50 mm no deserto de Atacama, no norte do Chile. No entanto, os rendimentos aumentam significativamente em regiões áridas sob irrigação. Uma investigação inicial no Colorado mostrou que a quinoa rendeu melhor com 208 milímetros de irrigação. A adição de matéria orgânica tem-se mostrado útil para aumentar o rendimento de quinoa em condições áridas (Martínez *et al.*, 2009).

O efeito da seca sobre o rendimento varia com o estado de desenvolvimento da planta. Geerts *et al.*, (2006) citado por Peterson (2013), descobriram que a ocorrência de seca nos

estados iniciais de crescimento da quinoa melhorou a eficiência do uso da água. Quando a seca ocorreu durante o estado de pré-floração até ao estado de grão leitoso, foram observadas reduções significativas no rendimento. Jensen *et al.*, (2000), também encontraram baixos rendimento quando se registou a seca durante a fase de floração e do enchimento do grão. Adicionalmente, os aumentos de rendimento foram observados quando a seca simulada ocorreu durante a fase vegetativa.

A resistência à seca da quinoa é atribuída a características morfológicas, como um extenso e ramificado sistema radicular e a presença nas folhas de vesículas contendo oxalato cálcico, que são higroscópicos e reduzem a transpiração (Moraes filho, 2013). Segundo Geerts e Garcia (2012) o fato da quinoa ser resistente à seca, faz dela uma cultura cultivada só com a água da chuva, mesmo em locais semi-áridos. Os investigadores, no entanto, começaram a estudar o impacto de água adicional na produção de quinoa e descobriram que a irrigação deficitária (DI) era altamente benéfica. A irrigação deficitária (DI) já é praticada para a reintrodução de quinoa em regiões áridas do Chile. Por outro lado, atualmente, a quinoa raramente é cultivada sob irrigação total, uma vez que a pesquisa sob irrigação total da quinoa deu apenas resultados ligeiramente melhores do que o quinoa cultivada sob irrigação deficitária. Além disso, a água para a irrigação total é insuficiente em muitas regiões ou está em muitos casos indisponível.

1.1.4.3. Colheita

A colheita é determinada pelo teor de umidade da semente, que deve ser inferior a 20%, para diminuir perdas no processo de colheita e na pós-colheita. Observações mostraram que sementes colhidas com níveis superiores ao indicado podem fermentar e perder rapidamente a germinação e o vigor. A secagem, realizada sempre que o material colhido apresentar valores superiores a 20%, reduzindo a humidade para cerca de 12%. Neste nível podem-se armazenar as sementes por longo prazo. Entretanto, o uso de embalagens herméticas possibilita a manutenção da germinação por longos períodos, além de prevenir pragas do armazém (Spehar, 2006).

1.2. Fertilização das culturas

A escassez de alimentos ainda hoje existente em vastas regiões do globo, aliada às exigências necessárias mas por vezes excessivas da economicidade da agricultura nos países mais desenvolvidos, tem conduzido a que os fertilizantes tenham sido encarados, quase exclusivamente, como um meio de aumentar as produções. O fato de uma tal realidade nem sempre ter sido devidamente ponderada, justifica, pelo menos em grande parte, as críticas que, com intensidade crescente, vêm sendo feitas à fertilização, em particular aos adubos, como sejam as de que o seu uso está contribuindo para degradar a qualidade dos produtos agrícolas, baixar a fertilidade dos solos, e poluir águas e a atmosfera (Santos, 2015).

Santos 2015, define fertilidade do solo como sendo a capacidade do solo para alimentar, no sentido mais amplo, as culturas nele instaladas. Trata-se, evidentemente, de um conceito a que tem de se atribuir um sentido muito lato e que deve ser encarado como uma característica dinâmica, suscetível de sofrer, pelo menos em relação a alguns dos seus parâmetros, acentuadas variações ao longo do tempo.

1.2.1. Fertilizantes

É importante perceber que o solo sendo incapaz de alimentar a cultura instalada, precisará de matérias que podem ser adicionadas ao solo para fornecer nutrientes às plantas para suplementar sua fertilidade natural, a isso chamamos *fertilizantes*. Eles têm a função de suprir as necessidades das plantas diretamente, ao invés de indirectamente através da modificação de propriedade, tais como o pH do solo e a estrutura. Há, frequentemente, uma melhoria muito significativa tanto quanto na qualidade quanto na quantidade do crescimento da planta quando fertilizantes adequados são adicionados (Troeh e Thompson, 2007).

A mudança de uma sociedade agrária e a subsistência de um tipo de agricultura para uma sociedade moderna mecanizada é acompanhada por um aumento marcante no uso de fertilizantes. desde 1950, cerca de três quartos do aumento da produção de alimentos surgiram

mais do lucro do que da expansão das áreas para cultura. Estima-se que cerca de metade desse aumento de lucro pode ser atribuído ao uso de fertilizantes (Troeh e Thompson, 2007).

O uso correto de fertilizantes leva à produção de alimentos mais nutritivos. Geralmente, o tipo de fertilizantes não é de grande importância desde que forneça os nutrientes necessários. Fertilizantes orgânicos e minerais são ambos bons para as plantas e para os animais ou para as pessoas que se alimentam dessas plantas. Problemas de saúde acontecem quando elementos necessários são deficitários no solo e não são providos nas aplicações de fertilizantes. O uso crescente de fertilizantes em décadas recentes podem receber o mérito de ter melhorado tanto a qualidade quanto a quantidade do alimento (Troeh e Thompson, 2007).

O uso de fertilizantes é um meio muito importante de reduzir o custo unitário da produção de alimentos e de fibras. Um fazendeiro que utilize eficientemente fertilizantes possui uma grande vantagem competitiva sobre aquele que não o faça. Muito dessa vantagem é repassada para o consumidor na forma de preços mais baixos. O preço dos alimentos nos Estados Unidos e em muitos outros países seria muito maior se os fertilizantes não fossem usados. Portanto a rotação de cultura é uma razão importante para o uso de fertilizantes. A colheita de uma cultura interrompe o ciclo natural e impede que os nutrientes contidos nas plantas voltem para o solo que os forneceu. O fornecimento de nutrientes disponíveis no solo fica, portanto, reduzido e o crescimento futuro das plantas fica empobrecido. A exposição a condições climáticas de minerais do solo pode, normalmente, fornecer nutrientes suficientes para compensar pequenas perdas por lixiviação, mas não para perdas maiores resultante de colheitas. A adição de fertilizantes apropriados compensa a remoção de nutrientes da colheita (Troeh e Thompson, 2007).

O uso de azoto como fertilizante aumentou ainda mais radicalmente do que o uso tanto do fósforo como do potássio, isto se dá em parte porque a resposta ao uso do fertilizante azoto é frequentemente muito mais espetacular do que a resposta a outros elementos. Outro fator que contribuiu para o rápido aumento no uso do fertilizante de azoto foi a redução do preço do azoto durante a década de 1960. Azoto mais barato resultou em muita substituição de fertilizantes azotados por leguminosas com fixação de azoto na rotação de culturas. A utilização do fertilizante azotado permite aos fazendeiros plantarem milho e pequenos grãos continuamente ou mais frequentemente do que faziam anteriormente. O custo do azoto subiu rapidamente no início

dos anos 1970 juntamente com o custo do gás natural usado para fazer amônia, mas isso apenas fez parar o aumento do uso de fertilizantes azotado brevemente (Troeh e Thompson, 2007).

1.2.2. Fatores que afetam o uso de fertilizantes

O tipo e a quantia mais proveitosa de fertilizante a ser usado depende do tipo de cultura, solo, clima, economia e fatores gerenciais. A quantia efetiva usada depende desses fatores somados a características pessoais dos usuários. Alguns possuem idéias formadas a favor e outros contra fertilizantes de uma maneira geral ou por algum tipo em específico. Outros, não possuem informação suficiente para fazer o melhor uso do fertilizante (Troeh e Thompson, 2007).

1.2.2.1. O fator cultura

A aplicação de fertilizantes pode ter pouca eficiência, a menos que a cultura responda de forma clara à sua aplicação. Algumas culturas necessitam de uma quantidade relativamente elevada de alguns nutrientes. Por exemplo, uma cultura de luzerna obtém azoto do ar, mas precisa de quantidades elevadas de fósforo e potássio. Por outro lado, a família das gramíneas, requer quantidades significativas de azoto, mas a maior parte das necessidades deve ser satisfeita pela aplicação de fertilizantes (Troeh e Thompson, 2007).

Porém a produção de culturas em modo intensivo com fins comerciais, como por exemplo a batata, necessita de uma grande quantidade de fertilizantes. Esta quantidade aumenta ainda mais quando as culturas são cultivadas com irrigação (Troeh e Thompson, 2007).

1.2.2.2. O fator solo

A capacidade dos solos para fornecer nutrientes às plantas varia com o tipo de solo e com o tempo. A ação de agentes atmosférico e a lixiviação reduzem a fertilidade do solo, tornando-o “cansado”. A fertilidade da maioria dos solos em produção pode diminuir consideravelmente durante os primeiros anos de cultivo, uma vez que as colheitas removem nutrientes, sendo

frequentemente necessário repô-los recorrendo à aplicação de fertilizantes (Troeh e Thompson, 2007).

Muitos solos têm propriedade físicas que limitam a sua produtividade. São exemplo dessas propriedades a reduzida espessura ou a reduzida permeabilidade. Culturas que crescem em solos com estas características poderão responder de forma menos expressiva à aplicação de fertilizantes. Nestes solos, as quantidades de fertilizantes a recomendar são, em geral, menores do que em solos mais produtivos. A quantidade de fertilizantes a aplicar às culturas deve então obedecer ao potencial produtivo dos solos (Troeh e Thompson, 2007).

1.2.2.3. O fator clima

Em regiões de reduzida precipitação (menores que 400 mm por ano) devem usar-se quantidades relativamente pequenas de fertilizantes. Nestas regiões os riscos de lixiviação de nutrientes são reduzidos e a fertilidade do solo mantém-se em níveis relativamente elevados. Nestas regiões, a quantidade de água disponível no solo não justifica a utilização de grandes quantidades de nutrientes. A estratégia pode alterar-se se houver a possibilidade de introduzir rega (Troeh e Thompson, 2007).

