

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção
Agrícola Familiar



Dissertação

**Análise do crescimento e da produção de ervilha torta
(*Pisum sativum* L.) em ambiente protegido e cultivo
hidropônico**

Liana Viviam Ferreira

Pelotas, 2013

Liana Viviam Ferreira

Análise do crescimento e da produção de ervilha torta (*Pisum sativum* L.) em ambiente protegido e cultivo hidropônico

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Roberta Marins Nogueira Peil

Pelotas, 2013

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

F383a Ferreira, Liana Viviam

Análise do crescimento e da produção de ervilha torta (*Pisum sativum* L.) em ambiente protegido e cultivo hidropônico /Liana Viviam Ferreira; orientador Roberta Marins Nogueira Peil - Pelotas, 2013.-104f. : il.- Dissertação (Mestrado) –Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2013.

1.*Pisum sativum* L. 2.Densidade de plantio
3.Genótipos 4.Produtividade 5.Análise de biomassa
6.Produção 7.Partição de massa seca 8.Sistema NFT
I.Peil, Roberta Marins Nogueira(orientador) II.Título.

CDD 635.656

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Roberta Marins Nogueira Peil

Prof. Dr. Márcio Paim Mariot

Prof. Dr. Paulo Roberto Grolli

Prof^a. Dr^a. Isabel Lago

Aos meus pais, Flávio e Liliane, pelo amor incondicional, dedicação, incentivo e que nunca mediram esforços para que eu pudesse chegar até aqui.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À uma força maior que me conduziu até aqui, por ter me aberto uma janela sempre que uma porta se fechava.

À Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade de realizar o Curso de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Aos meus pais Flávio e Liliane, ao apoio incondicional e amor além da vida por abdicarem dos seus sonhos e com todo o sacrifício ao qual se impõem para crerem nos meus. Por serem a base da minha vida, meu eterno amor e gratidão.

À minha irmã Gabriele, pelo carinho, amor e compreensão da minha ausência em sua vida.

Aos anjos da minha vida Altemir e Sandra, “meus tios, padrinhos e pais adotivos”, por estenderem a mão nos momentos em que mais precisei de ajuda, sempre com um conselho, uma palavra amiga, incansáveis com seu amor e dedicação, minha eterna gratidão.

Aos meus familiares pelo carinho e compreensão.

À professora Roberta Marins Nogueira Peil minha gratidão pela sua orientação, amizade, compartilhamento de conhecimento, confiança, compreensão, sempre disposta a ajudar. Enfim, um exemplo de caráter e ética a ser seguido.

Aos professores do Departamento de Fitotecnia pelos ensinamentos transmitidos durante a realização do mestrado.

À futura Engenheira Agrônoma Fernanda Carini, “meu braço direito e esquerdo”, pela amizade e incansável ajuda na condução do trabalho. Desejo-lhe um futuro brilhante.

Aos discentes do curso de Agronomia Cristiano Portz, Darci Fernando Schneid, Eduardo Cardoso, Laís Perín e Raifer Simões, pela ajuda na condução dos experimentos.

À todos os colegas do Curso de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar por tornarem o Mestrado uma experiência muito agradável. Em especial ao colega e amigo Gabriel Nachtigall Marques, pelos ensinamentos, conselhos e ajuda de extrema importância na condução dos experimentos. Minha eterna gratidão.

Às amigas e colegas de longa data Isabelita Portela, Silvana Rodrigues, Tamiris Franco ao qual já passamos por muitas experiências, pela amizade, incentivo e ajuda na condução do trabalho. “Nossas vidas se cruzaram novamente nesta etapa que se encerra, mas nada acontece por acaso, tudo tem um propósito e um dia talvez descobriremos a resposta”.

Às amigas que mesmo longe se fizeram presentes Richiélén Sebajes, Semíramis Martins e Roseane Maidana, por fazerem parte de todos os momentos da minha vida, sempre me incentivando e alegrando meus dias.

Ao funcionário do campo didático e experimental do Departamento de Fitotecnia, Dudu, pela ajuda na execução dos experimentos.

À todos aqueles, presentes ou não, que de alguma forma contribuíram para a conclusão de mais uma etapa da minha vida. Muito Obrigada.

“Os homens perdem a saúde para juntar dinheiro, depois perdem dinheiro para recuperar a saúde. E por pensarem ansiosamente no futuro, esquecem do presente de tal forma que acabam por não viver nem o presente nem o futuro. E vivem como se nunca fossem morrer...e morrem como se nunca tivessem vivido”.

Dalai Lama

RESUMO

Ferreira, Liana Viviam. **Análise do crescimento e da produção de ervilha torta (*Pisum sativum* L.) em ambiente protegido e cultivo hidropônico**. 2013. 104f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A produção de ervilha torta em ambiente protegido e sistema hidropônico pode ser uma alternativa viável para a obtenção de alto rendimento de vagens no período de inverno e início de primavera, além de proporcionar melhor otimização dos recursos produtivos e reduzido impacto ambiental. Atualmente, existem poucas informações disponíveis sobre esta cultura, principalmente em condições de ambiente protegido e cultivo hidropônico. A adoção deste sistema pressupõe a adequação da densidade de plantio, assim como, produzir conhecimentos e informações referentes ao crescimento (produção e partição de massa seca) e comportamento produtivo de genótipos. Neste sentido, dois experimentos foram realizados com a cultura da ervilha torta em sistema hidropônico e ambiente protegido em ciclo de inverno/primavera no Campus da Universidade Federal de Pelotas, no município de Capão do Leão, RS. O primeiro experimento, realizado de maio a novembro de 2011, objetivou avaliar o efeito da densidade de plantio sobre a produção e a partição da massa seca e os componentes do rendimento de ervilha torta 'Luana Gigante[®]', em experimento unifatorial com cinco densidades de plantio (3,9; 4,7; 5,9; 7,8 e 11,8 plantas m⁻²). O segundo experimento objetivou caracterizar a dinâmica do crescimento e da produção de dois genótipos de ervilha torta ('Luana Gigante[®]' e 'MK10[®]') em esquema bifatorial no período de maio a novembro de 2012. As parcelas foram constituídas pelos genótipos e as subparcelas pelas épocas de avaliação das plantas (aos 0, 15, 30, 45, 60, 75, 95, 115 e 135 dias após o transplante). Para ambos os experimentos, a biomassa foi quantificada através da

massa seca dos diferentes órgãos aéreos da planta e o rendimento através da massa fresca de vagens. Em relação aos resultados obtidos no primeiro experimento, observou-se que o aumento da densidade de plantio no intervalo entre 3,9 a 11,8 plantas m⁻² reduz o crescimento de todos os órgãos e a produtividade individual das plantas de forma linear. Porém, aumenta de forma linear a produção absoluta da massa seca da cultura bem como a produtividade por unidade de área e não afeta a partição proporcional de massa seca entre os diferentes órgãos da planta. Os órgãos vegetativos aéreos são os principais drenos de fotoassimilados, representando 61,5% da massa seca total das plantas, enquanto as vagens representam 31,7%. Entre os componentes do rendimento, somente o número de vagens colhidas por planta é reduzido, não havendo efeitos negativos sobre a massa fresca média das vagens e a porcentagem de vagens comerciais colhidas. Portanto, recomenda-se a densidade de 11,8 plantas m⁻² para a ervilha torta 'Luana Gigante'. No segundo experimento, observou-se que 'Luana Gigante' e 'MK10' expressam crescimento da planta do tipo sigmoideal em relação ao acúmulo de MS ao longo do ciclo de cultivo. 'MK10' apresenta maior crescimento dos órgãos vegetativos aéreos e da cultura do que 'Luana Gigante'. 'MK10' também apresenta maior crescimento de vagens aos 95 DAT, porém os genótipos se assemelham em relação ao crescimento e à produção de vagens ao final do ciclo de cultivo. As vagens representam 36% e 43% da massa seca aérea da planta, respectivamente de 'MK10' e 'Luana Gigante', ao final do ciclo de cultivo. Assim, 'Luana Gigante' apresenta maior capacidade de destinar assimilados para o crescimento de vagens do que 'MK10'. O conjunto dos órgãos vegetativos aéreos são os principais drenos de assimilados da planta, sendo os caules priorizados na partição de MS em relação às folhas.

Palavras-chave: *Pisum sativum* L., densidade de plantio, genótipos, produtividade, análise de biomassa, produção e partição de massa seca, sistema NFT.

ABSTRACT

Ferreira, Liana Viviam. **Analysis of growth and yield of edible pods pea (*Pisum sativum* L.) crop in greenhouse cultivation and hydroponic system**. 2013. 104f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The cultivation of edible pod peas in greenhouse and hydroponic system can be a viable alternative for obtaining high pods yield in winter and early spring crop-seasons. In addition, this crop system optimizes productive resources and causes reduced environmental impact. Currently, little information is available about edible pods pea crop, especially in greenhouse and hydroponic cultivation conditions. The adoption of this system presupposes to adequate plant density, as well as to produce knowledge and information regarding growth (dry matter production and partitioning) and yield of different genotypes. In this sense, two experiments were conducted with edible pods pea crop grown in hydroponic and greenhouse in winter/spring crop-season at the Campus of the “Universidade Federal de Pelotas”, in Capão do Leão, RS. The first experiment aimed to evaluate the effect of plant density on dry matter production and partitioning and yield components of edible pods pea crop 'Luana Gigante[®]'. Five plant densities (3.9, 4.7; 5.9, 7.8 and 11.8 plants m⁻²) were evaluated from May to November 2011. The second experiment aimed to characterize the growth and production dynamics of two edible pea pods genotypes ('Luana Gigante[®]' and 'MK10[®]') in a bifactorial model from May to November 2012. Genotypes composed the plots and evaluation dates composed subplots (0, 15, 30, 45, 60, 75, 95, 115 and 135 days after setting/DAS). In both experiments, biomass was quantified by dry weight of different above-ground plant organs and yield by pods fresh weight. The results obtained in the first experiment indicated that increasing of plant density in the range from 3.9 to 11.8 plants m⁻² reduced linearly the growth of all

organs and the individual plants pods yield. However, it increased linearly the absolute crop dry matter production and the pods yield per square meter. It did not affect the dry matter partitioning among different plant organs. The vegetative shoot plant organs were the major sinks for photoassimilates, comprising 61.5% of total plant dry matter, while the pods represented 31.7%. Among the yield components, only the number of harvested pods per plant was reduced and there were not negative effects on average pods fresh weight and the percentage of marketable pods. Therefore, we can recommend the plant density of 11.8 plants m⁻² for pea crop 'Luana Gigante'. In the second experiment, it was observed that 'Luana Gigante' and 'MK10' presented a sigmoidal type plant growth curve as a function of time. 'MK10' presented higher vegetative shoot plant parts and crop growth than 'Luana Gigante'. 'MK10' also presented higher pods growth at 95 DAS, but both genotypes presented similar pods growth and yield at the end of the crop cycle. Pods comprised 36% and 43% of the total above-ground dry matter production, respectively, for 'MK10' and 'Luana Gigante' at the end of the crop cycle. Thus 'Luana Gigante' presents greater ability to assimilate distribution to pods growth than 'MK10'. The vegetative shoot organs are the strongest sinks for assimilates of the plant and stems are more benefited in relation to the partition of dry matter than leaves.

Keywords: *Pisum sativum* L., plant density, genotypes, productivity, analysis of biomass, production and dry matter partitioning, NFT system.

SUMÁRIO

PROJETO DE PESQUISA	13
1. IDENTIFICAÇÃO	14
2. ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA	15
3. OBJETIVOS E META.....	18
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
5. RECURSOS NECESSÁRIOS	24
6. CRONOGRAMA.....	26
7. DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS.....	27
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
RELATÓRIO DO TRABALHO DE CAMPO	30
ARTIGO 1. Crescimento, partição de massa seca e componentes do rendimento de ervilha torta (<i>Pisum sativum</i> L.) sob diferentes densidades de plantio em hidroponia	35
Resumo.....	36
Abstract.....	37
Introdução	38
Material e métodos.....	40
Resultados e discussão	43
Referências.....	46
ARTIGO 2. Análise do crescimento e da produção de dois genótipos de ervilha torta (<i>Pisum sativum</i> L.) em cultivo hidropônico	54
Resumo.....	55
Abstract.....	56
Introdução	57
Material e métodos.....	58
Resultados e discussão	62
Referências.....	67
CONCLUSÕES GERAIS	75
REFERÊNCIAS.....	77
APÊNDICE.....	84

PROJETO DE PESQUISA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA "ELISEU MACIEL"
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA
FAMILIAR



FUNDADA EM 8 DE DEZEMBRO DE 1883 – CAIXA POSTAL, 354
CEP 96001-970 - PELOTAS, RS – TELEFONE: (53)3275-7261 - FAX (053)3275-
9031 - PELOTAS

Projeto de dissertação:

Cultivo de ervilha torta (*Pisum sativum* L.) em hidroponia.

Mestranda: Liana Viviam Ferreira

Pelotas, Agosto de 2011.

1. IDENTIFICAÇÃO

1.1. Instituição:

Universidade Federal de Pelotas (UFPeI), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Departamento de Fitotecnia (DFt), Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar.

1.2. Equipe:

- Liana Viviam Ferreira – Discente do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista Capes, UFPeI / FAEM.
- Roberta Marins Nogueira Peil – Prof^a. Orientadora, Dr^a. Departamento de Fitotecnia, UFPeI / FAEM.
- Isabelita Pereira Portela– Discente do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista Capes, UFPeI / FAEM. Participante.
- Silvana Rodrigues– Discente do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista Capes, UFPeI / FAEM. Participante.
- Gabriel Nachtigall Marques – Discente do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista Capes, UFPeI / FAEM. Participante.
- Fernanda Carini – Discente do curso de Agronomia, Bolsista FAPERGS, UFPeI / FAEM. Participante.
- Darci Fernando Schneid – Discente do curso de Agronomia, Bolsista FAPERGS, UFPeI / FAEM. Participante.

2. ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA

A ervilha é uma leguminosa da família Fabaceae, pertencente à espécie *Pisum sativum* L. É considerada excelente alimento por apresentar em sua composição elevados teores de proteína, vitaminas do complexo B, principalmente tiamina, riboflavina e niacina, além de minerais como cálcio, ferro, fósforo e potássio (PEREIRA, 1989).

As cultivares de ervilha plantadas no Brasil, de acordo com a sua utilização principal, ou seja, como fonte de alimento, podem ser divididas para produção de grãos secos destinados ao consumo direto ou para rehidratação e enlatamento; de grãos verdes para enlatamento, congelamento ou consumo "in natura" e para o consumo de vagens com sementes em desenvolvimento, denominadas popularmente de ervilha torta.

A cultura da ervilha para produção de grãos tem como tradicional estado produtor brasileiro o Rio Grande do Sul (HANAI, 2001). O Brasil importava praticamente toda ervilha necessária para suprir a demanda das indústrias de processamento; a partir de 1977 o país tornou-se exportador, concentrando sua produção principalmente na região central. Segundo dados do IBGE, a área de cultivo de ervilha para alimentação humana no Brasil, em 2003, foi de 2.426 ha, com produção de 6.388 toneladas.

No entanto, entre os tipos de ervilha, a ervilha torta é a que apresenta o maior valor comercial. Conforme cotação da CEASA (2011), o valor pago ao produtor varia de R\$ 8,33 a 12,50 por quilo. Este elevado valor comercial torna esta cultura uma alternativa muito interessante para a agricultura familiar e, principalmente, por ser uma cultura de inverno, que pode representar uma alternativa produtiva neste período de entressafra.

Geralmente, a ervilha é cultivada em regiões de clima temperado, mas também pode ser explorada nos trópicos, quando a altitude compensa a latitude desfavorável. É bastante tolerante a baixas temperaturas, mas pode ser prejudicada por geadas, principalmente na fase de florescimento e de formação de vagens (REIS, 1989). Segundo Guaresqui (1982), apud Casseres (1980), a faixa ideal de temperatura está entre 15 e 18°C, com máximas de 21 a 24°C e mínimas de 7°C.

O cultivo protegido para muitas hortaliças vem sendo utilizado como uma forma de minimizar as perdas em produção e qualidade de frutos, além de

proporcionar a produção antecipada ou fora de safra e assim proporcionar maior retorno ao produtor do que o obtido com o cultivo convencional a céu aberto. Além disso, a possibilidade de manejar os fatores ambientais tais como temperatura e umidade são possíveis somente em ambiente protegido. Entretanto, as condições de reduzida disponibilidade de radiação solar e baixas temperaturas no inverno do sul do Rio Grande do Sul impedem um bom desempenho da maioria das culturas de hortaliças tradicionalmente cultivadas em estufa, havendo dificuldade para as plantas manterem adequado crescimento vegetativo e reprodutivo, com alongamento do ciclo de cultivo.

Neste sentido, o cultivo da ervilha torta pode ser uma alternativa de cultivo em ambiente protegido no inverno. O tutoramento da ervilha torta em ambiente protegido é bastante simples, não necessitando a cultura de muitos tratamentos culturais e/ou insumos para a sua produção, sendo, portanto, de baixo custo e alto retorno econômico.

Dentre as dificuldades encontradas para o cultivo intensivo em estufas está o solo, que funciona como fonte de inóculo de doenças, permanentemente infectando os cultivos. Nesse sentido, o cultivo sem solo vem se apresentando, principalmente, como uma alternativa aos problemas relativos à qualidade dos solos (salinização, contaminação química, doenças e estrutura) e, ainda, promove uma maior eficiência no uso da água e dos nutrientes e uma redução no uso de agrotóxicos (ABACK, 1994; SÁNCHEZ-PORCEL, 1999).

Algumas variantes do cultivo sem solo foram desenvolvidas, destacando-se a hidroponia do tipo NFT ("Nutrient Film Technique" ou Técnica da Lâmina de Nutrientes) e o cultivo em substratos. O sistema NFT é um sistema hidropônico em que as plantas desenvolvem seu sistema radicular em canais de cultivo por onde escoam uma fina lâmina de solução nutritiva. A solução é aerada pelo próprio funcionamento do sistema, o que renova o oxigênio fornecido às raízes. Essa solução é bombeada do depósito para os canais de cultivo com intervalos programados de acordo com as necessidades da cultura (ANDRIOLO, 1999).

A solução passa pelas raízes, retornando para o depósito, formando um sistema fechado. Neste sistema fechado, a solução nutritiva percorre várias vezes os mesmos canais, sendo que a solução drenada é armazenada e reutilizada. Desta forma, os nutrientes que anteriormente seriam eliminados para o meio ambiente são utilizados pelas plantas, causando baixo impacto ambiental.

O cultivo em ambiente protegido associado à técnica do cultivo sem solo veio revolucionar a produção de hortaliças, principalmente, pela possibilidade de se ter um maior controle do crescimento e desenvolvimento das plantas devido à maior eficiência do manejo da água e da nutrição, gerando um aumento no rendimento das culturas.

No Brasil, o espaçamento tradicionalmente utilizado para condução tutorada de plantas de ervilha torta varia de 0,8 a 1,0m entre fileiras por 0,4 a 0,5m entre plantas dentro da fileira, o que corresponde a densidades de 20.000 a 30.000 plantas por hectare (FILGUEIRA, 2000). Este espaçamento é em função da utilização de estacas remanescentes de cultivos de tomateiros, utilizadas para posterior produção de ervilha de vagens comestíveis. Existem poucos trabalhos na literatura sobre a influência da densidade de plantas no crescimento e produtividade de ervilha de vagens comestíveis.

Souza (1996) cita que o espaçamento adequado é aquele em que as folhas das plantas devem cobrir toda a superfície entre fileiras na época do máximo florescimento, sem haver entrelaçamentos entre elas. Por isso, as propostas de espaçamento e densidade de plantio para as culturas em geral têm procurado atender às necessidades específicas dos tratos culturais e à melhoria da produtividade. Todavia, alterações em espaçamento e densidade, induzem a uma série de modificações no crescimento e no desenvolvimento das plantas que precisam ser mais bem conhecidas. Desse modo, segundo Almeida e Sangoi (1996), o manejo da densidade de população de plantas é uma das práticas culturais mais importantes, pois afeta a arquitetura das plantas, altera o crescimento e o desenvolvimento e influencia na produção e partição de fotoassimilados.

As características que influem na escolha de cultivares para cada tipo comercial estão relacionadas ao sistema de cultivo e principalmente à finalidade a que se destinam e incluem: porte da planta (determinado ou indeterminado), coloração das vagens (claras ou escuras), textura do cotilédone (lisos amiláceos ou enrugados doces) e cor do cotilédone que, com raras exceções quando utilizados na alimentação humana, são verdes. O tegumento das sementes é na maioria das vezes hialino (GIORDANO et al., 1988). Independentemente do porte de plantas, ervilhas de vagens comestíveis não possuem tecido esclerenquimatoso na parede da vagem, denominado pergaminho.

Poucos são os trabalhos descritos sobre a densidade de plantio e o comportamento de cultivares de ervilha, sendo estes realizados em solo e com cultivares para colheita de grãos secos ou verdes, entretanto, não há na literatura trabalhos conduzidos com ervilha torta em sistema hidropônico e cultivo protegido.

Devido à falta de informações relacionadas à fisiologia da produção e à produtividade de plantas de ervilha para consumo de vagens, há a necessidade de estudar o efeito da densidade de plantio sobre o crescimento da cultura, bem como o comportamento de diferentes genótipos nas condições de cultivo protegido no inverno do sul do Rio Grande do Sul.

3. OBJETIVOS E META

Objetivo Geral:

Produzir conhecimento básico e aplicado sobre o manejo fitotécnico da cultura da ervilha torta nas condições de ambiente protegido e sistema hidropônico no inverno do sul do Rio Grande do Sul.

Objetivo Específico:

Estudar o efeito da densidade de plantio e do genótipo de ervilha torta sobre a fenologia, o crescimento e as características produtivas da cultura.

Meta:

Definir a densidade de plantio mais adequada para a cultura da ervilha torta tutorada em ambiente protegido e cultivo hidropônico e o potencial produtivo dos genótipos avaliados nas condições propostas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização

Os experimentos serão desenvolvidos no Campo Experimental e Didático do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, localizado no município de Capão do Leão, RS, tendo como coordenadas geográficas aproximadas: latitude 31°52'S, longitude 52°21'W e altitude de 13m acima do nível do mar. O clima de Pelotas é subtropical úmido ou temperado, representado por Köppen como *Cfa*.

Os experimentos serão realizados em estufa modelo “Arco Pampeana” de estrutura metálica, coberta com filme plástico de polietileno de baixa densidade de 150µm de espessura, disposta no sentido norte-sul e com as seguintes dimensões: 10,0m x 21,0m e 5,0m de altura máxima. O solo apresenta-se nivelado e coberto com filme de polietileno dupla face (branco/preto) de 150µm de espessura, com a face branca exposta.

4.2 Sistema de cultivo hidropônico

As plantas serão cultivadas empregando-se a técnica de cultivo hidropônico NFT. O sistema será composto por 12 canais de cultivo de madeira (0,30m de largura e 7,5m de comprimento) dispostos em linhas duplas, com distância entre linhas duplas de 1,2m e distância entre linhas simples de 0,5m. Os canais serão apoiados por cavaletes galvanizados de 0,5m de altura máxima, instalados de forma a proporcionar uma declividade de 2% para o escoamento da solução nutritiva até o reservatório. Internamente, os canais de madeira serão revestidos com filme de polietileno dupla face, de maneira a formar canais de plástico, minimizando o aquecimento da solução nutritiva, evitando a proliferação de algas e conduzindo o lixiviado da solução nutritiva até o reservatório.

Haverá um tanque de armazenamento (reservatório de solução nutritiva com capacidade de 1.000 litros para o experimento) enterrado na extremidade de cota mais baixa dos canais de cultivo. Pela propulsão de um conjunto moto-bomba de ¼ HP, fixado no tanque, a solução nutritiva será levada através de um cano de ½” até o ponto de cota mais alta dos canais de cultivo. A partir desse ponto, a solução

nutritiva será fornecida livremente às plantas, de maneira a formar uma fina lâmina na base dos canais de cultivo. O conjunto moto-bomba será acionado durante 15 minutos, 5 vezes ao dia, durante o período diurno, podendo-se aumentar esta frequência em função das condições atmosféricas do dia.

A solução nutritiva recomendada para a cultura da ervilha torta em NFT, adaptada a partir da solução nutritiva para feijão-vagem (PEIL et al., 1999), será empregada e apresenta a seguinte composição de macroelementos (em mmol l⁻¹): 15 de NO₃⁻, 1,3 de H₂PO₄⁻, 2,8 de SO₄⁻², 0,9 de NH₄⁺, 8,0 de K⁺, 4,5 de Ca⁺² e 2,0 de Mg⁺²; e de microelementos (em mg l⁻¹): 0,56 de Mn, 0,03 de Cu, 0,26 de Zn, 0,22 de B, 0,05 de Mo e 4,0 de Fe.

A solução nutritiva será monitorada diariamente durante o turno da manhã, através das medidas de condutividade elétrica (CE) (empregando-se condutivímetro manual digital) e de pH (empregando-se pHmetro manual digital), sendo o pH mantido entre 5,5 a 6,5 através da adição de solução de correção a base de hidróxido de potássio (KON 1N) para aumentar o pH ou ácido sulfúrico (H₂SO₄) para diminuir o pH.

A solução nutritiva será mantida com valor de CE próximo a 1,9 dS m⁻¹ e a reposição de nutrientes ou de água será realizada através da adição de solução estoque concentrada ou de água, quando o valor da CE, respectivamente, diminuir ou aumentar em 20%, ou quando a altura da lâmina de solução no reservatório estiver abaixo de 0,30m, para que não haja interferência no funcionamento da bomba.

4.3 Material vegetal e produção de mudas

As mudas de ervilha torta serão produzidas em espuma fenólica com dimensões de 4,0 x 4,0 x 3,8cm, colocando-se uma semente por cubo. Os cubos serão dispostos em quadro de irrigação e mantidos sobre uma lâmina de água de aproximadamente 1cm de altura até a emergência das plântulas. A partir de duas semanas após a emergência e até as mudas alcançarem o estágio de 4 a 6 folhas definitivas (quando serão transplantadas para os canais de cultivo hidropônico), se fornecerá solução nutritiva diluída a 50%.

4.4 Descrição dos experimentos

Dois experimentos serão realizados, um em cada ano de produção, totalizando dois anos, no período de inverno dos anos de 2011 e 2012.

4.4.1 Experimento 1 (Outono/Inverno 2011): Densidade de plantio para a ervilha torta cultivar *Luana gigante*[®] em hidroponia.

Este experimento será unifatorial e terá a finalidade de avaliar o comportamento da ervilha torta sob diferentes densidades de plantio com cinco níveis: 3,9; 4,7; 5,9; 7,8 e 11,8 plantas m⁻² (correspondendo, respectivamente, aos espaçamentos entre plantas na linha de 0,30; 0,25; 0,20; 0,15 e 0,10m), totalizando cinco tratamentos experimentais. O delineamento experimental será em blocos casualizados com 3 repetições. O bloco corresponderá a um conjunto de duas linhas duplas de canais de cultivo. A parcela será composta por 32 plantas de cada densidade, sendo avaliadas as oito plantas centrais da parcela.

Os dados obtidos serão submetidos à análise de variância e decomposição em componentes polinomiais, obtendo-se a partir de análise de regressão a equação estimada e os pontos de máxima eficiência técnica. Quando necessário, se realizará a comparação de médias através do teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4.4.2 Experimento 2 (Outono/Inverno 2012): Análise do crescimento de cultivares de ervilha torta em hidroponia.

Neste experimento será analisada a dinâmica do crescimento de quatro diferentes cultivares de ervilha torta: *Luana gigante* (Feltrin[®]), *MK 10*, *MK 13* e *Torta TT* (Sakata[®]). O delineamento experimental será em blocos casualizados com 3 repetições. O bloco corresponderá a um conjunto de duas linhas duplas de canais de cultivo. O tamanho da parcela será definido a partir dos dados obtidos no primeiro experimento, que servirão de base para a escolha da densidade de plantio.

Serão realizadas seis avaliações de biomassa: uma inicial, no dia do transplante, e mais cinco avaliações espaçadas a cada 20 dias. Os dias de intervalo

das avaliações poderão ser menores ou maiores dependendo da velocidade de desenvolvimento do ciclo da cultura.

Este experimento será bifatorial 4 x 6 (cultivar x data de avaliação). Os dados serão submetidos à análise de variância ($P \leq 0,05$) e, quando verificadas diferenças significativas, as médias serão comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

4.5 Manejo da cultura

O tutoramento será realizado com tela vertical de polietileno apropriada para este fim. As podas a serem realizadas serão de limpeza, que se resumem à eliminação de folhas senescentes e/ou com sintomas de doenças presentes na parte inferior da planta.

4.6 Avaliações e medidas experimentais

4.6.1 Análises fenológicas

O registro da data de aparecimento e duração das diversas fases fenológicas será realizado de acordo com os seguintes critérios:

- a) Crescimento vegetativo: da sementeira até o aparecimento das primeiras flores em 51% das plantas;
- b) Florescimento e início da frutificação: desde a data em que 52% das plantas apresentarem flores até a data em que 51% das plantas apresentarem vagens;
- c) Plena frutificação: corresponderá ao período em que 52% das plantas apresentarem vagens até a data em que 51% das plantas apresentarem vagens em ponto de colheita;
- d) Colheita: corresponderá ao período em que 52% das plantas apresentarem vagens em ponto de colheita até o final da colheita.

4.6.2 Avaliações de crescimento e produtividade

No experimento 1 será avaliado o crescimento da cultura ao final do ciclo, determinando-se as matérias fresca e seca da parte aérea e das raízes de oito

plantas por repetição (24 plantas por tratamento), previamente selecionadas, evitando-se as plantas bordadura.

No experimento 2 será analisada a biomassa de duas plantas previamente selecionadas por repetição (6 plantas por tratamento) aos 0, 20, 40, 60, 80 e 100 dias após o transplante.

As plantas serão separadas em quatro frações: folhas, caules, vagens e raízes, as quais serão pesadas e secas, separadamente, em uma estufa a 65°C, até peso constante.

Após a secagem, as diferentes frações novamente, serão pesadas em balança de precisão, obtendo-se as suas respectivas matérias secas. A matéria total da planta corresponderá à soma das massas das folhas, caules, vagens e raízes. Com os resultados finais, se estabelecerá a produção e distribuição de matéria fresca e seca da parte aérea e raízes, o índice de área foliar e demais índices de crescimento: peso foliar específico, razão de área foliar, índice de colheita, conteúdo de matéria seca, taxas de crescimento absoluto e relativo, (estes dois somente para o experimento 2). As vagens colhidas durante o processo produtivo e as folhas provenientes de desfolhas antecipadas também serão avaliadas e incorporadas às frações correspondentes.

A partir dos dados de matéria fresca, do número total de vagens colhidas e da densidade de plantio se determinarão os componentes do rendimento [(número de vagens, peso médio das vagens e produtividade da cultura (g planta^{-1} e g m^{-2})].

4.6.3 Medidas meteorológicas

Durante os experimentos, serão monitoradas a temperatura e a umidade relativa do ar no interior da estufa, em termohigrógrafo de registro semanal, instalado em abrigo meteorológico a 1,5m de altura do chão. A radiação solar global incidente no exterior da estufa será obtida através dos dados coletados na Estação Agroclimatológica de Pelotas, localizada a aproximadamente 500m do local onde serão executados os experimentos.

5. RECURSOS NECESSÁRIOS

5.1 Material de consumo

Discriminação	Unid.	Quant.	Preço	
			Unitário (R\$)	Total (R\$)
Sementes	Pacote	6	5,50	33,00
Mangueira 1/2" x 2,0mm	Rolo	100	0,42	42,00
Conector micro-tubo/mangueira	-	300	0,20	60,00
Saco de papel	Cento	10	3,50	35,00
Espuma Fenólica	Caixa	1	49,00	49,00
Material de limpeza: água sanitária	Litros	4	1,50	6,00
Malha para tutoramento	Metros	270	1,30	351,00
Fertilizantes solúveis	-	-	-	230,00
Polietileno dupla face preto e branco (200m, 8 x100m)	Bobina	1	610,00	610,00
Tubo de Pvc branco 100mm	-	2	36,00	72,00
Tubo Pvc 1/2-25mm	-	6	14,00	84,00
Sub-total				1.572,00

5.2 Material permanente

Discriminação	Unid.	Quant.	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Moto-bomba ½ cv Eletroplas	-	1	167,80	167,80

5.3 Outros (Inscrições, diárias e passagens)

Discriminação	Unid.	Quant.	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Inscrição para o Encontro de Hidroponia	-	1	330,00	330,00
Inscrição em Congresso Brasileiro de Olericultura	-	1	300,00	300,00
Diárias	-	6	160,00	960,00
Sub-total				1.590,00

5.4 Orçamento geral

Discriminação	Valores (R\$)
Material de consumo	1.572,00
Material Permanente	167,80
Outros	1.590,00
Sub-total	3.329,80
Imprevistos (10%)	332,98
Total	3.662,78

7. DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos, através da execução deste projeto, serão publicados em congressos, reuniões técnico-científicas e revistas científicas de estudo, assim como farão parte de uma dissertação de mestrado apresentada pela Universidade Federal de Pelotas / Curso de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABACK, K. Comparison of some Turkish originated organic and substrates for tomato soilless culture. **Acta Horticulturae**, n. 366, p. 423-429, 1994.

ALMEIDA, M.L.; SANGOI, L. Aumento da densidade de plantas de milho para regiões de curta estação estival de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha** 2: 179-183, 1996.

ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142 p.

CEASA. Disponível em: <<http://www.ceasa.rs.gov.br/>>. Acesso em: 2 Ago 2011.

EMBRAPA. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/ervilha/index.htm>>. Acesso em: 2 Ago 2011.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, p.313-318, 2000.

GIORDANO, L.B.; REIFSCHNEIDER, F.J.B.; NASCIMENTO, W.M. **Ervilha – Novas cultivares para produção de grãos secos**. Brasília, EMBRAPA-CNPQ, n.p. (Folder), 1988.

GUARESQUI, J. de A. **Efeitos de cultivares, épocas, espaçamentos e densidades de plantio sobre algumas características agronômicas da ervilha (*Pisum sativum* L.) em solos de baixada no sul de Minas Gerais**. Lavras: ESAL, 1982. 87p. (Dissertação de Mestrado em Fitotecnia).

HANAI, S.M. **Reação de linhagens de Ervilha de vagens comestíveis (*Pisum sativum* L.) ao oídio (*Erysiphe pisi* dc.)**. Botucatu: UNESP, 2001. 62p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia).

PEIL, R.M.N.; LÓPEZ-GÁLVEZ, J.; VITA QUESADA, G. **Nuevas Técnicas de producción en invernadero: Cultivo de la judía verde em Sistema NFT**, 1999.

PEREIRA, A.S. Ervilha: Integração Pesquisa / Iniciativa Privada. **Informe Agropecuário** 158: 52-64, 1989.

REIS, N.V.B. dos. O clima e a cultura da ervilha. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 158, p. 8-9, mar. 1989.

SÁNCHEZ-PORCEL, I. **Optimización de la densidad de plantación y del número de tallos en tomate cultivado com la técnica de la lámina de nutrientes (NFT)**. Proyecto Fim de Carrera. Universidad de Almería, 1999. 150 p.

SOUZA, L.C. **Componentes de produção do cultivar de algodoeiro CNPA-7H em diferentes populações de plantas**. Viçosa: UFV. 1996. 71p. (Tese de Doutorado).

RELATÓRIO DO TRABALHO DE CAMPO

Relatório do trabalho de campo

O início do trabalho de campo deu-se no mês de abril de 2011, com a limpeza da casa de vegetação, reparos necessários no sistema de irrigação e limpeza do mesmo.

Dois experimentos foram realizados em dois anos consecutivos. O primeiro foi realizado no ano de 2011, referente ao estudo sobre a densidade de plantio para o genótipo de ervilha torta 'Luana Gigante[®]' (experimento I) e, o segundo, no ano de 2012, referente à análise de crescimento de genótipos de ervilha torta (experimento II). O projeto previa o estudo de quatro genótipos, entretanto, devido à impossibilidade de conseguir sementes de todos os genótipos, o experimento avaliou somente 'Luana Gigante[®]' e 'MK10[®]'.

As sementeiras da ervilha torta foram realizadas no dia 31 de maio de 2011 (experimento I) e no dia 22 de maio de 2012 (experimento II) em cubos de espuma fenólica, colocados sobre quadros de irrigação em casa de vegetação tipo túnel alto. Desde a sementeira até o início da irrigação com solução nutritiva, as células de espuma fenólica foram mantidas umedecidas com água da chuva. A partir do momento em que as plântulas apresentavam as folhas cotiledonares completamente abertas, foi iniciado o fornecimento de solução nutritiva com apenas 50% da concentração original proposta para cultura da ervilha torta.

Durante o período da produção das mudas, o plástico dupla face (branco e preto) foi estendido a fim de formar os canais de cultivo e a solução nutritiva padrão concentrada 100x foi preparada e armazenada em três reservatórios de 250L: o nitrato de cálcio em um reservatório, os demais macronutrientes em outro e no terceiro reservatório foram acondicionados os micronutrientes. A última atividade que antecedeu o transplante foi o ajuste do temporizador analógico, a fim de inserir no equipamento a frequência de irrigações pré-estabelecida no projeto.

O transplante das mudas para a casa de vegetação definitiva ocorreu nos dias 30 de junho de 2011 e 21 de junho de 2012. Foram colocadas 40 plantas por canal de cultivo hidropônico, nos devidos espaçamentos no experimento I, e 48

plantas por canal, espaçadas em 0,10m, no experimento II, sendo que durante esta atividade o sistema de irrigação foi mantido acionado. Logo após, para ambos os experimentos, o plástico dupla face dos canais foi fechado, deixando-se a face branca exposta. Na sequência, iniciou-se o tutoramento das plantas com o uso da tela. As irrigações foram ajustadas conforme o desenvolvimento da cultura e as condições meteorológicas. Assim, em dias de temperatura muito baixas e nublados ou chuvosos, o sistema era acionado somente três vezes pela manhã (15 minutos às 8, 10 e 12h). Já, em dias muito quentes e com alta radiação solar, o sistema era acionado 15 minutos, com intervalos de 1h e 45min, das 8 às 18h. Os demais dias seguiram o padrão estabelecido no projeto.

No experimento I, foram marcadas oito plantas centrais de cada repetição, totalizando 24 plantas por tratamento (densidade) para colheita de vagens, assim como, para análise de biomassa final. No experimento II, foram coletadas dez mudas de cada genótipo para a primeira análise de biomassa no dia do transplante. As demais avaliações de biomassa foram realizadas a cada 15 dias, até a quinta coleta, as coletas seguintes foram realizadas a cada 20 dias, coletando-se seis plantas por genótipo (exceto para a avaliação final, para a qual foram coletadas doze plantas). Essa alteração no intervalo das coletas (de 15 para 20 dias), da quinta para a sexta análise, foi ocasionada pela falta de energia elétrica no Campus da UFPel no dia previsto para a análise (a universidade não dispõe de um gerador para resolver este problema), seguido de um temporal e um longo feriado. Então realizamos aos 20 dias a sexta avaliação e, considerando que a velocidade de crescimento das plantas já havia decrescido bastante, decidimos, a partir de então, realizar as avaliações seguintes com este mesmo intervalo de tempo.

No decorrer dos cultivos, diariamente, fez-se o monitoramento do ambiente da casa de vegetação através da abertura e fechamento das janelas laterais e portões e o monitoramento e correção dos valores de pH e condutividade elétrica da solução nutritiva.

Os apêndices 1, 2 e 3 mostram, respectivamente, a variação da temperatura e da umidade relativa do ar no interior do ambiente protegido e da radiação solar global externa durante o período dos experimentos.

Quanto às observações referentes à fenologia da cultura, constatou-se que o crescimento vegetativo durou 70 dias em ambos os experimentos para 'Luana Gigante', já para 'MK10' (somente no experimento II) ocorreu durante 79 dias. O

florescimento e início da frutificação ocorreu em cinco dias em ambos experimentos para 'Luana Gigante', já para 'MK10' (experimento II) ocorreu durante 7 dias. A plena frutificação teve a duração de 8 dias para o experimento I, já no experimento II ocorreu em 7 e 11 dias, respectivamente para 'MK10' e 'Luana Gigante'. A colheita durou 86 dias no experimento I, já para o experimento II, a colheita teve a duração de 74 e 79 dias respectivamente para 'MK10' e 'Luana Gigante'. Estes resultados farão parte de artigo científico a ser elaborado nos próximos meses.