Culturas que crescem em regiões húmidas (ou com irrigação) precisam de fertilizantes para melhorar os resultados de produção. A maioria dos solos de regiões húmidas perde quantidades significativas de nutrientes para plantas (exportação) e para a lixiviação. O fornecimento de água às culturas é uma técnica adequada para aumentar a produção, mas a produtividade pode ficar limitada pela disponibilidade de nutrientes, sendo frequentemente necessário aumentar a quantidade de fertilizantes utilizados (Troeh e Thompson, 2007).

1.2.2.4. O fator económico

O preço dos fertilizantes condiciona a quantidade a usar pelos agricultores. O aumento no consumo está associado a preços mais baixos e os preços mais elevados condicionam o seu uso. Os preços dos produtos da colheita têm um efeito oposto, ou seja, um preço mais elevado dos produtos da agricultura dará um maior retorno relativo a uma maior aplicação de fertilizantes. A

maioria dos países que usa quantidades limitadas de fertilizantes tem estes fatores de produção com preços altos em relação aos preços dos produtos da colheita. O aumento de proveitos gerados pelo uso de fertilizantes segue uma curva de rendimentos decrescente, ou seja, pequenas aplicações de fertilizantes resultam num maior rendimento por kg de nutrientes aplicado. As quantidades adicionais de fertilizantes resultam, em geral, em aumentos que são progressivamente menores nos rendimentos (Troeh e Thompson, 2007).

Eventualmente, é alcançado um ponto onde a última dose de fertilizante adicionada pouco aumenta o rendimento para que pague o custo de adicioná-lo (Troeh e Thompson, 2007).

1.2.2.5. O fator administrativo

Resultados associados à máxima produção dependem de muitos fatores. Os melhores agricultores aprendem como controlar ou como se ajustar ao maior número possível desses fatores. Entre estes fatores, estão o tipo de solo, clima, o tipo e a cultivar atual, antecedentes a fertilizantes, melhorias no solo, práticas de cultivo, controlo de insetos e plantas daninhas e o momento das operações.. Os agricultores, ou gestores agrícolas, que controlam com mais eficácia todos os fatores limitantes obtêm resultados melhores associados a lucros maiores. Estes agricultores/gestores podem fazer um uso mais proveitoso da aplicação de fertilizantes (Troeh e Thompson, 2007).

1.3. Aplicação de fertilizantes

Os fertilizantes podem ser aplicados antes, durante ou depois do plantio. A decisão em relação a esse aspeto depende parcialmente na quantidade de fertilizantes necessários. Uma pequena quantia pode ser aplicada convenientemente na altura da sementeira e grandes aplicações normalmente são feitas mais cedo ou mais tarde, podem ser divididas em duas ou mais partes (Troeh e Thompson, 2007).

Fertilizantes azotados são mais úteis quando aplicados um pouco antes de se tornarem necessários para evitar perda por lixiviação. Fósforo e potássio são menos móveis e podem ser aplicados antes da plantação. Eles podem, então, ser misturados com o solo. Em geral, é uma boa

opção mobilizar após uma aplicação elevada de P e K a culturas onde esses elementos sejam necessários e antes de fazer uma plantação permanente. Uma aplicação generosa e antecipada de P e K beneficiará a cultura durante o período do seu estabelecimento e será aproveitada também em anos futuros (Troeh e Thompson, 2007).

1.4. Resposta das plantas à fertilização azotada

As plantas absorvem azoto na forma nítrica e amoniacal. De uma maneira geral, as plantas absorvem predominantemente a forma nítrica, uma vez que, em solos bem arejados e de pH próximo da neutralidade, esta forma de azoto ocorre em concentrações mais elevadas. Também, a maior facilidade com que se movimenta no solo, inicialmente por fluxo de massa e posteriormente por difusão quando a sua concentração na rizosfera se reduz, facilita a sua absorção pelas raízes. Contudo, parece não estar de todo esclarecido se as preferências por uma ou outra forma de azoto são efectivamente decorrentes de diferenças genéticas ou se as plantas absorvem predominantemente a forma de azoto disponível no meio em que melhor se desenvolvem (Rodrigues e Coutinho, 2000).

Outros fatores, como a idade da planta e a temperatura do solo, parecem condicionar a forma de azoto absorvida. Em geral, as plantas jovens absorvem melhor o NH_4^+ , enquanto nas fases finais do ciclo a preferência manifesta-se sobretudo pelo NO_3^- . Para um grande número de espécies a utilização do NH_4^+ é maior que a utilização do NO_3^- a baixas temperaturas. Quando a temperatura do solo aumenta a forma preferencialmente absorvida passa a ser o NO_3^- (Rodrigues e Coutinho, 2000).

Como a grande maioria das plantas absorvem as duas formas de azoto, também aqui a preferência pode não ter haver só com a planta em si mas também com a forma de azoto mais abundante no solo, uma vez que as baixas temperaturas diminuem as taxas de nitrificação e, nestas condições, a forma NH_4^+ pode aumentar no solo. Também no final do ciclo haverá tendência para predominar a forma NO_3^- , devido à nitrificação contínua das formas amoniacais e, nessa fase, ser essa a forma absorvida em maior proporção (Rodrigues e Coutinho, 2000).

Do ponto de vista energético, o ião amónio parece ser a fonte de azoto preferível pelas plantas. O ião nitrato tem de ser reduzido antes de ser incorporado em compostos orgânicos e o

processo consome duas moléculas de NADH por cada íon NO_3^- reduzido. No entanto, os limites de tolerância das plantas para o NH_4^+ são muito baixos. Com níveis elevados produzem-se reacções tóxicas que podem retardar o crescimento e restringir o fornecimento de potássio, produzindo sintomas de deficiência deste nutriente. Pelo contrário, as plantas toleram e acumulam elevados níveis de nitratos nos seus tecidos (Rodrigues e Coutinho, 2000).

1.4.1. Efeito do azoto no crescimento e composição das plantas

O azoto é um constituinte importante das células vivas, sendo a sua concentração nas plantas da ordem de 1 a 5 %, quando referida à matéria seca (Santos, 2015). O azoto faz parte da clorofila, de todas as proteínas, incluindo os enzimas, dos ácidos nucleicos e de muitos outros componentes essenciais para os processos de crescimento. Está directamente envolvido na fotossíntese, na utilização dos glúcidos, na regulação hormonal e nos processos que controlam a hereditariedade. As plantas respondem rapidamente ao azoto aplicado como fertilizante. Quando fornecido em quantidades adequadas, estimula o desenvolvimento vegetativo e a expansão do sistema radicular. Quando em deficiência, ocorre o amarelecimento das folhas, a começar pelas mais velhas, a que se segue a senescência precoce das mesmas, acompanhada por redução ou paragem de crescimento. Quando em excesso, que pode acontecer quando se exagera nas quantidades aplicadas, ocorrem desenvolvimentos vegetativos luxuriantes que se traduzem por desequilíbrios nutritivos, devido à facilidade com que as plantas absorvem azoto para além das suas necessidades metabólicas, com consequências negativas na produção final. A acama fisiológica, uma maior susceptibilidade das culturas a pragas, doenças e condições ambientais desfavoráveis, atrasos na maturação e diminuição da qualidade dos produtos agrícolas são alguns dos efeitos negativos no desenvolvimento vegetativo atribuídos aos excessos de azoto (Rodrigues e Coutinho, 2000).

O azoto assume marcada influência no desenvolvimento do sistema radicular. A expansão do sistema radicular é promovida quando quantidades adequadas do nutriente estão disponíveis e inibida quando está em excesso no início da estação de crescimento. Como a expansão do sistema radicular é importante na absorção de água e nutrientes em estados posteriores, o azoto controla, desta forma, a taxa de crescimento das plantas. Elevadas taxas de

crescimento ocorrem apenas quando quantidades adequadas do nutriente estão disponíveis (Rodrigues e Coutinho, 2000).

1.5. Resposta da quinoa à fertilização azotada

Tendo por base os resultados dos primeiros ensaios com quinoa desenvolvidos no Colorado, Estados Unidos, foi elaborada uma primeira recomendação de 135 kg ha⁻¹ de N. No entanto, Oelke *et al.*, (1992), citado por Peterson (2013), após investigação mais detalhada, verificaram que as recomendações de fertilização foram aumentadas para 170-200 kg N ha⁻¹. O azoto aplicado que exceda estes níveis conduz a atrasos na maturação..

Em condições dinamarquesas, os aumentos de produção foram observados com aplicações N de 160 kg N ha⁻¹ em comparação com os níveis mais baixos de 120, 80 e 40 kg N ha⁻¹. No entanto, a resposta do rendimento nos níveis mais elevados foi mínima. Com 40 kg N ha⁻¹, o rendimento foi apenas 24,1% inferior a 160 kg N ha⁻¹. Ensaios na Dinamarca e nos países baixos resultaram em diferenças na resposta ao azoto aplicado entre locais e anos, embora tenham sido fornecidas recomendações gerais de 100-150 kg N ha⁻¹. Pouco azoto resultou em rendimentos maus, enquanto que o azoto em excesso de 150 kg N ha⁻¹ mostrou pouca eficiência (Peterson, 2013).

Outros autores referem que a quinoa responde à aplicação de fertilizantes azotados, em quantidades à volta de 20 kg/ha⁻¹ de N por tonelada de grãos que se espera produzir. Porém, os níveis elevados de azoto, favorecem a diminuição da produtividade, devido ao retardamento da maturação e intensa assimilação desse nutriente. O fósforo é requerido em doses variáveis entre 30 a 60 kg/ha⁻¹, nas condições óptimas de cultivo. No que respeita ao potássio, cada tonelada de grãos retira cerca de 30 kg/ha⁻¹ de K₂O. Altas doses de fósforo e de potássio resultam no aumento da fase vegetativa e não aumentaram o rendimento de grãos, mas tal facto pode ter ocorrido em razão do excesso de potássio (Maximiano, 2014).

No que se refere a fertilidade do solo não-limitante é muito rara. Pesquisa feita sobre os requisitos de azoto e fósforo realizado no Colorado, Estados Unidos, descobriu que os rendimentos máximos acima de 4,5 toneladas por hectare são possíveis quando forem aplicados 170 a 200 kg N/ha⁻¹. Em áreas de cultivo tradicional, algum esterco de ovelha ou lama é aplicado

quando disponível; mas principalmente a quinoa é semeada em campos não fertilizados. Se semeado após a batata, o suprimento de nutrientes geralmente é melhor do que nutrientes sobranes da adubação de batata (Geerts e Garcia, 2012).

II. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização da área do ensaio

O ensaio foi instalado na Quinta de Santa Apolónia da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança (Latitude, 41° 47' 52,06" N e Longitude, 6° 45' 58,65" W) localizada no distrito de Bragança.

2.2. Clima

O município de Bragança possui um clima temperado com características mediterrânicas. A uma escala regional, o clima depende fundamentalmente da circulação atmosférica nas zonas de transição entre os continentes e o oceano. Porém o inverno é longo, frio e húmido, enquanto que o verão é quente e seco, com precipitações bastante baixas e dias prolongados. A uma escala ainda mais fina, o clima local pode ser afectado pelo relevo ou pela proximidade de massas de água (rios ou lagos). A posição interior de Trás-os-Montes faz com que esteja fechada às influências marítimas, não só pelo oeste mas também pelo norte, através do sistema Galaico-Duriense (El Teleno, 2188 m) e pelos montes Cantábricos (Cml, 2016).

Segundo Koppen a região em estudo é classificado com clima Csb que corresponde a um clima temperado com invernos suaves (Branco, 2014).

A figura 2 apresenta os valores da precipitação e da temperatura média mensal da normal climatológica de 1971-2000 para Bragança. A temperatura média anual é de 12,3 °C e a precipitação anual é 757,5 mm (Ipma, 2014).

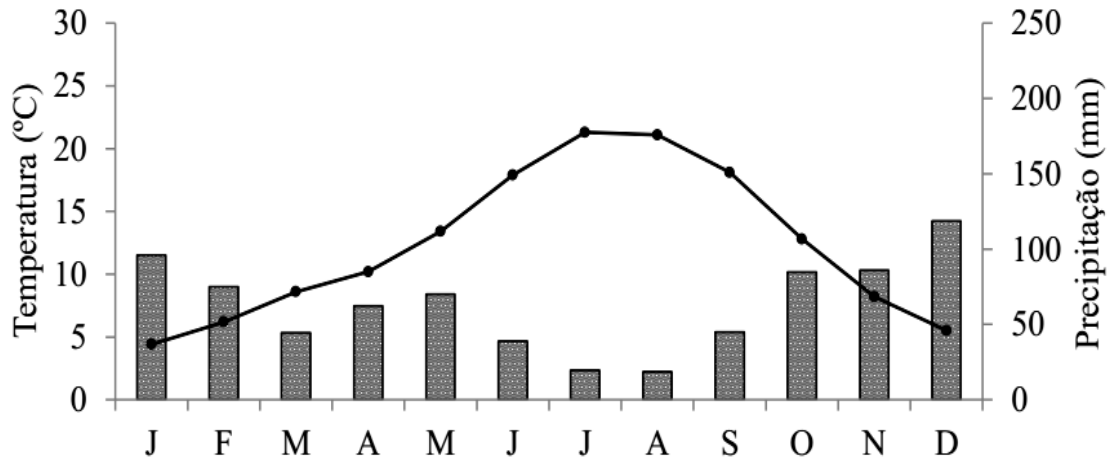


Figura 2. Temperatura e precipitação média mensal acumulada no período 1971-2000 em Bragança.

Durante a condução do ensaio verificou-se que a temperatura média variou entre os 5,4 em Dezembro os 22,6 °C em Julho. A partir do mês de Outubro as temperaturas mantiveram-se abaixo da temperatura ótima (15-25 °C) para a quinoa, tendo atingindo valores mais críticos em Dezembro.

Observar-se também na figura 3 que durante o período do ensaio os valores de precipitação mensal acumulada variaram de 0,2 a 78,1 mm, registados nos meses de Julho e Novembro respectivamente. A precipitação total durante os meses de Maio a Dezembro do ano 2016 foi de 213,94 mm representando 44,46% da precipitação média da região. Ou seja, tratou-se de um ano com uma primavera e verão muito secos.

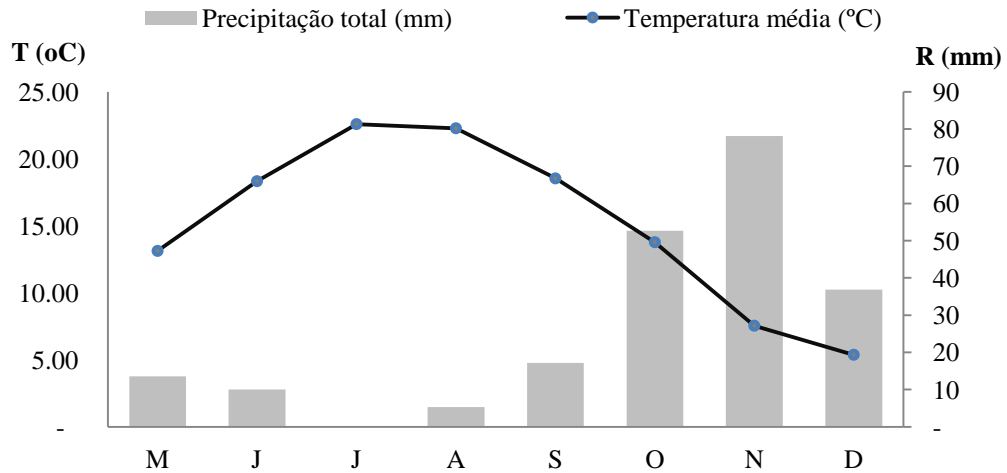


Figura 3. Valores de precipitação mensal acumulada (barras) e temperatura média do ar em (linha) de Maio a Dezembro de 2016.

2.3. Solo

2.3.1. Características do solo do ensaio

O solo da parcela onde decorreu o ensaio classifica-se como cambissolo êutrico. A Tabela 1 apresenta as outras características gerais do solo da área de ensaio, determinadas pelos métodos em vigor na Unidade de Química Analítica - Laboratório de Análises de Solos e Plantas da ESAB.

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo.

Caraterísticas físicas ⁽¹⁾		Caraterísticas químicas	
Areia (%)	54,4	pH (H ₂ O) ⁽²⁾	5,7
Limo (%)	21,8	pH (KCl) ⁽²⁾	4,8
Argila (%)	23,9	P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹) ⁽³⁾	208
Textura	Franca	K ₂ O (mg kg ⁻¹) ⁽³⁾	183
		Matéria orgânica (%) ⁽⁴⁾	1,02
		Complexo de Troca ⁽⁵⁾	
		Ca ²⁺ (cmol kg ⁻¹)	9,20
		Mg ²⁺ (cmol kg ⁻¹)	4,92
		K ⁺ (cmol kg ⁻¹)	0,41
		Na ⁺ (cmol kg ⁻¹)	0,17
		Acidez de troca (cmol kg ⁻¹)	0,13
		CTCe (cmol kg ⁻¹)	14,83

(1) A textura foi avaliada pelo método da pipeta de Robinson

(2) pH (H₂O e KCl) determinados numa proporção de água e KCl 1M de 1:2,5

(3) Fósforo potássio extraíveis pelo método Égner-Riehm

(4) Matéria orgânica avaliada pelo método Walkley-Black

(5) Capacidade de Troca Catiónica do solo avaliada pelo método que usa acetato de amónio tamponizado a pH 7,0.

2.4. Condução do ensaio

2.4.1. Preparação do solo

Na preparação do solo realizou-se uma lavoura com ajuda de um trator acoplado a uma charrua de aivecas. A lavoura foi realizada no sentido perpendicular ao declive do terreno. Fez-se uma gradagem de modo a destroçar os torrões deixados pela charrua.

2.4.2. Demarcação da área

Após a preparação do terreno, procedeu-se a demarcação da área experimental, utilizando-se estacas de madeira, fita métrica e corda. Os tratamentos possuíam uma área de 24 m² ou seja 4 x 6 m para 4 níveis de azoto equivalente a 96 m². As repetições estavam distanciadas a 1 metro o que totalizou uma área experimental de 320 m².

2.4.3. Adubação e sementeira

Antes da sementeira, e de acordo com o protocolo, procedeu-se à fertilização. O modo de aplicação do fertilizante foi a lanço feita manualmente ao longo dos respectivos tratamentos. Para efeitos de adubação de fundo no dia 25 de Maio o fósforo e o potássio foram aplicados nas quantidades de 100 kg/ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O nas formas de cloreto de potássio (60% K₂O) e superfosfato de cálcio (18% P₂O₅). No que respeita à adubação azotada foi feita uma aplicação nas diferentes doses à sementeira e foi efetuada uma aplicação de cobertura a 10 de agosto de 2016 no início da floração. No total aplicaram-se 0, 66, 133 e 200 kg N/ha⁻¹ (N0, N1, N2 e N3 respetivamente como se verá na parte do delineamento experimental) tendo sido usado o adubo nitromagnésio 27% N e a dose total dividida de 50% em cada uma das datas de aplicação.

2.4.4. Delineamento experimental

Para alcançar os objetivos propostos, o ensaio foi conduzido utilizando um delineamento experimental em Blocos Subdivididos, constituído por dois factores rega e azoto. O ensaio foi

composto por 12 tratamentos, quatro níveis de azoto e três regimes de rega de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Delineamento experimental com três regimes de rega e quatro doses de azoto.

Tratamentos	Descrição	
	Rega (% de ETc)	Azoto (kg/há ⁻¹)
R0N0	0	0
R0N1	0	67
R0N2	0	133
R0N3	0	200
R1N0	50	0
R1N1	50	67
R1N2	50	133
R1N3	50	200
R2N0	100	0
R2N1	100	67
R2N2	100	133
R2N3	100	200

2.4.5. Rega

Um dos objetivos do trabalho visava analisar os efeitos da irrigação em quatro níveis de adubação azotada (tabela 2) sobre as características nutricionais da planta e folha de quinoa. Para tal, foi instalado um sistema de rega localizada, do tipo gotejamento. A linha principal foi constituída por uma tubagem de polietileno de 30 mm de diâmetro e a lateral por uma tubagem de 16 mm com gotejadores espaçados a 30 cm com um caudal médio de 1,5 l/h.