Aos 83 dias após a semeadura do Experimento I, observou-se o aparecimento de oídio (*Erysiphe pisi*), muito comum em ambiente protegido, que foi controlado somente com molhamento foliar com água da chuva. No final do ciclo da cultura também foi observado o aparecimento de percevejos verdes (*Nezara viridula*). Como o ciclo da ervilha torta estava em seu término no momento em que se intensificaram os ataques, optou-se por não realizar qualquer aplicação contra este inseto.

No Experimento II, foi observado aos 64 dias após a semeadura o aparecimento de Mancha de *Ascochyta* (*Ascochyta pisi*), conseqüentemente fez-se uma aplicação do fungicida do grupo United Phosphorus do Brasil LTDA[®] (Manzate 800), na dosagem de 2g L⁻¹. O fungicida utilizado possui registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a cultura da ervilha, sob o número 638508.

Desde a etapa de floração, aplicações preventivas foram feitas semanalmente, com o inseticida ecológico 'AGV Xispa-praga[®]' (composto por óleo de nim, extrato de plantas e óleo mineral) na dosagem de 50ml do produto por litro de água, para repelir percevejos verdes (*Nezara viridula*) e *Thrips*.

Aos 89 dias após a semeadura deste mesmo experimento, observou-se o aparecimento de oídio (*Erysiphe pisi*) somente no genótipo 'Luana Gigante'. Foi feita a tentativa de controle somente com molhamento foliar com água da chuva, mas, não havendo resultados significativos e, para evitar uma contaminação geral da cultura, foi aplicado o fungicida do grupo BAYER[®] (Folicur 200 EC) com registro no MAPA para a cultura do feijão, sob o número 2895. A dosagem foi de 0,2ml L⁻¹, sendo reaplicado aos 96 dias após a semeadura. As duas aplicações foram suficientes para controlar o fungo. Não houve o aparecimento deste fungo no genótipo MK10, pois este é resistente ao patógeno. Aos 141 dias após a semeadura foi aplicado o fungicida do grupo BAYER[®] (Nativo), na dosagem de 3ml L⁻¹

juntamente com 0,5% ml L⁻¹ de óleo mineral, devido ao aparecimento dos fungos *Cercospora* sp., seguido de *Botrytis cinerea* (devido a alta umidade relativa do ar e dias quentes), sendo relatado pela primeira vez para a cultura de ervilha torta em ambos os genótipos. Foi aplicado este fungicida como teste, pois não havia até o momento relato destes fungos para esta cultura e como foi controlado, não precisou ser reaplicado. O fungicida utilizado possui registro no MAPA para a cultura do feijão, sob o número 205.

No experimento I, a colheita foi iniciada no dia 22 de agosto e finalizada no dia 16 de novembro de 2011 (totalizando 31 colheitas durante 86 dias), e, no experimento II, a colheita foi iniciada no dia 16 de agosto para o genótipo 'Luana Gigante' e 21 de agosto para o genótipo MK10 e finalizada no dia 3 de novembro de 2012 (totalizando 20 e 21 colheitas, durante 74 e 79 dias respectivamente, para o genótipo MK10 e Luana Gigante). O término dos experimentos ocorreu em função da avaliação visual que indicou baixo potencial produtivo e aspecto senescente das plantas, sendo, então, realizada a avaliação final de biomassa.

ARTIGO 1

Crescimento, partição de massa seca e componentes do rendimento de ervilha torta (*Pisum sativum* L.) sob diferentes densidades de plantio em hidroponia

Crescimento, partição de massa seca e componentes do rendimento de ervilha torta (*Pisum sativum* L.) sob diferentes densidades de plantio em hidroponia

Liana Viviam Ferreira¹, Roberta Marins Nogueira Peil² e Fernanda Carini³

^{1,2,3}Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Departamento de Fitotecnia, Caixa Postal 354, CEP 96010-900 Pelotas, RS, Brasil.

E-mail: lianavferreira@gmail.com, rmpeil@ufpel.edu.br, carini.fc@gmail.com

Resumo

Com o objetivo de avaliar o efeito da densidade de plantio sobre a produção e partição da massa seca e os componentes do rendimento de ervilha torta 'Luana Gigante[®]', nas condições de cultivo protegido e sistema NFT no inverno/primavera do sul do Rio Grande do Sul, cinco densidades de plantio (3,9; 4,7; 5,9; 7,8 e 11,8 plantas m⁻²) foram estudadas em experimento realizado de maio a novembro de 2011. Os resultados indicaram que o aumento da densidade de plantio de 3,9 a 11,8 plantas m⁻² reduziu de forma linear a produção de massa seca da parte aérea vegetativa (30,4%), das raízes (35,1%) e das vagens (39,7%) por planta, reduzindo a produtividade individual das plantas (de 301,06 para 190,89 g planta⁻¹). Entre os componentes do rendimento, somente o número de vagens colhidas por planta foi reduzido. O aumento da densidade de plantio não prejudicou a massa fresca média das vagens e nem alterou a porcentagem de vagens comerciais, aumentando de forma linear a produção da massa seca de todos os órgãos bem como a produtividade por unidade de área (de 1,174 para 2,252 kg m⁻²). Desta forma, recomenda-se a densidade de 11,8 plantas m⁻² para a ervilha torta em cultivo hidropônico.

Palavras-chave: *Pisum sativum* L., população de plantas, produção de massa seca, sistema NFT.

Abstract

Growth, dry matter partitioning and yield components of edible pod peas (*Pisum sativum* L.) under different plant densities in hydroponics

This work was conducted with the objective of evaluating the effect of plant density on dry matter production and partitioning and yield components of edible pod peas 'Luana Gigante[®]' in protected cultivation and NFT system and winter/spring crop season in southern Rio Grande do Sul. Five plant densities (3.9, 4.7, 5.9, 7.8 and 11.8 plants m⁻²) were studied in an experiment conducted from May to November 2011. The results indicated that increasing of plant density decreased linearly vegetative above-ground plant parts (30.4%), roots (35.1%) and pods (39.7%) dry mass production per plant, reducing the pods yield per plant (from 301.06 to 190.89 g plant⁻¹). Among the yield components, only the number of harvested pods per plant was reduced. Increasing of plant density did not affect the average fresh weight of pods neither alter the percentage of marketable pods. However, it increased linearly all organs dry matter production as well as the yield obtained per square meter (from 1.174 to 2.252 kg m⁻²). Thus, we can recommend the plant density of 11.8 plants m⁻² for edible pod peas crop in hydroponics.

Keywords: *Pisum sativum* L., plant population, dry matter production, NFT system.

Introdução

As condições de reduzida disponibilidade de radiação solar e baixas temperaturas do inverno no sul do Brasil impedem um bom desempenho da maioria das culturas de hortaliças tradicionalmente cultivadas, havendo dificuldades para as plantas manterem adequado crescimento vegetativo e reprodutivo, com alongamento do ciclo de cultivo.

Entre os tipos de ervilha, a ervilha torta é a que apresenta o maior valor comercial. Conforme cotação da CEASA-Porto Alegre (2012), o valor pago ao produtor varia de R\$ 12,50 a 15,00 por quilo.

Este elevado valor comercial torna esta cultura uma alternativa muito interessante para a agricultura familiar e, principalmente por ser uma cultura de inverno, é uma boa opção produtiva no período de entressafra no sul do Brasil. Destaca-se como a olerácea cuja germinação se verifica em temperaturas mais baixas. Embora favorecida por baixas temperaturas, a planta é prejudicada pela geada, especialmente por ocasião do florescimento e da frutificação (Filgueira, 2007).

O cultivo em casa de vegetação tem sido muito utilizado como alternativa para proteger as plantas de invernos rigorosos, além de proporcionar aumento na produtividade e na qualidade dos produtos. Neste ambiente, deve-se primar pelo manejo racional da água, pois a irrigação é uma prática obrigatória (Oliveira et al., 2011). Aliado ao ambiente protegido, o cultivo sem solo no País tem crescido nos últimos anos, através do qual o fornecimento de água e nutrientes pode ser melhor ajustado às necessidades da planta, reduzindo as perdas por excessos. Os sistemas de cultivo hidropônicos ainda permitem aumentar a densidade das plantas e a produtividade, diminuindo os custos da lavoura (Giménez, 2008).

Porém, o cultivo de hortaliças de porte alto nestes sistemas é ainda incipiente no Brasil, devido, entre outros fatores, à falta de informações originadas de pesquisas sobre o manejo fitotécnico das culturas.

O manejo da densidade de plantas é uma das práticas culturais mais importantes, pois afeta a arquitetura das plantas, altera o crescimento e o desenvolvimento e influencia a produção e partição de fotoassimilados (Almeida & Sangoi, 1996). Propostas de espaçamentos e densidades de plantio para as culturas

em geral têm procurado atender a necessidades específicas dos tratos culturais e a melhoria da produtividade (Gassi et al., 2009).

A densidade de plantio ideal a ser empregada para o dossel vegetal é aquela em que o máximo de radiação solar útil à fotossíntese seja interceptado e, ao mesmo tempo, seja maximizada a fração da massa seca alocada para os frutos. A população de plantas afeta a penetração da radiação solar no dossel e o equilíbrio entre o crescimento da fração vegetativa e generativa. Alterações na eficiência das fontes, através de modificações na população de plantas de hortaliças de fruto, afetam indiretamente a distribuição da massa seca entre os órgãos da planta, podendo ocorrer alterações no número de frutos em crescimento, os quais modificam a capacidade de dreno da planta (Heuvelink, 1997; Hao & Papadopoulos, 1999; Schvambach et al., 2002). Estas relações se referem a hortaliças de frutos com peso maior do que as vagens produzidas pela ervilha torta, como tomateiro (Genúncio et al., 2006; Gusmão et al., 2006; Machado et al., 2007; Rocha et al., 2010), pepineiro (Peil & Gálvez, 2002; Schvambach et al., 2002; Costa et al., 2010), meloeiro (Silva et al., 2003; Chaves et al., 2004; Duarte & Peil, 2010) e morangueiro (Strassburger et al., 2010; Strassburger et al., 2011; Portela et al., 2012). Considerando que o tamanho do fruto é determinante para tais relações (Peil & Gálvez, 2005), pode-se supor que estas ocorram de maneira distinta para a cultura da ervilha torta.

No Brasil, poucas são as informações originadas de pesquisa científica sobre o manejo da densidade de plantio e seu efeito sobre a cultura da ervilha torta. Há informações gerais que indicam o espaçamento de 0,8 a 1,0m entre fileiras por 0,4 a 0,5m entre plantas na linha, o que corresponde a densidades de 20.000 a 30.000 plantas por hectare, para a condução tutorada de cultivares de ervilha torta em cultivo a campo no centro do país (Manetti, 2010). Tais cultivares produzem de 2 a 3 t ha⁻¹ de vagens frescas, sendo muito variável a produtividade de um ervilhal a campo (Filgueira, 2007). Experimentalmente foram observados por Manetti (2010) rendimentos de 2 a 20 t ha⁻¹ e Islam et al. (2002) com resultados variando entre 5,11 a 8,79 t ha⁻¹. Porém, não existem estudos sobre o manejo fitotécnico da ervilha torta em condições de ambiente protegido e hidroponia no inverno rigoroso do Sul do Brasil.

Assim, há necessidade de elucidar os efeitos da variação da população de plantas sobre as relações fonte-dreno e o crescimento, bem como, sobre as

características produtivas da cultura da ervilha torta em ambiente protegido e hidroponia. Portanto, este trabalho objetivou avaliar o efeito da densidade de plantio sobre o crescimento (produção e partição da massa seca), os componentes do rendimento e a produção da cultura nas condições de cultivo protegido e sistema hidropônico no inverno/primavera do sul do Rio Grande do Sul.

Material e métodos

Este trabalho foi executado no Campo Experimental e Didático do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Pelotas, localizado no município de Capão do Leão, RS. O clima da região é caracterizado como subtropical úmido ou temperado, representado por Köppen como Cfa. O experimento foi realizado em estufa modelo “Teto em Arco” de estrutura metálica, coberta com filme de polietileno de baixa densidade de 150 μ m de espessura, disposta no sentido norte-sul e com as seguintes dimensões: 10,0m x 21,0m e 5,0m de altura máxima. O solo apresenta-se nivelado e coberto com filme de polietileno dupla face (branco/preto) de 150 μ m de espessura, com a face branca exposta.

Sementes de ervilha torta ‘Luana Gigante[®]’ foram semeadas no dia 31 de maio de 2011 em espuma fenólica com dimensões de 4,0 x 4,0 x 3,8cm, colocando-se uma semente por cubo. Os cubos foram dispostos em quadros de irrigação e subirrigados somente com água até a emergência das plântulas, mantendo-se uma lâmina de aproximadamente 1cm de altura. A partir de duas semanas após a emergência e até o transplante das mudas foi fornecida solução nutritiva diluída a 50% da concentração original.