Foram implementados três regimes de rega (R 0%, R1 50%, R2 100%). Para doze (12) tratamentos e quatro níveis de azoto, a dotação aplicada foi determinada em função da evapotranspiração de referência diária (ET_o) e do coeficiente cultural. No regime R1 foi aplicada 50% da ETc e no regime R2 100% da ETc. O intervalo entre regas foi de 2 a 3 dias.

2.4.6. Material vegetal

O material vegetal (semente) de quinoa utilizado neste trabalho foi a variedade Blanca de Juli, cujas características estão apresentadas na tabela 3. Antes da sementeira fez-se a marcação das linhas e com uma enxada a uma profundidade de 2 a 3 cm. As mesmas ficaram distanciadas 40 cm totalizando 7 linhas por tratamento. Posteriormente colocaram-se as sementes nas respectivas linhas onde de seguida se procedeu à cobertura tendo-se o cuidado de não colocar muita terra para facilitar a emergência. A sementeira foi realizada no dia 25 de Maio de 2016.

Após a emergência procedeu-se a remoção das plantas em linhas onde havia maior aglomeração de plantas. Esta operação foi feita a mão e consistia em deixar duas a três plantas por cova a uma distância de 10 cm entre plantas na linha. Para as parcelas onde havia muitas falhas na emergência procedeu-se a retanchar.

Tabela 3. Características da variedade de quinoa Blanca de Juli utilizada no ensaio.

<i>Adaptação</i>	
Clima frio e seco; precipitação de 450 a 600 mm, com temperatura de 4 a 15° C, solos de textura franco e franco arenoso com pH de 5,5 a 8	
<i>Descrição morfológica</i>	
Forma do caule principal	Sem ângulos
Hábito de crescimento	Simplex
Ciclo vegetativo	160 dias (Semi-precoce)
Altura média da planta	120 cm
Rendimento médio	1,5-2 ton/há
<i>Duração das fases fenológicas</i>	
<i>Dias</i>	
Dias até a emergência das plantulas	7
Dias antes do surgimento das paniculas	63
Dias antes da floração	105
Dias ate a maturação fisiológica	160
<i>Reação a fatores abióticos</i>	
Baixa temperatura	Tolera
Seca	Tolera
Humidade	Tolera

Fonte: Adaptado de Apaza *et al.* (2013) e Gómez *et al.* (2008)

2.4.7. Controle de infestantes

Para controlar as infestantes e evitar a concorrência para a luz, água e nutrientes entre as plantas, realizaram-se várias sachas de acordo com a necessidade. Esta operação foi feita manualmente com ajuda de uma enxada; algumas vezes só foi necessária uma monda.



Figura 4. Controle de infestante e retanchar da cultura da quinoa.

2.4.8. Controle de pragas e doenças

Para o combate de pragas foi usado um inseticida específico (sistêmico) à base de Pirimicarbe 50%. A Figura 6 mostra algumas pragas que atacaram o ensaio.



Figura 5. Danos provocados por pragas.

2.5. Determinações

2.5.1. Avaliação do estado nutritivo das plantas com aparelhos portáteis

O teor em clorofila nas folhas foi avaliado usando um medidor de clorofila portátil SPAD-502 plus. Este equipamento estima, nas leituras de SPAD, a quantidade de luz transmitida pela folha em duas regiões de comprimento de onda em que os pigmentos de clorofila absorvem (650 nm, luz vermelha) e não absorvem (940 nm, luz infravermelha) a radiação que passa pela folha. As leituras foram efetuadas em folhas jovens totalmente expandidas. Estas leituras foram efetuadas no dia 12 de Julho de 2016.

2.5.2. Avaliação do estado nutritivo das plantas a partir das análises foliares

Para avaliação do estado nutritivo das plantas procedeu-se à colheita de folhas jovens completamente expandidas na data de 11 de Agosto de 2016. As folhas foram conduzidas ao laboratório e secas numa estufa de ventilação forçada Memmert até o peso constante. Depois de secas foram moídas num moinho Cyclotec com um crivo de 1 mm de malha.

2.5.3. Avaliação da biomassa produzida

No final do ensaio procedeu-se à avaliação da biomassa produzida. Para isso fez-se o corte de plantas numa unidade linear de 1 metro. Essas plantas foram pesadas em fresco e uma subamostra de cada nível de azoto (uma planta) foi pesada e colocada numa estufa de ventilação forçada Memmert a uma temperatura de 70 °C durante quatro dias até peso constante para avaliação da matéria seca de cada planta, com base na área colhida (0,4 m²) as plantas secas foram moídas para posterior determinação da composição mineral.

2.5.4. Composição mineral das folhas e das plantas inteiras

No material vegetal (folhas e plantas inteiras) foram efetuadas as determinações dos macroelementos: azoto (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn).

Determinação da concentração em azoto - Para a determinação da concentração em azoto pesou-se 1 g de matéria seca para tubos de digestão para equipamentos de avaliação de azoto pelo método Kjeldahl. Adicionou-se 15 ml de ácido sulfúrico e duas pastilhas de um catalisador e os tubos foram posteriormente colocados num bloco de digestão em alumínio à temperatura de 400 °C durante 40 minutos. Terminado o período de digestão, e após um período de arrefecimento, colocou-se o tubo de digestão num equipamento automático *Kjeltec TM 8400 Analyser unit FOSS*. No processo de determinação do azoto é adicionada uma quantidade de hidróxido de sódio acompanhado de vapor de água a cada tubo. A amónia formada é arrastada na corrente de vapor e titulada com ácido clorídrico num vaso com uma solução recetora de ácido bórico e indicadores (verde de bromocresol e vermelho de metilo) (Bremner, 1996).

Determinação da concentração em P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn e Mn – Para a determinação dos restantes nutrientes foi colocada uma toma de 0,25 g de matéria seca em tubos de teflon próprios para um digestor por micro-ondas MARS à qual foi adicionada uma porção de 10 ml de ácido nítrico. A solução obtida foi de seguida diluída até 50 ml. A partir desta solução procedeu-se à determinação de fósforo pelo método que consiste no desenvolvimento de uma cor azul de molibdénio e que usa o ácido ascórbico como agente redutor, cuja intensidade é avaliada (um complexo fosfomolibdato de amónio num espectrofotómetro a 880 nm. Os catiões Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} e Mn^{2+} , foram determinados no extrato, por espectrofotometria de absorção atómica (Walinga *et al.*, 1997) num equipamento *PYE Unicam PU 9100X*.

2.6. Tratamento estatístico dos resultados

A análise dos resultados foi efetuada no programa estatístico JMP. Na análise estatística dos resultados procedeu-se à análise de variância. As médias com diferenças significativas foram separadas com o teste Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estado nutritivo das plantas foi feito a meio do ciclo vegetativo da cultura com recurso a aparelhos portáteis, nomeadamente ao SPAD 502, e às análises foliares. Apresentam-se agora os resultados dessas análises.

3.1. Avaliação do estado nutritivo das plantas com aparelhos portáteis

A Figura 6 mostra a relação entre os regimes de rega correspondentes à condição de sequeiro (R=0), a 50% das necessidades de rega (R1), a 100% das necessidades de rega (R2) e as leituras SPAD obtidas nas folhas. É possível observar que as plantas em melhor estado hídrico, associadas à rega que corresponde a 100% das suas necessidades, originaram os valores mais elevados de SPAD, valores significativamente diferentes do regime de rega R2. Os valores mais elevados indicam em geral maior concentração de clorofila, associados neste caso a situação de menor limitação de disponibilidade de água. Os valores obtidos em R0 não diferiram significativamente nem de R1 nem de R2.

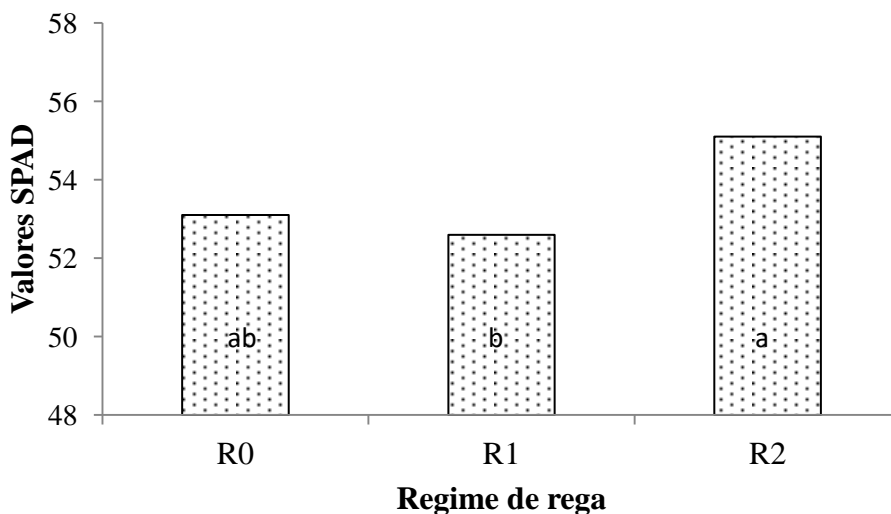


Figura 6. Relação entre as leituras SPAD e os regimes de rega R0, R1 e R2. As letras nas colunas são o resultado da análise de variância. Letras diferentes indicam médias significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

Na Figura 7 apresenta-se a relação entre as leituras SPAD e as doses de azoto aplicadas à cultura. As doses crescentes de azoto afetaram significativamente os valores das leituras que aumentaram de uma forma linear, o que mostra de forma inequívoca a influência deste nutriente no conteúdo em clorofila. O valor médio mais elevado foi de 56,9 na modalidade N3 e o mais baixo foi de 50 registado em N0. Resultados semelhantes de leituras SPAD foram obtidos por outros investigadores quando estudaram o efeito de doses crescente de azoto na cultura de stevia (*Stevia rebaudiana*) (Rodrigues *et al.*, 2017). No entanto, os valores obtidos necessitam de confirmação em futuros ensaios para que se possam considerar como valores padrão indicativos do estado nutritivo das plantas de quinoa.