Aos 30 dias após a semeadura (30/06/2011), as mudas no estágio de 4 a 6 folhas definitivas foram transplantadas para o sistema de cultivo hidropônico NFT (Cooper, 1979). O sistema foi composto por 12 canais de madeira (7,5m de comprimento e 0,35m de largura), dispostos em 6 linhas duplas, com distância entre linhas duplas de 1,2m e distância entre linhas simples de 0,5m. Os canais foram apoiados sobre cavaletes galvanizados de 0,5m de altura máxima, instalados de forma a proporcionar uma declividade de 2% para o escoamento da solução nutritiva. Internamente, os canais de madeira foram revestidos com filme de polietileno dupla face branco-preto, de maneira a formar canais de plástico, com exposição externa da face branca. Na cota mais baixa destes canais, encontrava-se

um canal coletor, que também era de madeira e revestido por filme de polietileno dupla face branco-preto, com a função de conectar a porção final dos canais de cultivo, coletar e conduzir o drenado da solução nutritiva até o reservatório. Utilizou-se um reservatório de solução nutritiva de polietileno com capacidade de 1000 litros enterrado na extremidade de cota mais baixa do sistema de cultivo hidropônico.

Um conjunto moto-bomba de 3/4 HP, fixado no reservatório, impulsionava a solução para as extremidades de maiores cotas dos canais através de um cano de PVC de 25 mm, na vazão de 4 l min^{-1} . A partir desse ponto, devido à declividade, a solução nutritiva percorria a base dos canais de cultivo, formando uma lâmina fina, e após passar pelas raízes nos canais de cultivo, a solução nutritiva chegava ao canal coletor fechando o sistema. O fornecimento da solução foi programado por um temporizador, realizando-se fluxos de irrigação de 15 minutos, cinco vezes ao dia. No período noturno, o sistema era mantido desligado.

A solução nutritiva empregada foi a recomendada para a cultura do feijão-vagem em NFT (Peil et al., 1999), com a seguinte composição de macronutrientes (em mmol l^{-1}): 15 de NO_3^- ; 1,3 de H_2PO_4^- ; 2,8 de SO_4^{2-} ; 0,9 de NH_4^+ ; 8,0 de K^+ ; 4,5 de Ca^{+2} e 2,0 de Mg^{+2} e de micronutrientes (em mg l^{-1}): 0,56 de Mn; 0,03 de Cu; 0,26 de Zn; 0,22 de B; 0,05 de Mo e 4,0 de Fe.

Diariamente, a solução nutritiva foi monitorada através das medidas de condutividade elétrica (empregando-se condutivímetro manual digital) e pH (empregando-se pHmetro manual digital). A condutividade elétrica foi mantida em $1,9 \text{ dS m}^{-1}$. Quando o valor da condutividade elétrica sofria uma diminuição ou um aumento da ordem de 20%, era feita a sua correção, através da adição, respectivamente, de soluções estoques concentradas ou de água. O pH foi mantido entre 5,5 a 6,5 através da adição de solução de correção à base de hidróxido de potássio (KOH 1N) ou ácido sulfúrico (H_2SO_4 1N).

Os tratamentos experimentais corresponderam a cinco diferentes densidades de plantio: 3,9; 4,7; 5,9; 7,8 e 11,8 plantas m^{-2} (correspondendo, respectivamente, aos espaçamentos entre plantas na linha de 0,30; 0,25; 0,20; 0,15 e 0,10m). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições. O bloco correspondeu a um conjunto de duas linhas duplas de canais de cultivo. A parcela foi composta por 32 plantas de cada densidade, sendo avaliadas as oito plantas centrais da parcela. As plantas foram tutoradas com tela vertical de polietileno, fazendo-se somente a poda apical, quando os ramos atingiram o topo da tela. Os

tratamentos fitossanitários foram efetuados na medida em que se fizeram necessários.

O manejo do ambiente da casa de vegetação foi efetuado apenas por ventilação natural, mediante abertura diária das cortinas laterais. Foram monitoradas a temperatura e a umidade relativa do ar no interior do ambiente através de termohigrógrafo digital, localizado em abrigo meteorológico a 1,5m de altura do solo. Os dados de radiação solar global exterior foram obtidos junto à Estação Agroclimatológica convênio UFPel/Embrapa, localizada aproximadamente a 500m do local do experimento.

A colheita foi realizada três vezes por semana, no período de 22/08/2011 a 16/11/2011. O crescimento das plantas foi determinado através da quantificação da produção acumulada da massa fresca e seca das plantas aos 139 dias após o transplante (169 dias após a semeadura), incluindo as vagens colhidas durante o período produtivo, bem como as folhas provenientes de desfolhas antecipadas e da poda apical. As plantas foram separadas em três frações: parte aérea vegetativa (folhas + caules), vagens e raízes, as quais foram pesadas para a obtenção da massa fresca. As diferentes frações das plantas foram secas em estufa de ventilação forçada a 65°C, até peso constante e depois pesadas em balança de precisão e, assim, determinada a massa seca. A massa seca total da planta correspondeu à soma da parte aérea vegetativa + raízes + vagens. Com base nesses dados, se estabeleceu a produção de massa seca por planta e por unidade de área, bem como, a sua partição entre as diferentes frações da planta.

As seguintes variáveis relacionadas ao rendimento foram avaliadas: número total e número de vagens comerciais por planta e por unidade de área; produtividade total de vagens por planta e por unidade de área; porcentagem (%) de vagens comerciais em peso; massa média de vagens. Foram consideradas vagens comerciais aquelas que apresentavam comprimento de 10 a 14cm, com grão em desenvolvimento e coloração verde claro, as demais vagens foram descartadas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e decomposição em componentes polinomiais, obtendo-se a partir da análise de regressão a equação estimada.

Resultados e discussão

A temperatura média no interior da estufa foi de 23°C, com média das mínimas de 10°C e média das máximas de 36°C. A umidade relativa do ar média observada ao longo do experimento foi de 55,8% com média das máximas de 86,3% e média das mínimas de 25,3%. A radiação exterior acumulada durante o período entre o transplante e a última colheita foi de 1.752,8 MJ m⁻².

A colheita das vagens se iniciou aos 83 dias após a semeadura, totalizando 86 dias de colheita, perfazendo um ciclo total de 169 dias. Este longo período de colheita, provavelmente, só foi possível devido às melhores condições ambientais da casa de vegetação e à maior disponibilidade hídrica e de nutrientes minerais do sistema de cultivo hidropônico empregados nesta pesquisa em relação ao cultivo convencional a céu aberto.

Com base na resposta individual das plantas (Figura 1A), o aumento da densidade de plantio no intervalo entre 3,9 e 11,8 plantas m⁻² reduziu de forma linear a produção de massa seca da parte aérea vegetativa (passando de 65,7 para 45,7g planta⁻¹, o que representa uma redução de 30,4%), das raízes (de 7,4 para 4,8g planta⁻¹, representando uma redução de 35,1%) e das vagens (de 37,3 para 22,5g planta⁻¹, representando uma diminuição de 39,7%) e, conseqüentemente, do total da planta (de 110,4 para 73,3 g planta⁻¹, representando um decréscimo de 33,6%). Entretanto, houve um aumento linear da ordem de 45,1%, 52,5%, 53,1% e 50,2%, respectivamente, na produção de massa seca da fração aérea vegetativa, das vagens, das raízes e do total da planta por unidade de área (Figura 1B).

O aumento da densidade de plantio reduziu significativamente o número de vagens total por planta, passando de 118,9 para 71,3 vagens por planta⁻¹, o que representa uma redução de 40,1%, e aumentou o número total de vagens por unidade de área em 44,9%, passando de 463,8 na densidade de 3,9 plantas m⁻², para 841,2 vagens m⁻², na densidade de 11,8 plantas m⁻² (Figura 2). Entretanto, não afetou a massa fresca média de vagens totais e de vagens comerciais, cujos valores médios foram de 2,92g e 2,62g, respectivamente. Tampouco afetou a proporção em peso de vagens comerciais em relação ao peso total colhido, cuja média foi de 96,6%.

A maior produtividade por planta foi de 301,1g, obtida na densidade de 3,9 plantas m⁻², havendo uma redução da ordem de 36,6% em relação à produtividade

de $190,89 \text{ g planta}^{-1}$ observada na densidade de $11,8 \text{ plantas m}^{-2}$ (Figura 3). Porém, com aumento do número de plantas, a produtividade por unidade de área aumentou de $1,174 \text{ kg m}^{-2}$, na densidade de $3,9 \text{ plantas m}^{-2}$, para $2,252 \text{ kg m}^{-2}$ na densidade de $11,8 \text{ plantas m}^{-2}$.

O maior sombreamento mútuo e a conseqüente dificuldade de penetração da radiação solar no interior do dossel reduzem a quantidade de radiação interceptada individualmente pela planta e a taxa fotossintética, e, por conseguinte, o crescimento e a produtividade da planta sob maior pressão populacional (Portela et al., 2012), o que leva à redução do crescimento de todos os órgãos e das plantas, conforme observado (Figura 1A). Assim como diminuiu o índice de pegamento de vagens (conforme indicado pelo menor número de vagens colhidas por planta; Figura 2), o crescimento (Figura 1A) e a produtividade das plantas (Figura 3). Entretanto, quando se analisa o comportamento do conjunto de plantas que compõe o dossel, observa-se que esta redução foi compensada numericamente pelo aumento do número de plantas cultivadas por metro quadrado (Figuras 1B, 2 e 3).

Uma vez que a produção de massa seca de todos os órgãos foi reduzida em percentuais semelhantes (entre 30 e 40%) pelo aumento da densidade de plantio, a partição proporcional de massa seca entre estes não foi afetada. Na média, a fração vegetativa aérea, as vagens e as raízes representaram, respectivamente, 61,5; 31,7 e 6,8% da massa seca total acumulada pela planta. Estes resultados indicam que os órgãos vegetativos aéreos foram os principais drenos de assimilados da planta e divergem dos encontrados por Islam et al. (2002) com a cultivar Bari Motorshuti-2, em que 60% da massa seca foi alocada para vagens.

Segundo Cairo et al. (2008), as folhas em crescimento são consideradas drenos, e quando se expandem completamente passam a ser fontes. Como a cultivar de ervilha torta 'Luana Gigante' apresenta, caracteristicamente, vigoroso crescimento indeterminado, ocorre uma produção contínua dos órgãos vegetativos aéreos, resultando em uma elevada relação fonte-dreno. Também, deve-se considerar que, devido ao pequeno tamanho, individualmente, as vagens são drenos pouco potentes, e mesmo somadas, representaram, proporcionalmente, uma baixa força de drenos do compartimento generativo, o que beneficiou a alocação de assimilados nos órgãos vegetativos aéreos.

Sabe-se que as raízes, frequentemente, representam uma pequena fração da massa seca total das culturas em casa de vegetação (Peil & Gálvez, 2005). Isso é

intensificado em condições de cultivo sem solo, nas quais o fornecimento de água e nutrientes minerais se encontra próximo ao ótimo, podendo-se obter um elevado crescimento da parte aérea com um reduzido sistema radicular (De Willigen & Van Noordwijk, 1987), conforme observado nesta pesquisa.

Geralmente, o aumento da densidade reduz a produção individual das plantas, mas o incremento do número de plantas por unidade de área compensa a redução até uma determinada população de plantas (Watanabe et al., 2003), considerada limite, cujo valor depende entre outros fatores, da radiação solar disponível no período de cultivo. No presente trabalho, não se atingiu a densidade limite para produtividade por área, uma vez que não foi verificada a redução nos valores desta variável com o aumento do número de plantas, apesar dos baixos valores de radiação solar global incidente no período entre o transplante e o início da colheita (médias de radiação solar global exterior de 7,67 e 9,69 MJ m⁻² dia⁻¹ para os meses de julho e agosto de 2011).

Comportamento semelhante em ervilha já foi observado em cultivo no solo por Manetti (2010), o qual constatou que a maior produtividade, de 2,0 kg m⁻² ocorreu na maior densidade (10 plantas m⁻²). Islam et al. (2002) também observaram a maior produtividade, de 1,026 kg m⁻², na maior densidade, de 16,6 plantas m⁻².

Entre os componentes do rendimento, observou-se que somente o número total de vagens colhidas por planta e por unidade de área (m²) foi afetado pela densidade (Figura 2), não havendo efeito sobre o peso médio das vagens (média de 2,62g). Pereira et al. (2003), corrobora este resultado ao enfatizar que o número de vagens foi o componente de produção mais afetado pela população de plantas em feijão-vagem. Assim, a maior competição que se estabelece com o aumento da densidade de plantio afetou a distribuição de assimilados para o pegamento de novas vagens, mas não afetou o crescimento das vagens que se encontravam na planta.

Uma das formas de avaliar a produtividade das culturas é considerando seu ciclo, o que permite uma melhor visualização do cultivo. A distribuição dos valores do número (Figura 4A) e da produção de vagens comerciais (Figura 4B) acumulados ao longo da colheita em função da densidade de plantio mostrou diferenças significativas somente para a densidade de 11,8 plantas m⁻², com um total acumulado de 735,5 vagens m⁻² e 2,18 kg m⁻² ao final do ciclo de cultivo. A superioridade deste tratamento em relação aos demais surgiu a partir dos 69 dias

após o transplante e manteve-se até o final da colheita. As colheitas com maior número e peso de vagens para essa densidade foram observadas aos 101 e 139 dias após o transplante, com 127,8 e 99,3 vagens m^{-2} , e 393,5 e 310,2 g m^{-2} , respectivamente.

A análise das linhas de tendência para o número (Figura 4A) e para o peso de vagens (Figura 4B) mostra que durante as colheitas houve picos de produção entre 93 a 101 e 133 a 139 dias após transplante.