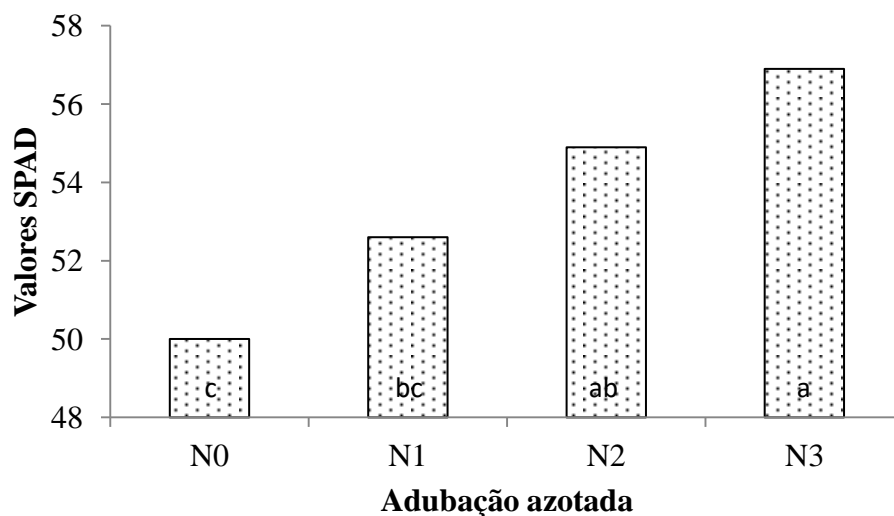


Figura 7. Relação entre as leituras SPAD e as doses de azoto aplicadas N0 (sem aplicação de N), N1 (67 kg/ha), N2 (133 kg/ha) e N3 (200 kg/ha). As letras nas colunas são o resultado da análise de variância. Letras diferentes indicam médias significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

3.2. Avaliação do estado nutritivo das plantas a partir das análises foliares

A influência dos regimes de rega na concentração de N nas folhas pode ver-se na Figura 8. O regime de rega R1 influenciou a concentração de N permitindo que os teores fossem significativamente superiores ($24,2 \text{ g kg}^{-1}$) aos de R0 ($21,1 \text{ g kg}^{-1}$). A maior disponibilidade de água no solo favoreceu a movimentação deste nutriente até às raízes que passaram a ter condições de absorver maior quantidade de N.

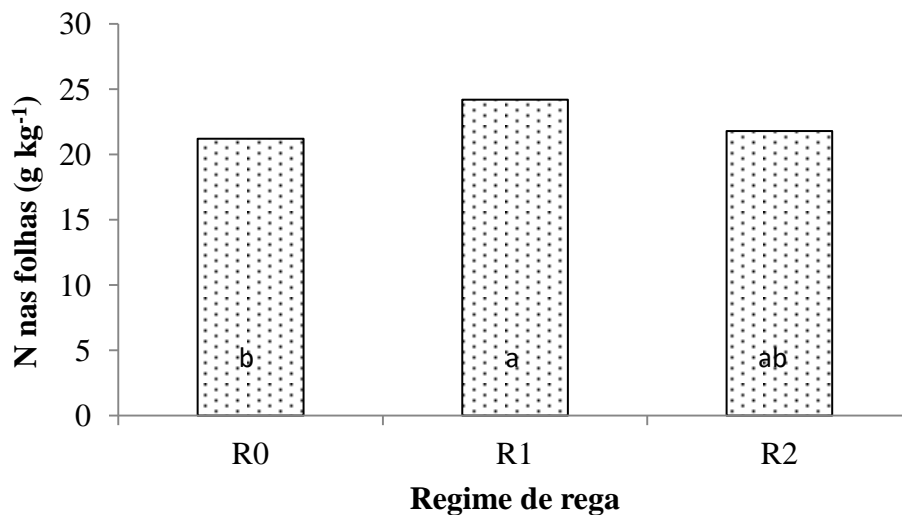


Figura 8. Influência dos regimes de rega na concentração de N nas folhas. As letras nas colunas são o resultado da análise de variância. Letras diferentes indicam médias significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

A Figura 9 reflete o efeito das diferentes doses de N na concentração deste nutriente nas folhas. Os resultados mostram que a fertilização azotada, afetou significativamente o teor de azoto, tendo-se observado a maior concentração em N3 ($25,8 \text{ g kg}^{-1}$) valor que diferiu significativamente dos teores nas folhas dos tratamentos N0 e N1 ($18,2 \text{ g kg}^{-1}$ e $20,3 \text{ g kg}^{-1}$ respetivamente). A concentração de N nas folhas do tratamento N2 (cerca de 25 g kg^{-1}) foi significativamente superior à concentração de N nas folhas do tratamento N0).

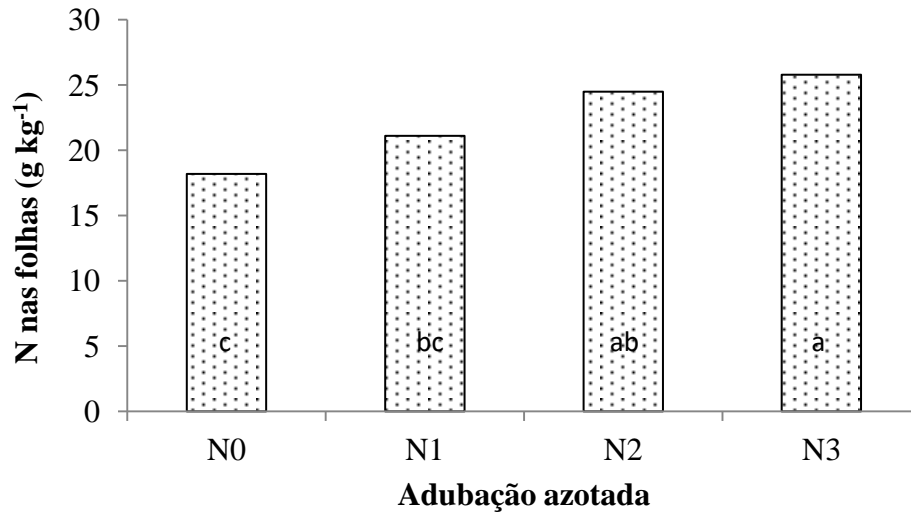


Figura 9. Relação entre os tratamentos de fertilização azotada e a concentração de N nas folhas. As letras nas colunas são o resultado da análise de variância. Letras diferentes indicam médias significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

Observa-se na Figura 10 a relação entre os tratamentos de fertilização azotada e a concentração de N nas folhas, considerando os diferentes regimes de rega. Os resultados mostram que, em geral, as folhas acumulam mais azoto com as doses crescentes aplicadas. A exceção vai para o regime R1 cujo perfil de resposta se revelou atípico, muito provavelmente devido a erros experimentais. Os teores mais baixos registados em R2 relativamente às concentrações de N nas folhas dos outros regimes estão provavelmente associados a efeitos da diluição do nutriente numa maior quantidade de biomassa produzida.

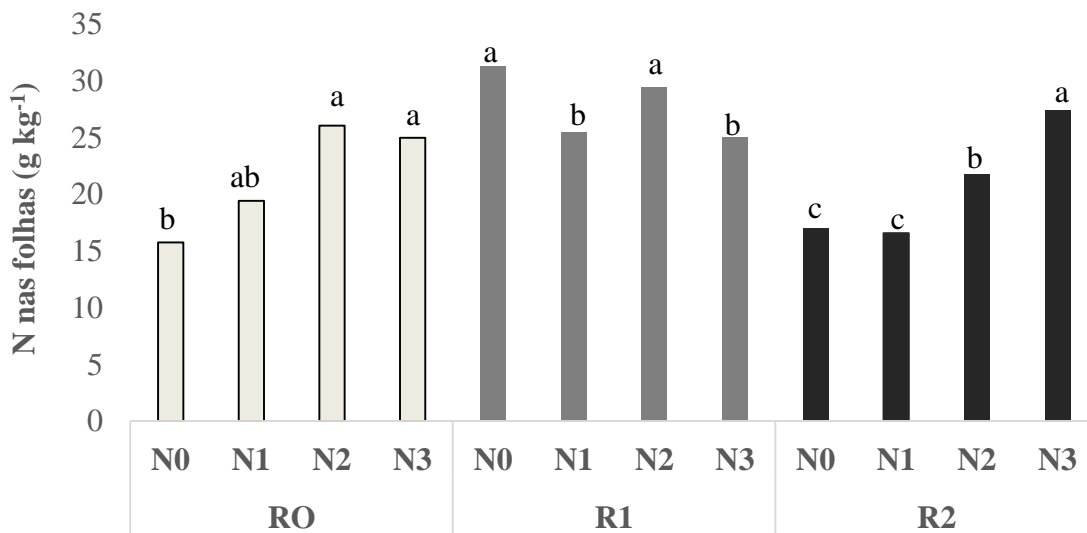


Figura 10. Relação entre os tratamentos de fertilização azotada e a concentração de N nas folhas, considerando os regimes de rega. As letras nas colunas são o resultado da análise de variância. Para as colunas de cada regime de rega, letras diferentes indicam médias significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

A concentração de outros nutrientes nas folhas pode visualizar-se na tabela 4. Os resultados analíticos mostram que houve influência significativa dos diferentes regimes de rega e níveis de adubação azotada na concentração dos nutrientes nas folhas.

A rega influenciou decisivamente a quantidade de fósforo nas folhas. Este elemento movimenta-se no solo até às raízes por difusão, sendo necessária a existência de um gradiente de concentração originado pela diminuição da concentração deste nutriente à superfície da raiz e sendo ainda necessária a existência de água no solo para que este elemento pouco móvel chegue à raiz para ser absorvido (Santos, 2015). O potássio não parece ter sido afetado pela rega e o cálcio e magnésio bem como os micronutrientes cobre, ferro e zinco têm a sua concentração nas folhas significativamente inferior relativamente à modalidade sem rega. É possível que nestes casos a maior produção em biomassa tenha contribuído para a diluição dos nutrientes.