Os resultados obtidos permitem concluir que o aumento da densidade de plantio da ervilha torta no intervalo entre 3,9 e 11,8 plantas m^{-2} em condições de cultivo protegido e sistema hidropônico no inverno/primavera do sul do Rio Grande do Sul, reduz o crescimento de todos os órgãos e a produtividade individual das plantas de forma linear. Porém, aumenta de forma linear a produção absoluta da massa seca da cultura bem como a produtividade por unidade de área. Não afeta a partição proporcional de massa seca entre os diferentes órgãos da planta. Os órgãos vegetativos aéreos são os principais drenos de fotoassimilados, representando 61,5% da massa seca total das plantas, enquanto as vagens representam 31,7%. Entre os componentes do rendimento, somente o número de vagens colhidas por planta é reduzido, não havendo prejuízos à massa fresca média das vagens e nem alterando a porcentagem de vagens comerciais colhidas. Os picos de produção de vagens ocorrem na fase final da colheita: de 93 a 101 e de 133 a 139 dias após o transplante. Recomenda-se a densidade de 11,8 plantas m^{-2} para a ervilha torta 'Luana Gigante'.

Referências

ALMEIDA, M.L.; SANGOI, L. Aumento da densidade de plantas de milho para regiões de curta estação estival de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.2, p.179-183, 1996.

CAIRO, P.A.R.; OLIVEIRA, L.E.M. de; MESQUITA, A.C. **Análise de crescimento de plantas**. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2008. 71p.

CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DO RIO GRANDE DO SUL. **Cotação de atacado referente a 09 de maio de 2012**: cotação do ano de 2012. Porto Alegre: CEASA, 2012. Disponível em: <http://www.ceasa.rs.gov.br/>. Acesso em: 09 mai. 2012.

CHAVES, S.W.P.; NEGREIROS, M.Z. de; NOGUEIRA, I.C.C.; PEDROSA, J.F.; NETO, F.B.; PEREIRA, F.H. Densidade de plantio na produção e qualidade de frutos em híbridos de melão. **CAATINGA**, v.17, p.39-45, 2004.

COOPER, A.J. **The ABC of NFT**. London: Grower Books, 1979. 181p.

COSTA, E.; LEAL, P.A.M.; GOMES, V. do A.; MACHADO, D.; JARA, M.C. de S. Biomassa de mudas de pepinos híbridos conduzidos sob ambientes protegidos. **Bragantia**, v. 69, p.381-386, 2010.

DE WILLINGEN, P.; VAN NOORDWIJK, M. **Roots, plant production and nutrient use**. 1987. 282p. Dissertação (mestrado) – Wageningen Agricultural University, Wageningen.

DUARTE, T.S.; PEIL, R.M.N. Relações fonte: dreno e crescimento vegetativo do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.271-276, 2010.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 421p.

GASSI, R.P.; ZÁRATE, N.A.H.; VIEIRA, M. do C.; GOMES, H.E.; MUNARIN, E.E.O.; RECH, J. Espaçamentos entre plantas e número de fileiras no canteiro na produção da ervilha. **Horticultura Brasileira**, v.27, p.549-552, 2009.

GENÚNCIO, G.C.; MAJEROWICZ, N.; ZONTA, E.; SANTOS, A.M.; GRACIA, D.; AHMED, C.R.M.; SILVA, M.G. Crescimento e produtividade do tomateiro em cultivo hidropônico NFT em fungos da concentração iônica da solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.175-179, 2006.

GIMÉNEZ, G.; ANDRIOLO, J.L.; GODOI, R. Cultivo sem solo do morangueiro. **Ciência Rural**, v.38, p.273-279, 2008.

GUSMÃO, M.T.A.; GUSMÃO, S.A.L.; ARAÚJO, J.A.C. Produtividade de tomate tipo cereja cultivado em ambiente protegido e em diferentes substratos. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.431-436, 2006.

HAO, X.; PAPADOPOULOS, A.P. Effects of supplemental lighting and cover materials on growth, photosynthesis, biomass partitioning, early yield and quality of greenhouse cucumber. **Scientia Horticulturae**, v.80, p.1-18, 1999.

HEUVELINK, E. Effect of fruit load on dry matter partitioning in tomato. **Scientia Horticulturae**, v.69, p.51-59, 1997.

ISLAM, M.S.; RAHMAN, M.A.; SALAM, M.A.; MASUM, A.S.M.H.; RAHMAN, M.H. Growth and Vegetable Pod Yield of Edible Podded Pea as Influenced by Sowing Time and Plant Density. **Journal of Biological Sciences**, v.2, n.10, p.706-709, 2002.

MACHADO, A.Q.; ALVARENGA, M.A.R.; FLORENTINO, C.E.T. Produção de tomate italiano (saladete) sob diferentes densidades de plantio e sistemas de poda visando ao consumo *in natura*. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.149-153, 2007.

MANETTI, F.A. **Produtividade de linhagens unifloras e bifloras de ervilha (*Pisum sativum* L.) de vagens comestíveis em função da densidade de plantio**. 2010. 27p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

OLIVEIRA, E.C.; CARVALHO, J.A.; REZENDE, F.C.; FREITAS, W.A. Viabilidade técnica e econômica da produção de ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivada sob diferentes lâminas de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v.31, p.324-333, 2011.

PEIL, R.M.N.; GÁLVEZ, J.L. Effect of fruit removal on growth and biomass partitioning in cucumber. **Acta Horticulturae**, v.588, p.69-74, 2002.

PEIL, R.M.N.; GÁLVEZ, J.L. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas em invernadero. **Revista Brasileira Agrocência**, v.11, p.05-11, 2005.

PEIL, R.M.N.; LÓPEZ-GALVEZ, J.; VITA QUESADA, G. Nuevas Técnicas de producción en invernadero: cultivo de la judia verde em Sistema NFT. In: JORNADAS SOBRE PLASTICULTURA/CEPLA/IBERFLORA, V FITECH. **Anales**. Valencia. 1999. p.1-13.

PEREIRA, A.V.; OTTO, R.F.; REGHIN, M.Y. Respostas do feijão-vagem cultivado sob proteção com agrotêxtil em duas densidades de plantas. **Horticultura Brasileira**, v.21, p.564-569, 2003.

PORTELA, I.P.; PEIL, R.M.N.; RODRIGUES, S.; CARINI, F. Densidade de plantio, crescimento, produtividade e qualidade das frutas de morangueiro “Camino Real” em hidroponia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, p.792-798, 2012.

ROCHA, M.Q.; PEIL, R.M.N.; COGO, C.M. Rendimento do tomate cereja em função do cacho floral e da concentração de nutrientes em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.466-471, 2010.

SCHVAMBACH, J.L.; ANDRIOLO, J.L.; HELDWEIN, A.B. Produção e distribuição da massa seca do pepino para conserva em diferentes populações de plantas. **Ciência Rural**, n.32, p.35-51, 2002.

SILVA, P.S.L.; FONSECA, J.R. da; MOTA, J.C.A.; SILVA, J. da. Densidade de plantio e rendimento de frutos do meloeiro (*Cucumis melo* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, p.245-247, 2003.

STRASSBURGER, A.S.; PEIL, R.M.N.; SCHWENGBER, J.E.; MARTINS, D. de S.; MEDEIROS, C.A.B. Crescimento do morangueiro: influência da cultivar e da posição da planta no canteiro. **Ciência Rural**, v.41, p.223-226, 2011.

STRASSBURGER, A.S.; PEIL, R.M.N.; SCHWENGBER, J.E.; MEDEIROS, C.A.B.; MARTINS, D. de S.; SILVA, J.B. Crescimento e produtividade de cultivares de morangueiro de “dia neutro” em diferentes densidades de plantio em sistema de cultivo orgânico. **Bragantia**, v.69, p.623-630, 2010.

WATANABE, S.; NAKANO, Y.; OKANO, K. Effect of planting density on fruit size, light-interception and photosynthetic activity of vertically trained watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb. Matsum.et Nakai) plants. **Journal of the Japanese Society for the Horticultural Science**. Kyoto, v.72, n.6, p.497-503, 2003.

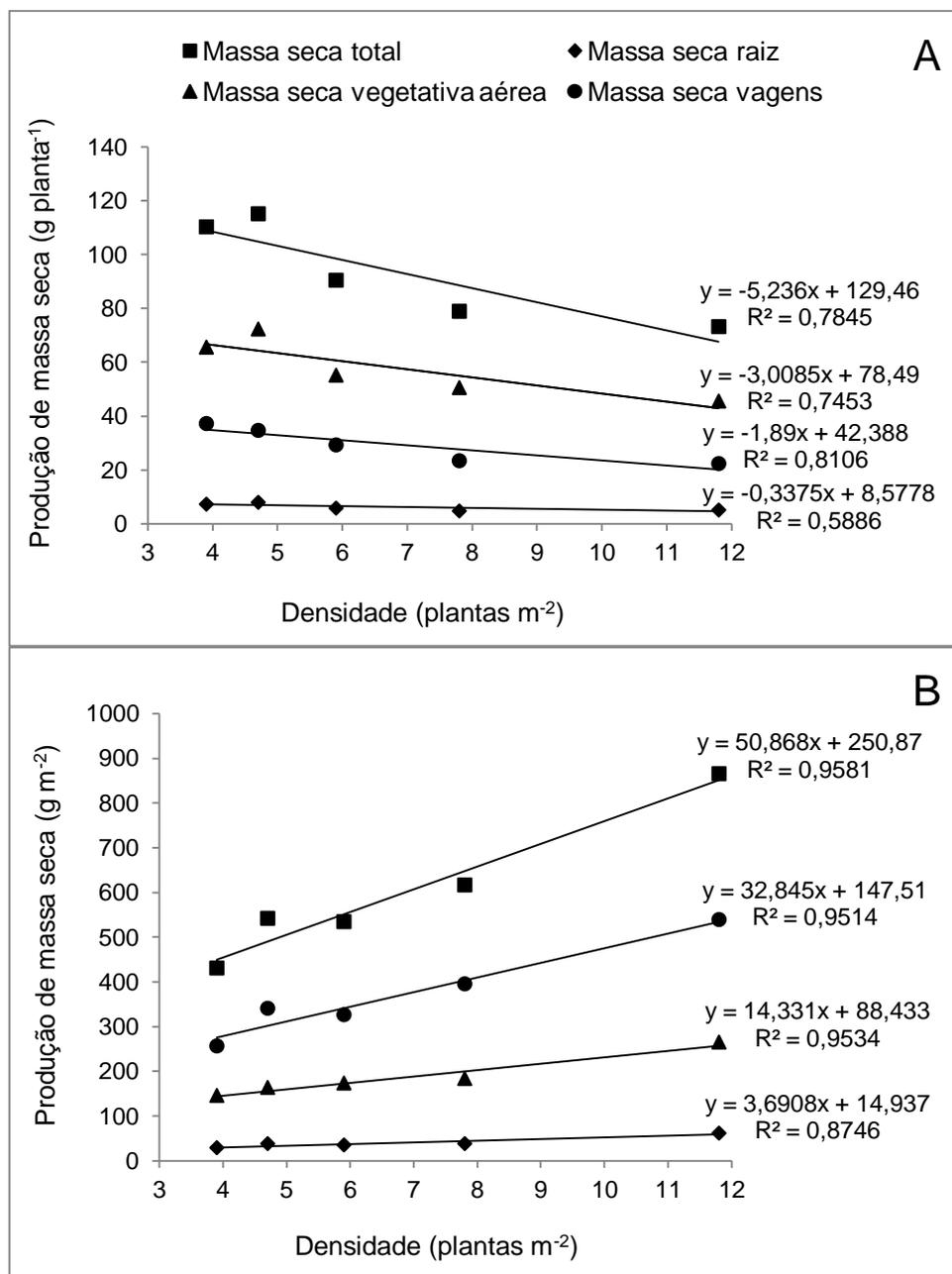


Figura 1. Produção acumulada de massa seca total da planta, das vagens, vegetativa aérea (caule + folhas) e de raízes por planta (A) e por unidade de área (B) de ervilha torta cultivada hidroponicamente em função da densidade de plantio. UFPel, Pelotas, 2011.

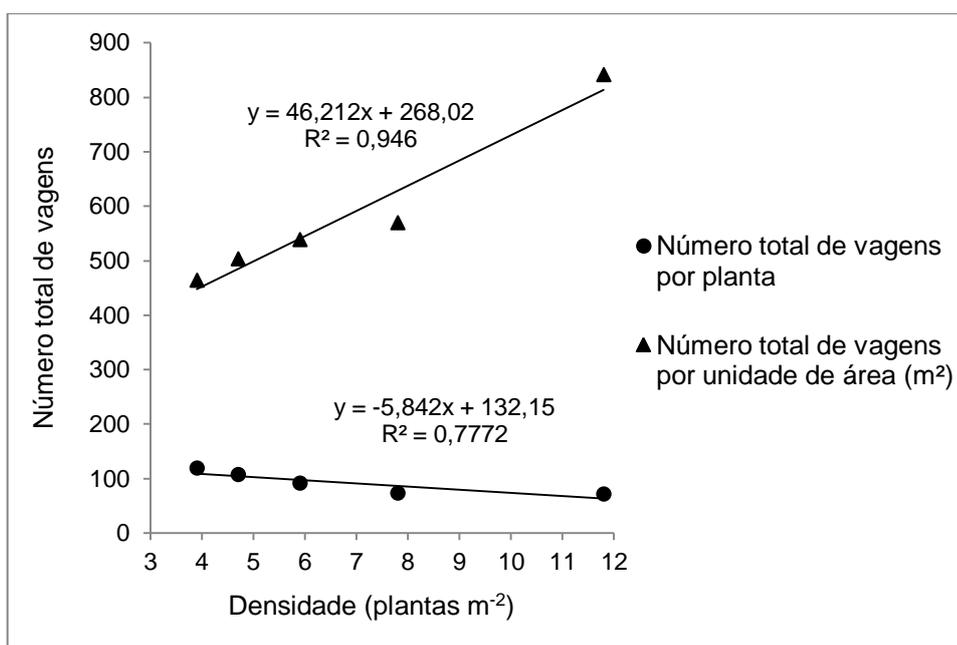


Figura 2. Número total de vagens por planta e por unidade de área (m²) de ervilha torta cultivada hidroponicamente em função da densidade de plantio. UFPel, Pelotas, 2011.