No que respeita ao efeito da adubação azotada na concentração de nutrientes nas folhas, pode dizer-se de forma genérica que a maior disponibilidade de N no solo potenciou a maior absorção de outros elementos, dando força à lei de Liebig que diz que a produção das culturas é sempre limitada pelo nutriente menos disponível no solo (Santos, 2015). No entanto, as

diferenças só foram significativas entre N0 e N2 para os elementos fósforo, cálcio e magnésio. No que respeita ao potássio as diferenças só foram significativas entre N0 e N3. No que respeita à influência da adubação azotada na concentração de micronutrientes nas folhas, não se verificaram diferenças significativas, ou seja a concentração destes elementos nas folhas não parece ter sido afetada pelas doses de N disponíveis.

Entretanto, quanto aos outros elementos a tabela 4 mostra que o regime de rega afetou significativamente a concentração de ferro (246,1 mg kg⁻¹), zinco (83,7 mg kg⁻¹) e cobre (12,4 mg kg⁻¹) nas folhas, enquanto a adubação azotada não afetou o ferro, cobre, zinco e manganês. Genericamente, a concentração destes elementos nas folhas aumenta com a diminuição da lâmina de água aplicada, enquanto a concentração de manganês (90,7 mg kg⁻¹) aumentou com o aumento de lâmina de água aplicada. A adubação azotada não influenciou significativamente a concentração de micronutrientes nas folhas.

Tabela 4. Concentração de outros nutrientes nas folhas.

Regime de rega	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
	-----g kg ⁻¹ -----			
R0	2,3 c	49,8 a	9,7 ^a	9,5 ^a
R1	2,9 a	41,4 a	8,9 ^a	8,0 ^b
R2	2,5 b	48,0 a	7,7 ^b	7,5 ^b

Adubação azotada				
N0	2,7 a	39,2 b	8,2 b	7,3 b
N1	2,6 ab	44,0 ab	8,8 ab	8,6 a
N2	2,4 b	49,6 ab	9,6 a	9,1 a
N3	2,7 a	52,9 a	8,5 ab	8,4 ab

Tabela 5. (continuação)

Regime de rega	Cobre	Ferro	Zinco	Manganês
	-----mg kg ⁻¹ -----			
R0	12,4 a	246,1 a	83,7 a	66,7 b
R1	10,0 b	151,9 b	52,7 b	90,7 a
R2	8,2 c	208,7 ab	57,8 b	83,8 ab
Adubação azotada				
N0	10,1 a	210,5 a	66,1 a	74,7 a
N1	9,9 a	193,7 a	66,5 a	91,5 a
N2	9,7 a	225,0 a	63,8 a	81,2 a
N3	11,0 a	179,6 a	62,6 a	74,2 a

3.3. Avaliação da biomassa produzida

Em relação à quantidade de semente produzida, principal objeto da produção de culturas, tal não foi possível registrar uma vez que o ciclo vegetativo desta cultura é demasiado longo para as condições climáticas de Bragança e as plantas não puderam completar o ciclo. Assim, este objetivo não foi atingido com este trabalho. Apresentam-se apenas os resultados da biomassa produzida por regime de rega e por tratamento de fertilização azotada.

Relativamente à relação entre a produção de matéria seca e os regimes de rega R0, R1 e R2 Figura 11, pode verificar-se que a rega afetou significativamente a produção de biomassa. A maior produção verificou-se em R2 (19,51 Mg ha⁻¹), sem diferenças significativas para R1 (17,12 Mg ha⁻¹), e ambos os regimes com produção significativamente superior a R0 (4,3 Mg ha⁻¹) obteve pior resultado. Daqui pode concluir-se que quanto maior for a quantidade da lâmina de água, maior será a produção de biomassa.

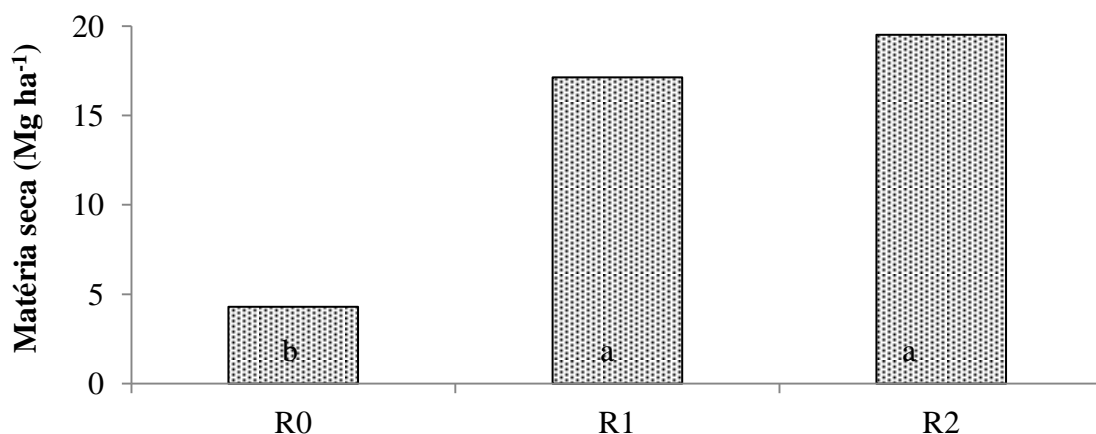


Figura 11. Relação entre a produção de matéria seca e os regimes de rega R0, R1 e R2. As letras nas colunas são o resultado da análise de variância. Para as colunas de cada regime de rega, letras diferentes indicam médias significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

O efeito das doses crescentes de azoto na produção de matéria seca pode visualizar-se na Figura 12. Os valores expressos nessa figura relatam que a fertilização azotada afetou significativamente a biomassa produzida sendo que foi em N2 que se registou o maior valor médio de produção ($16,75 \text{ Mg ha}^{-1}$) embora sem diferenças significativas para N3 ($16,03 \text{ Mg ha}^{-1}$) e N1 ($14,49 \text{ Mg ha}^{-1}$). A produção obtida em N0 foi significativamente inferior ($7,34 \text{ Mg ha}^{-1}$)

Kakabouki *et al.*, (2014), num estudo sobre o efeito da fertilização azotada no crescimento e produção de quinoa na região oeste da Grécia, também registaram efeitos significativos da adubação azotada, tendo registado os maiores valores de N para quantidade aplicadas na ordem de 200 kg ha^{-1} .

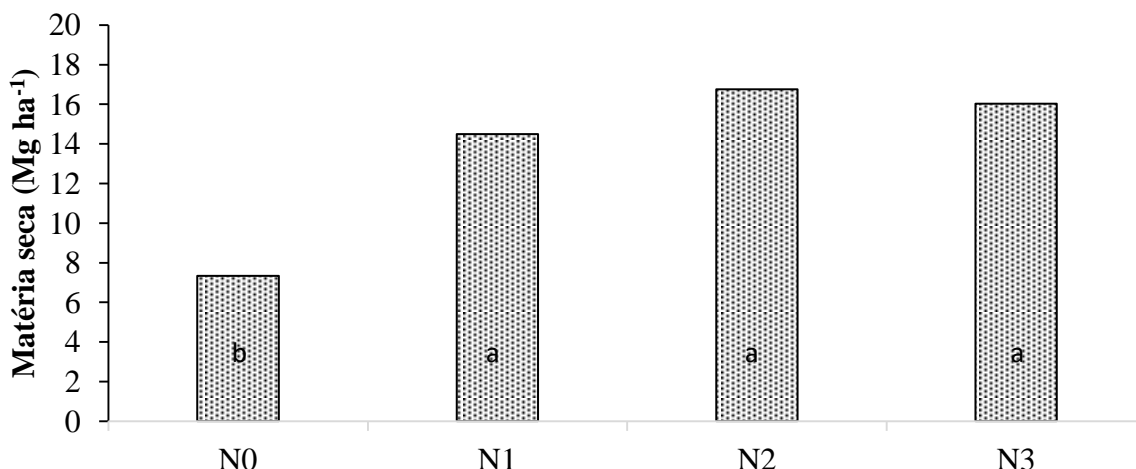


Figura 12. Relação entre a produção de matéria seca e a adubação azotada efetuada. As letras nas colunas são o resultado da análise de variância. Para as colunas de cada regime de rega, letras diferentes indicam médias significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

Mitscherlich desenvolveu uma equação matemática a partir da relação entre a produção das culturas e as doses crescentes de um nutriente no solo e a partir da qual é possível identificar uma concentração do nutriente no solo associada ao “máximo de produção física” da cultura. No entanto, esta equação não permitia visualizar um efeito potencialmente prejudicial associado ao excesso desse nutriente. Esse problema foi ultrapassado com o ajustamento de uma equação polinomial do segundo grau do tipo:

$$Y = a + bx - cx^2,$$

Em que o termo negativo da equação ($-cx^2$) indica esse efeito negativo do excesso (Varenes, 2006).

Na Figura 13 apresentam-se as equações de produção associadas à relação entre a produção e as diferentes doses de N em cada um dos regimes de rega. Identifica-se ainda as doses de azoto associadas ao máximo de produção física desta cultura. Nas condições deste trabalho, as doses de azoto associadas ao máximo de produção física de biomassa é de 140 kg N ha⁻¹ para a R0, 189,8 kg N ha⁻¹ para R1 139 kg N ha⁻¹ e para o R2, valores um pouco inferiores aos identificados por Kakabouki *et al.*, (2014).

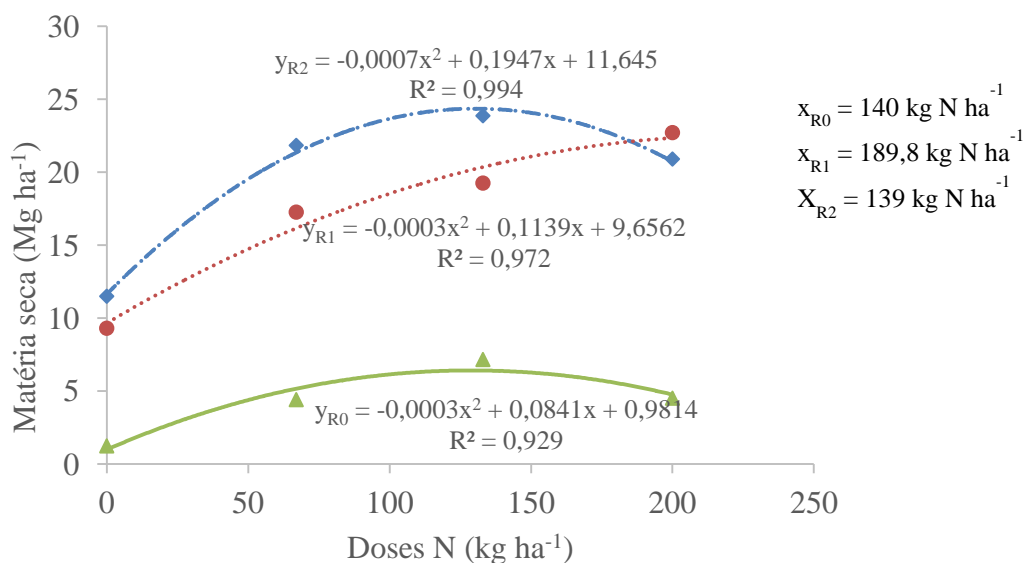


Figura 13. Identificação da dose de azoto associada ao máximo de produção física desta cultura.

A Figura mostra que a dose de perto de 140 kg N ha⁻¹ associada ao máximo de produção física em R0 e R2 será uma dose de azoto muito mais eficiente se o solo tiver a quantidade de água necessária para as necessidades da cultura, uma vez que há maior quantidade de biomassa associada à mesma quantidade de azoto aplicada em R0.

3.4. Composição mineral das plantas inteiras

A concentração em N das plantas no seu todo, em função dos regimes de rega pode visualizar-se na Figura 14. Os resultados mostram que a rega afeta significativamente o azoto na planta, sendo que em R0 (21,9 g kg⁻¹) a concentração foi significativamente superior à concentração de N em R1 (20,6 g kg⁻¹) e R2 (18,6 g kg⁻¹) que não diferiram significativamente entre si.

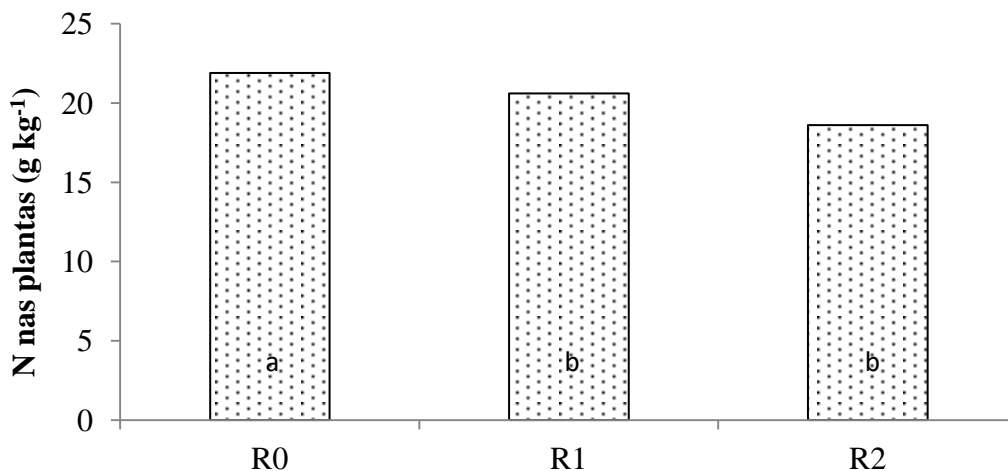


Figura 14. Relação entre concentração de N na matéria seca das plantas inteiras e os regimes de rega R0, R1 e R2. As letras nas colunas são o resultado da análise de variância. Para as colunas de cada regime de rega, letras diferentes indicam médias significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

A Figura 15 apresenta as doses crescentes de N resultaram num aumento da concentração deste nutriente nos tecidos das plantas inteiras. Em N3 a concentração média foi de 22,4 g kg⁻¹, N2 registou 20,8 g kg⁻¹ e N1 20,7 g kg⁻¹, valores significativamente superiores aos registados na testemunha N0 (17,7 g kg⁻¹).

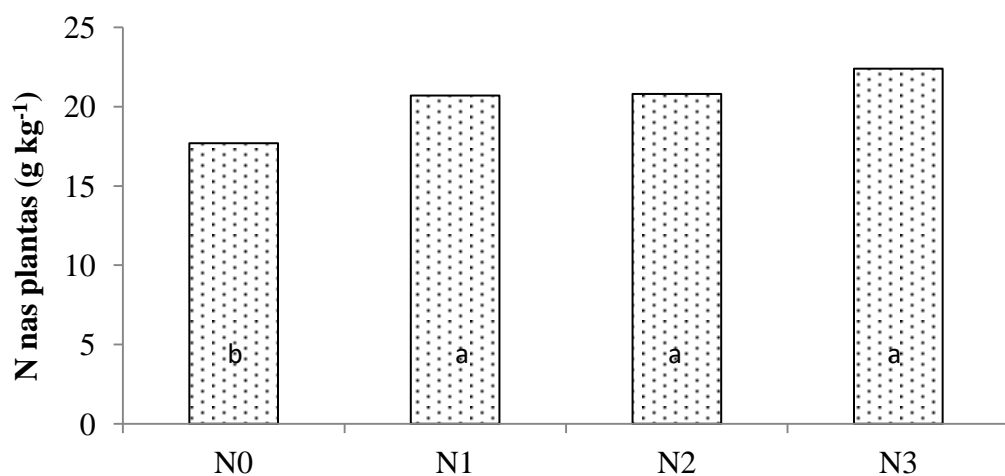


Figura 15. Relação entre a concentração de N na matéria seca das plantas inteiras e a adubação azotada efetuada. As letras nas colunas são o resultado da análise de variância. Para as colunas de cada regime de rega, letras diferentes indicam médias significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

Os tratamentos de rega influenciaram de forma particularmente significativa a concentração de fósforo nas plantas. Verificou-se um aumento significativo do teor em P nas plantas com cada um dos tratamentos da rega, de R0 a R2 tal como já tinha sido testemunhado no estado nutritivo intercalar, avaliado na análise das folhas. Para o cálcio e o magnésio o resultado foi inverso, tendo-se verificado diminuição significativa destes dois nutrientes com a rega, à semelhança do que tinha já sido registado.

A adubação azotada também afetou de forma significativa a concentração de fósforo, mas parece não ter tido influência na concentração dos restantes nutrientes.

É de salientar que a maior disponibilidade de N parece ter tido como consequência uma diminuição na concentração de Mn.

Tabela 6. Concentração de outros nutrientes na matéria seca das plantas inteira.

Regime de rega	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
	-----g kg ⁻¹ -----			
R0	3,1 c	68,2 a	17,1 a	14,8 a
R1	3,6 b	71,3 a	15,6 b	13,2 b
R2	4,4a	66,2 a	14,8 b	13,7 b
Adubação azotada				
N0	3,4 b	63,9 a	15,7 a	13,8 a
N1	3,9 a	69,8 a	15,4 a	13,8 a
N2	3,6 ab	68,3 a	15,9 a	13,8 a
N3	3,9 a	72,1 a	16,2 a	14,1 a

Tabela 7. (Continuação)

Regime de rega	Cobre	Ferro	Zinco	Manganês
	-----mg kg ⁻¹ -----			
R0	13,2 b	172,6 a	66,7 a	119,8 c
R1	13,0 b	154,8 a	61,1 a	168,1 b
R2	16,2 a	177,8 a	66,2 a	239,9 a
Adubação azotada				
N0	14,6 a	202,4 a	68,3 a	173,7 ab
N1	14, a	145,6 b	64,6 a	180,5 ab
N2	13,9 a	153,0 b	61,1 a	201,7 a
N3	14,1 a	172,5 ab	64,6 a	147,8 b

3.5. Azoto recuperado pelas plantas

A quantidade de azoto recuperado pelas plantas inteiras aumentou com as doses aplicadas Figura 16. Nos tratamentos N2 e N3 a planta recuperou uma quantidade muito semelhante, à volta de 270 kg/ha⁻¹, para quantidades aplicadas de 133 e 200 kg/ha⁻¹ respetivamente. No entanto, as diferenças só foram significativas para a testemunha N0 que dispunha de menor quantidade deste nutriente disponível no solo.

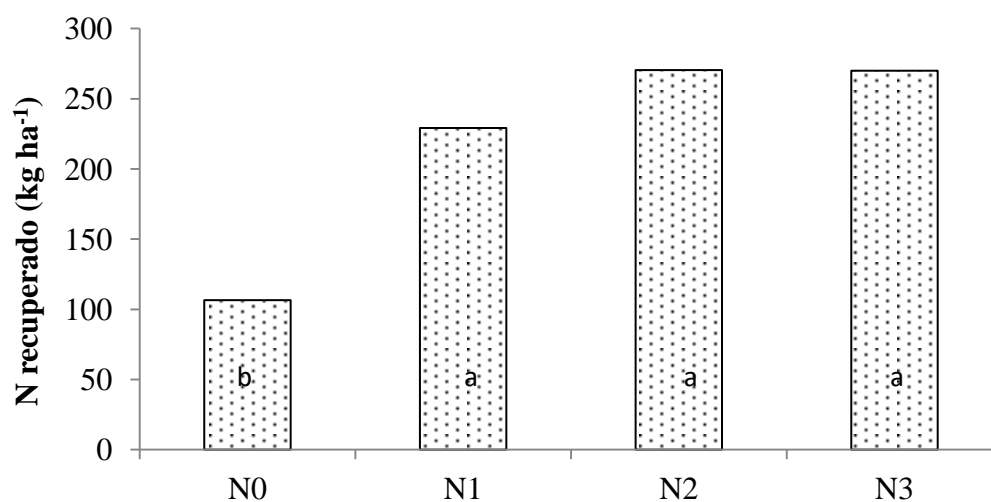


Figura 16. Azoto recuperado pelas plantas inteiras nos diferentes tratamentos azotados. As letras nas colunas são o resultado da análise de variância. Para as colunas de cada regime de rega, letras diferentes indicam médias significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

Observa-se na Figura 17 o azoto recuperado pelas plantas inteiras nos diferentes regimes de rega. A água foi determinante para a absorção do azoto aplicado na forma de adubo. A maior proporção de N recuperado verificou-se no regime de rega R2 (293,3 kg ha⁻¹), sem diferenças significativas para R1 (284,4 kg ha⁻¹).