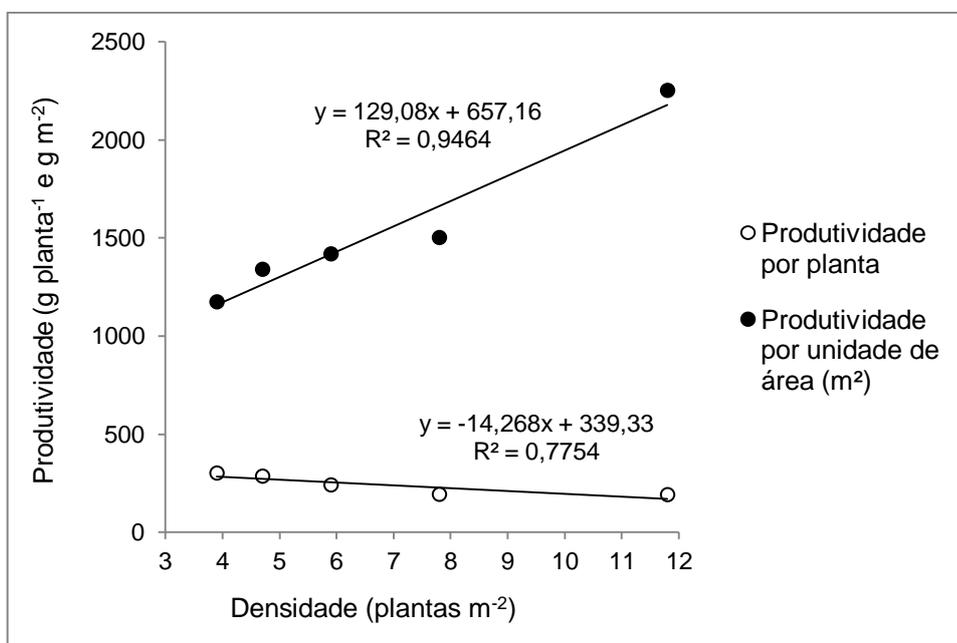


Figura 3. Produtividade total por planta e por unidade de área (m²) de ervilha torta cultivada hidroponicamente em função da densidade de plantio. UFPel, Pelotas, 2011.

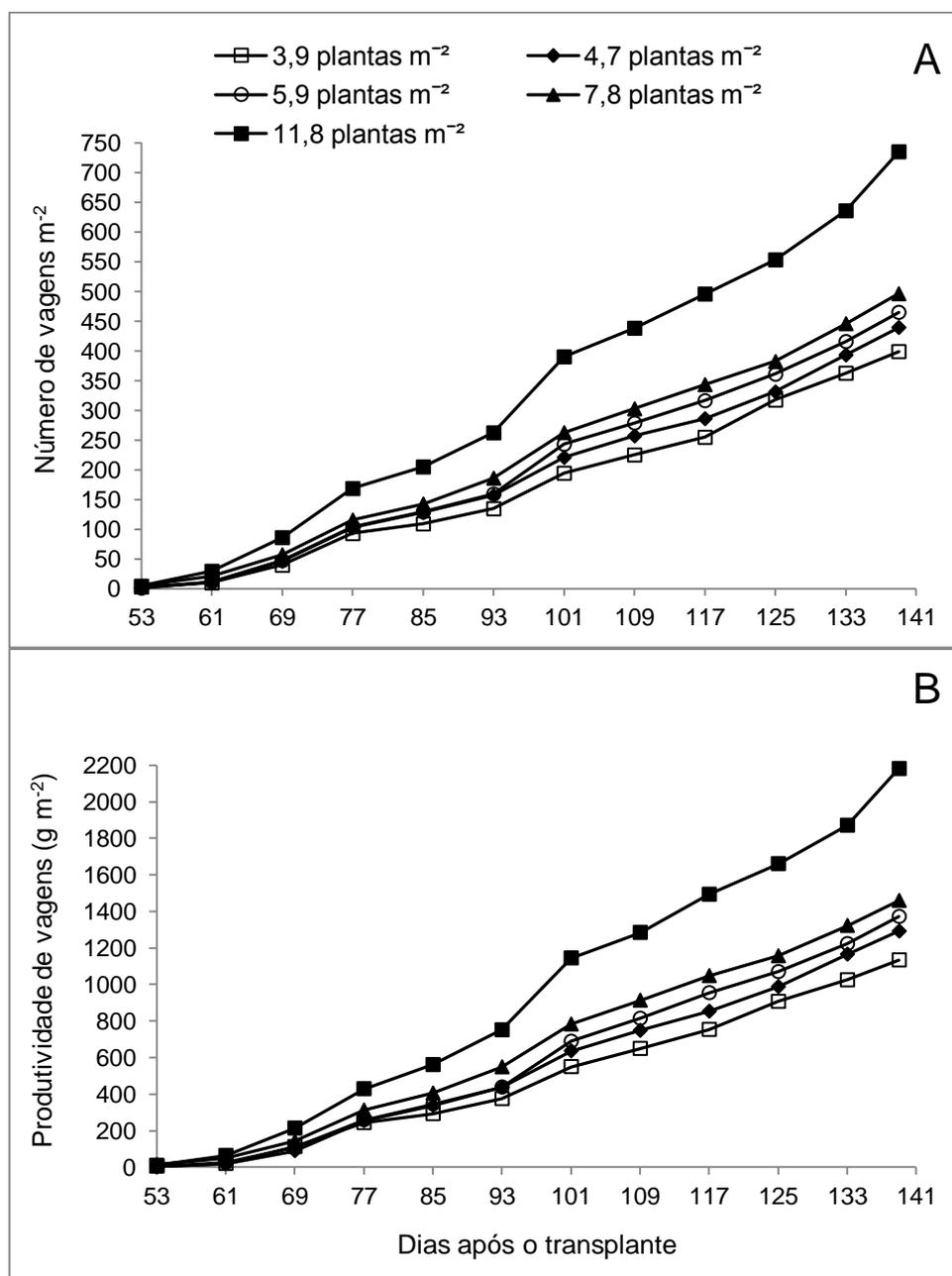


Figura 4. Evolução dos valores acumulados ao longo do ciclo de cultivo de número de vagens comerciais (A) e produtividade de vagens comerciais (B) de ervilha torta em função da densidade de plantio, em sistema hidropônico. UFPel, Pelotas, 2011.

ARTIGO 2

**Análise do crescimento e da produção de dois genótipos de ervilha torta
(*Pisum sativum* L.) em cultivo hidropônico**

Análise do crescimento e da produção de dois genótipos de ervilha torta (*Pisum sativum* L.) em cultivo hidropônico

Liana Viviam Ferreira¹; Roberta Marins N Peil¹; Fernanda Carini¹; Tamiris Franco Delfin¹; Gabriel Nachtigall Marques¹

¹UFPeI-FAEM, Departamento de Fitotecnia, Caixa Postal 354, 96010-900 Pelotas-RS; lianavferreira@gmail.com; rmpeil@ufpel.edu.br; carini.fc@gmail.com; tamiresfitness@hotmail.com; gabrielnmarques@hotmail.com

Resumo

Este trabalho tem o objetivo de caracterizar a dinâmica do crescimento (produção e partição de massa seca - MS) e da produção de vagens de dois genótipos de ervilha torta cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido no sul do RS. Dois genótipos ('Luana Gigante'[®] e 'MK10'[®]) foram avaliados em nove épocas de coleta (aos 0, 15, 30, 45, 60, 75, 95, 115 e 135 dias após o transplante - DAT). A partir dos dados de MS e massa fresca dos diferentes órgãos aéreos da cultura foram avaliadas a evolução da produção e da partição de MS, as taxas de crescimento e a evolução acumulada da produção de vagens. Os resultados obtidos indicam que 'Luana Gigante' e 'MK10' expressam crescimento da planta do tipo sigmoidal. 'MK10' apresenta maior crescimento dos órgãos vegetativos aéreos e da cultura do que 'Luana Gigante' a partir dos 95 DAT. Os genótipos se assemelharam em relação ao crescimento de vagens ao final do ciclo de cultivo e à evolução do número e da produção de vagens ao longo da colheita. As produtividades finais de 'Luana Gigante' e 'MK10' foram de 2,38 e 2,86 kg m⁻², respectivamente. As vagens representaram entre 1% e 5% da MS total da planta no início da frutificação, alcançando valores de 36% para 'MK10' e 43% para 'Luana Gigante' ao final do ciclo de cultivo. Assim, 'Luana Gigante' apresenta maior capacidade de destinar assimilados para o crescimento de vagens do que 'MK10'. O conjunto dos órgãos vegetativos são os principais drenos de assimilados da planta durante todo o ciclo, sendo os caules priorizados na partição de MS em relação às folhas.

Palavras-chave: *Pisum sativum* L., análise de biomassa, produtividade, sistema NFT, produção e partição de massa seca.

Abstract

Analysis of growth and production of two edible pod pea genotypes (*Pisum sativum* L.) in hydroponic system

This study aims to characterize the dynamics of crop growth [dry mass (DM) production and partitioning] and pods production of two edible pod pea genotypes grown hydroponically in greenhouse condition in southern Rio Grande do Sul. The experiment was conducted in NFT system, at 11.8 plants m⁻² density, from May to November 2012. Two genotypes ('Luana Gigante®' and 'MK10®') were evaluated in nine sample dates (at 0, 15, 30, 45, 60, 75, 95, 115 and 135 days after setting - DAS). From the data of the different above-ground plant organs dry and fresh mass production, the time-course of dry mass production and partitioning, growth rates and the time-course of the pods production were evaluated. The obtained results indicated that 'Luana Gigante' and 'MK10' present a sigmoidal type plant growth curve. 'MK10' showed higher vegetative and crop growth than 'Luana Gigante' from 95 DAT. 'MK10' presented greater pods growth than 'Luana Gigante' at 95 DAT. The genotypes were similar in relation to the growth of the pods at the end of the crop cycle and to the evolution of the pods number and production during all harvest period. The final yield of 'Luana Gigante' and 'MK10' were 2.38 and 2.86 kg m⁻², respectively. The pods comprised from 1% to 5% of total plant dry mass at the beginning of fruiting, reaching values of 36% for 'MK10' and 43% for 'Luana Gigante' at the end of the crop cycle. Thus, 'Luana Gigante' has greater ability to allocate assimilates to the growth of pods than 'MK10'. The vegetative compartment (leaves + stems) were the main sinks for assimilates of the plant during all crop cycle. Concerning the dry mass partitioning among the vegetative organs, stems were benefited in relation to the leaves.

Keywords: *Pisum sativum* L., analysis of biomass, yield, NFT system, dry mass production and partitioning.

Introdução

A espécie *Pisum sativum* L. destaca-se como a hortaliça cuja germinação se verifica em temperaturas mais baixas, embora muito favorecida pelo frio, a planta é prejudicada pela geada, especialmente por ocasião do florescimento e da frutificação (Filgueira, 2007). As condições de reduzida disponibilidade de radiação solar e baixas temperaturas do inverno no sul impedem um bom desempenho da maioria das culturas de hortaliças tradicionalmente cultivadas, havendo dificuldades para as plantas manterem adequado crescimento vegetativo e reprodutivo, com alongamento do ciclo de cultivo.

O cultivo de hortaliças de frutos em ambiente protegido e sistema hidropônico representa uma alternativa de produção, utilizada para proteger as plantas das adversidades climáticas, proporcionar crescimento mais adequado e aumentar a produtividade e a qualidade dos produtos, aliado ao manejo racional da água e dos fertilizantes.

Atualmente, devido às demandas do mercado consumidor, os produtores de hortaliças buscam diversificar a produção (Fernandes et al., 2002). Entre as hortaliças de fruto, a ervilha torta destaca-se pelo seu elevado valor comercial, o que torna esta cultura uma alternativa muito interessante para pequenas áreas de produção e, principalmente por ser uma cultura de inverno, é uma boa opção produtiva no período de entressafra na região Sul do Brasil, especialmente no Rio Grande do Sul.

O emprego de um novo sistema de produção para uma determinada cultura, como a hidroponia, demanda conhecer o comportamento das plantas e definir o manejo mais adequado. É necessário, portanto, conhecer as relações que regem o funcionamento da planta e, em seguida, compreender a forma segundo a qual todas essas relações se encadeiam entre si para resultar no rendimento final.

A análise de crescimento é uma aproximação explicativa, holística e integrativa (Hunt et al., 2002), usada para interpretar tais relações. Baseia-se fundamentalmente no fato de que cerca de 90%, em média, da matéria seca acumulada pelas plantas, ao longo do seu crescimento, resulta da atividade fotossintética (Benincasa, 2003). Permite avaliar o crescimento total (massa seca total) da planta e a contribuição dos diversos órgãos (partição de massa seca) no crescimento total.

Nos dados de crescimento, pode-se inferir a atividade fisiológica, isto é, estimar com razoável precisão as causas da variação do crescimento das plantas geneticamente diferentes ou das plantas que crescem em ambientes diferentes, assim como, conhecer diferenças funcionais e estruturais entre cultivares de uma mesma espécie, de forma que se possa selecioná-las para melhor atender aos objetivos dos produtores (Cairo et al., 2008).