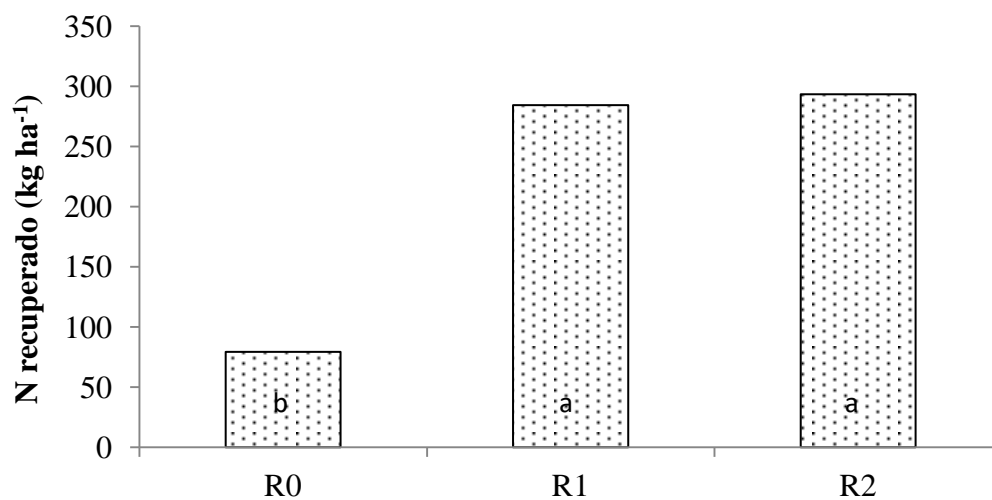


Figura 17. Azoto recuperado pelas plantas inteiras nos diferentes tratamentos de rega. As letras nas colunas são o resultado da análise de variância. Para as colunas de cada regime de rega, letras diferentes indicam médias significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

IV. CONCLUSÕES

Como principais conclusões podem registrar-se as seguintes:

Durante o ensaio as condições ambientais relativas a dias longos e temperaturas extremas influenciaram significativamente o crescimento e desenvolvimento da cultura. Como resultado, o ciclo foi muito longo e a planta não chegou a formar frutos. Na altura da floração houve uma paragem do ciclo da cultura

Os resultados deste trabalho indicam que os valores SPAD-502, determinados a meio do ciclo vegetativo desta cultura podem ser um bom indicador para o diagnóstico do estado de N da cultura de quinoa, a exemplo do que vem sendo observado para outras culturas;

A rega influenciou de forma significativa a concentração de N nas folhas a meio do ciclo vegetativo e nas plantas inteiras. Influenciou ainda a concentração de fósforo, cálcio, magnésio. Parece ainda ter afetado a concentração de micronutrientes nas plantas.

A adubação azotada influenciou a concentração de N nos tecidos bem a concentração de outros nutrientes. Nas condições deste trabalho o máximo de produção de matéria seca parece estar associado a cerca de 140 kg ha^{-1} de N.

Houve diferenças significativas nas folhas entre o regime de rega e adubação azotada nas concentrações de fósforo, potássio e magnésio. A concentração de cobre ($11,0 \text{ mg kg}^{-1}$), ferro ($225,0 \text{ mg kg}^{-1}$) aumentou com o incremento da dose de fertilização azotada. É importante dizer que o regime de rega R0 registou melhor resultado na concentração de ferro ($246,1 \text{ mg kg}^{-1}$), zinco ($83,7 \text{ mg kg}^{-1}$), enquanto o regime de rega R2 obteve resultados muito baixo na concentração do cobre ($8,2 \text{ mg kg}^{-1}$);

A produção de biomassa foi significativamente influenciada pelos diferentes tratamentos de rega e de doses de azoto tendo-se verificado o maior valor de produção com o regime de rega R2 e uma dose de N de 139 kg há^{-1} .

Para o regime de sequeiro, a planta não atingiu o seu potencial máximo pelo fato de que durante a condução da cultura haver uma redução de 44,46% da precipitação registada face aos

valores normais climatológicos da região, sendo assim um período irregular em relação aos períodos anteriores.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, L. F., Rocha, M. S., Gomes, C. C. F. 2008. **Avaliação da qualidade protéica da Quinoa Real (*Chenopodium quinoa* Willd) através de métodos biológicos.** *Centro Universitário de Belo Horizonte – UNI BH.*
- Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., e Pinedo, R. 2013. **Catálogo de variedades comerciais de quinua en el Perú (FAO).** Perú.
- Arco, S. N. 2015. **Quinoa: Improvement and sustainable production.** First Edition. Edited by Kevin Murphy and Janet Matanguihan. John Wiley e Sons, Inc. Published 2015 by John Wiley e Sons, Inc.
- Bemner, J.M. 1996. **Nitrogen total. In: Methods of soil analysis.** Part 3 – Chemical Methods. SSSA Book Series. 5:1085-1121
- Branco, L. M. S. 2014. **A educação ambiental ao serviço da gestão cinegética: o caso da zona de caça municipal de peredo dos castelhanos e de urros.** Tese de Mestrado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Cml. 2016. **Estratégia municipal de adaptação às alterações climáticas de lisboa.** Retrieved from http://www.cm-lisboa.pt/fileadmin/VIVER/Ambiente/Alteracoes_Climatericas/EMAAC.pdf da Silva
- Geerts, S., (KU Leuven University, Leuven, Belgium), Garcia, M., (Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia). 2012. **Quinoa.** Food And Agriculture Organization Of The United Nations Rome,. P 230-233.
- Gómez, P. L., Mujica, Á., Chura, E., Pérez, A., Tejada, T., Villanto, A., Ccoñas, W. 2008. **Quinoa**, 378–387.
- http://eraizes.ipsantarem.pt/moodle/pluginfile.php/21837/mod_resource/content/1/Unidade%20II%20-%20Fertilidade.pdf.
- Ipma. **boletim climatológico mensal: Portugal continental, setembro de 2014.** Lisboa: Instituto português do mar e da atmosfera.

- Jacobsen, S. E., Mujica, A., Jensen, C. R. 2003. **The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to Adverse Abiotic Factors.** *Food reviews international*, 19(2), 8755–9129. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018872>.
- Jacobsen, S. E., Stølen, O. 1993. **Quinoa - morphology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe.** *European Journal of Agronomy*, 2(1), 19–29. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(14\)80148-2](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(14)80148-2)
- Jensen, C., Jacobsen, S. E., Andersen, M., Núñez, N., Andersen, S., Rasmussen, L., e Mogensen, V. 2000. **Leaf gas exchange and water relation characteristics of field quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) during soil drying.** *European Journal of Agronomy*, 13(1), 11–25. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(00\)00055-1](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(00)00055-1).
- Kakabouki, I., Bilalis, D., Karkanis, A., Zervas, G., Tsiplakou, E. , Hela, D. 2014. **Effects of fertilization and tillage system on growth and crude protein content of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.):** An alternative forage crop. *Emir. J. Food Agric.* 26 (1): 18-24.
- Martínez, E. A., Veas, E., Jorquera, C., San Martín, R., e Jara, P. 2009. **Re-introduction of Quinoa into arid Chile: Cultivation of two lowland races under extremely low irrigation..** *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195(1), 1–10. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2008.00332.x>
- Maximiano, C. V. 2014. **Influência das condições climáticas no desenvolvimento fenológico e fisiológico da quinoa..** *Universidade de Brasília faculdade de agronomia e medicina veterinária*.
- Moraes Filho, Luiz Felipe Cardoso. 2013. **Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Uma revisão bibliográfica.** Brasília. UnB. V, p12.
- Peterson, A. J. 2013. **Salinity tolerance and nitrogen use efficiency of quinoa for, (May).** *Quinoa: Improvement and Sustainable Production*, First Edition. Edited by Kevin Murphy and Janet Matanguihan. © 2015 John Wiley e Sons, Inc. Published 2015 by John Wiley e Sons, Inc.

- Rêgo, V. M. 2015. **desenvolvimento e produção de quinoa sob irrigação e adubação potássica**. p 16- *Universidade Federal de Mato Grosso*.
- Rodrigues, M.A., Coutinho, João. 2000. **Eficiência de utilização do azoto pelas plantas**. *Ed Instituto Politécnico de Bragança*. P 11-16. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10198/205>
- Rodrigues, M. A., Afonso, S., Ferreira, I. Q. e Arrobas, M. 2017. Response of stevia to nitrogen fertilization and harvesting regime in northeastern Portugal, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63: 626-637.
- Ruiz, K. B., Biondi, S., Oses, R., Acuña-Rodríguez, I. S., Antognoni, F., Martínez-Mosqueira, E. A., ... Molina-Montenegro, M. A. 2014. **Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change**. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34, 349–359. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0195-0>
- Santos, J. Q. 2015. **Fertilização, fundamentos agroambientais da utilização dos adubos e Corretivos**. Publicações Europa América. Publindústria. p 112,470.
- Spehar, C. R. 2006. **Adaptação da quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) para incrementar a diversidade agrícola e alimentar no Brasil**. *Cadernos de Ciencia & Tecnologia*, 23(1), 41-62. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/108703/1/adaptacao-da-quinoa.pdf>.
- Troeh, Frederick R., Thompson, Louis M. 2007. **Solos e fertilidade do solo**. 6 ed. P 279-291.
- Varenes, A. 2003. **Produtividade dos Solos e Ambiente**. 2003. Escolar editora. Lisboa
- Walinga, I., Van Vark, W., Houba, V.J.G., Van der Lee, J.J. 1997. **Soil and plant analysis. part 7 plant analysis procedures**. Landbouwniversiteit Wageningen.
- Walters, H., Carpenter-Boggs, L., Desta, K., Yan, L., Matanguihan, J., e Murphy, K. 2016. **Effect of irrigation, intercrop, and cultivar on agronomic and nutritional characteristics of quinoa**. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 40(8), 783–803. <https://doi.org/10.1080/21683565.2016.1177805>.