Em hortaliças de fruto há interesse que grande parte dos assimilados seja destinada a estes. No entanto, existem limites para a fração de assimilados que pode ser destinada para a fração generativa, já que as plantas necessitam, também, destinar uma quantidade suficiente para os órgãos vegetativos a fim de manter a sua capacidade produtiva (Peil & Gálvez, 2005). Desta forma, a distribuição de biomassa entre os diferentes órgãos das plantas é um fator determinante para a produção das culturas, constituindo-se em um parâmetro importante a ser utilizado para detectar diferenças entre cultivares sob semelhantes condições ambientais (Benincasa, 2003).

Vários trabalhos já foram realizados buscando caracterizar o crescimento de diversas hortaliças, como o pepineiro (Peil, 2000; Schvambach et al., 2002), a abobrinha italiana (Strassburger, 2007), o pimentão (Fontes, et al., 2005), a berinjela (Souza et al., 2005), o meloeiro (Andriolo et al., 2005; Duarte, 2006), o tomateiro tipo salada (Fayad et al., 2001; Rattin et al., 2003; Genúncio et al., 2006), o tomateiro tipo cereja (Rocha, 2009), o feijão vagem (Queiroga, 2003) e, inclusive, a ervilha torta (Islam et al., 2002). No entanto, não há relatos de estudos sobre a dinâmica do crescimento de diferentes genótipos da cultura de ervilha torta em ambiente protegido e sistema hidropônico.

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar a dinâmica do crescimento (produção e distribuição de massa seca) e da produção de vagens de dois genótipos de ervilha torta cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido no sul do Estado do Rio Grande do Sul.

Material e métodos

A pesquisa foi realizada no Campo Experimental e Didático do Departamento de Fitotecnia, no campus da Universidade Federal de Pelotas, localizado no

município de Capão do Leão, RS. O clima desta região é caracterizado como subtropical úmido ou temperado, representado por Köppen como Cfa.

Um experimento foi conduzido em casa de vegetação modelo “Teto em arco” de estrutura metálica, coberta com filme plástico de polietileno de baixa densidade de 150 μ m de espessura, disposta no sentido norte-sul e com as seguintes dimensões: 10,0m x 21,0m e 5,0m de altura máxima. O solo apresenta-se nivelado e coberto com filme de polietileno dupla face (branco/preto) de 150 μ m de espessura, com a face branca exposta. O manejo do ambiente da casa de vegetação foi efetuado apenas por ventilação natural, mediante abertura diária das cortinas laterais e das portas frontais em função das condições do tempo.

Foram monitoradas a temperatura e a umidade relativa do ar no interior do ambiente através de termohigrômetro digital, localizado em abrigo meteorológico a 1,5m de altura do solo. Os dados de radiação solar global exterior foram obtidos junto à Estação Agroclimatológica convênio UFPel/Embrapa, localizada aproximadamente a 500m do local do experimento.

Sementes de dois genótipos de ervilha torta [‘Luana Gigante’ (Feltrin[®]) e ‘MK10’ (Sakata[®])] foram semeadas no dia 22 de maio de 2012 em espuma fenólica com dimensões de 4,0 x 4,0 x 3,8cm, colocando-se uma semente por cubo. Os cubos foram dispostos em quadros de irrigação e subirrigados somente com água até a emergência das plântulas, mantendo-se uma lâmina de aproximadamente 1cm de altura. A partir de duas semanas após a emergência e até as mudas alcançarem o estágio de 4 a 6 folhas definitivas, foi fornecida solução nutritiva diluída a 50% da concentração original.

Aos 30 dias após a semeadura (21/06/2012), as mudas foram transplantadas para os canais de cultivo hidropônico na densidade de 11,8 plantas m⁻² (correspondendo ao espaçamento entre plantas na linha de 0,10 m). As plantas foram cultivadas empregando-se a técnica de cultivo hidropônico NFT (Cooper, 1979). O sistema foi composto por 12 canais de cultivo de madeira (0,30m de largura e 7,5m de comprimento) dispostos em linhas duplas, com distância entre linhas duplas de 1,2m e distância entre linhas simples de 0,5m. Os canais foram apoiados sobre cavaletes galvanizados de 0,5m de altura máxima, instalados de forma a proporcionar a declividade de 2% para o escoamento da solução nutritiva. Internamente, os canais de madeira foram revestidos com filme de polietileno dupla face branco-preto, com exposição externa da face branca. Na cota mais baixa

destes canais, encontrava-se um canal coletor, que também era de madeira e revestido por filme de polietileno dupla face, com a função de conectar a porção final dos canais de cultivo, coletar e conduzir a solução nutritiva drenada até o reservatório. Utilizou-se um reservatório de solução nutritiva de polietileno com capacidade de 1000 litros enterrado na extremidade de cota mais baixa do sistema de cultivo hidropônico.

Um conjunto moto-bomba de 3/4 HP, fixado ao reservatório, impulsionava a solução para as extremidades de maiores cotas dos canais através de um cano de PVC de 25 mm, na vazão de 4 l min^{-1} . A partir desse ponto, devido à declividade, a solução nutritiva percorria a base dos canais de cultivo, formando uma lâmina fina, e após passar pelas raízes nos canais de cultivo, a solução nutritiva chegava ao canal coletor fechando o sistema. O fornecimento da solução foi programado por um temporizador, realizando-se fluxos de irrigação de 15 minutos, entre cinco e dez vezes ao dia, variando em função das condições meteorológicas do período de cultivo. No período noturno, o sistema era mantido desligado.

A solução nutritiva empregada foi a recomendada para a cultura do feijão-vagem em NFT (Peil et al., 1999), com a seguinte composição de macroelementos (em mmol l^{-1}): 15 de NO_3^- ; 1,3 de H_2PO_4^- ; 2,8 de SO_4^{2-} ; 0,9 de NH_4^+ ; 8,0 de K^+ ; 4,5 de Ca^{+2} e 2,0 de Mg^{+2} e de microelementos (em mg l^{-1}): 0,56 de Mn; 0,03 de Cu; 0,26 de Zn; 0,22 de B; 0,05 de Mo e 4,0 de Fe.

Diariamente, a solução nutritiva foi monitorada através das medidas de condutividade elétrica (empregando-se condutivímetro manual digital) e pH (empregando-se pHmetro manual digital). A condutividade elétrica foi mantida em $1,9 \text{ dS m}^{-1}$. Quando o valor da condutividade elétrica sofria uma diminuição ou um aumento da ordem de 20%, era feita a sua correção, respectivamente, através da adição de soluções estoques concentradas ou de água. O pH foi mantido entre 5,5 a 6,5 através da adição de solução de correção à base de hidróxido de potássio (KOH 1N) ou ácido sulfúrico (H_2SO_4 1N).

O experimento foi caracterizado como bifatorial 2×9 , em delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e três repetições. As parcelas experimentais foram constituídas pelos genótipos de ervilha torta ['Luana Gigante' (Feltrin[®]) e 'MK10' (Sakata[®])] e as subparcelas pelas épocas de avaliações, que foram realizadas no momento do transplante (0) e aos 15, 30, 45, 60, 75, 95, 115 e 135 dias após o transplante (DAT). O bloco correspondeu a um conjunto de

duas linhas duplas de canais de cultivo e a parcela foi composta por 48 plantas, sendo coletadas duas plantas por repetição, totalizando seis plantas por genótipo para cada coleta. Já na avaliação final, foram utilizadas quatro plantas por repetição, totalizando 12 plantas por genótipo.

As plantas foram tutoradas com tela vertical de polietileno sem desbrota das hastes laterais, fazendo-se a poda apical quando as plantas atingiram o topo da tela. Os demais tratamentos fitossanitários foram efetuados na medida em que se fizeram necessários. A colheita foi realizada manualmente duas vezes por semana, no período de 16/08/2012 (aos 56 DAT) a 03/11/2012 para a cultivar 'Luana Gigante'. Já, para a cultivar 'MK10', a colheita foi iniciada no dia 21/08/2012 (aos 61 DAT), estendendo-se até o dia 03/11/2012. O ciclo de cultivo total, desde a semeadura até a última colheita, foi de 164 dias para ambas as cultivares.

O crescimento das plantas foi determinado através da quantificação da produção da massa seca (MS) aérea acumulada pelas plantas, incluindo as vagens colhidas durante o processo produtivo, bem como o material proveniente da poda apical. As plantas foram separadas em três frações: folhas, caules e vagens, as quais foram pesadas para a obtenção da massa fresca, sendo, então, secas em estufa de ventilação forçada a 65°C até peso constante, para obtenção da MS. A MS total da planta correspondeu à soma da MS de folhas, caules e vagens, e, a MS vegetativa, à soma das MS de folhas e caules. Com base nos dados de produção de MS, foram calculados: a evolução da produção da MS acumulada (folhas, caules, vagens e total da planta), a distribuição de massa seca entre os diferentes órgãos aéreos da planta (relações folhas/planta, caules/planta, vagens/planta e vegetativo aéreo/planta) a taxa de crescimento absoluto (TCA) de vagens e de órgãos vegetativos aéreos; e relativo (TCR) de vagens e da cultura. TCA e TCR foram calculadas segundo as metodologias propostas por Benincasa (2003). Também foi calculada a evolução acumulada da produção (número, peso médio e produção de vagens) através dos dados obtidos da massa fresca.

Os resultados obtidos foram submetidos às análises de variância, a partir das quais, os efeitos dos genótipos, das épocas de avaliação e a interação destes foram analisados pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. O efeito da época de amostragem foi representado através da análise de regressão. Para a escolha da equação de regressão foram utilizados os critérios de significância estatística pelo teste F ($P < 0,05$), significado biológico e o valor do coeficiente de determinação (R^2).

Resultados e discussão

A temperatura média no interior da estufa foi de 19°C com média das mínimas de 11°C e média das máximas de 28°C. A umidade relativa média observada ao longo do experimento foi de 69% com média das máximas de 95% e média das mínimas de 43%. A radiação solar global acumulada durante o período entre o transplante e a última colheita foi de 1.592,7 MJ m⁻².

A partir da análise de variância observou-se que não houve interação significativa entre genótipos e épocas de coleta para as variáveis: TCR da cultura e de vagens, assim como, para a produção de vagens. Para as variáveis: massa seca de folhas, de caules, de vagens, da planta, TCA vegetativo aéreo e de vagens, MS folhas e MS caules em relação a MS total, número e peso médio de vagens houve interação significativa entre os dois fatores. O fator genótipo exerceu efeito significativo somente sobre a variável MS folhas em relação a MS total.

As mudas no dia do transplante apresentaram médias de MS de caules e de folhas de 0,16 e 0,23 g e, 0,08 e 0,24 g, respectivamente, para os genótipos 'Luana Gigante' e 'MK10'. Ao longo do ciclo de cultivo, os resultados da produção de MS da fração vegetativa (folhas e caules) e das vagens foram representados por modelos sigmoidais, descritos pelas equações nas figuras 1A, 1B e 1C para ambos os genótipos. Conseqüentemente, para a MS total da planta, os resultados também apresentaram comportamento sigmoidal para os dois genótipos (Figura 1D).

Embora o genótipo 'Luana Gigante' tenha expressado aumento da MS das folhas até os 95 DAT com 12,47 g planta⁻¹, chegando ao final do ciclo (aos 135 DAT) com 8,27 g planta⁻¹, 'MK10' apresentou maior MS de folhas, com diferenças significativas, aos 75 DAT e ao final do ciclo (135 DAT), alcançando 16,9 g planta⁻¹ (Figura 1A). Para a fração caule, 'MK10' também apresentou melhores resultados aos 75 e 95 DAT, assim como, ao final do ciclo com 26,74 g planta⁻¹ (Figura 1B). 'MK10' apresentou produção de MS de vagens significativamente superior somente aos 95 DAT, com 31,6 g planta⁻¹ (Figura 1C). Como consequência da combinação desses resultados, o genótipo 'MK10' apresentou maior MS da cultura aos 75 e 95 DAT, e ao final do ciclo (Figura 1D).

A análise dos resultados de produção de MS da cultura de ambos os genótipos indica que o crescimento das plantas seguiu um típico padrão sigmoidal (Figura 1D). Até os 45 DAT, a produção de MS da planta apresentou tendência

exponencial, coincidindo com o período de grande incremento dos órgãos vegetativos aéreos (Figuras 1A e 1B). No início do ciclo, quando as plantas são jovens, o fator limitante para o crescimento é a pequena área foliar e, conseqüentemente a interceptação de radiação solar é baixa. Nesta etapa, a planta destinou a quase totalidade dos fotoassimilados à formação de estruturas vegetativas da parte aérea, objetivando incrementar o número e a área dos órgãos fotossintetizantes, os quais, também, foram os principais drenos de fotoassimilados, fato constatado pela maior relação MS vegetativa / MS da planta observada até o final do ciclo (Tabela 1).

À medida que o crescimento vegetativo foi se elevando, o crescimento da planta entre os 45 e 95 DAT (Figura 1D) seguiu um padrão, aproximadamente, linear. Esta fase se caracterizou pelo início da frutificação e maior crescimento de vagens (Figura 1C). Esta condição levou a um aumento substancial da MS total (Figura 1D). A intensidade de crescimento das plantas diminuiu na fase final, devido à estabilização da produção de MS das frações folhas e caule (Figuras 1A e 1B), a qual é explicada pelo processo natural de senescência das plantas. À medida que as vagens foram crescendo e tornando-se também importantes drenos da planta, há a redistribuição de fotoassimilados para esses órgãos, ocasionando a intensificação da abscisão e senescência foliar (Taiz & Zeiger, 1998).

A dinâmica da partição de massa seca dos genótipos de ervilha torta no decorrer do tempo mostra que no dia do transplante (época 0), as folhas representavam 60 e 75% da MS total, respectivamente, para 'Luana Gigante' e 'MK10' (Tabela 1). Com o decorrer das coletas, a proporção destinada às folhas foi se igualando a dos caules, com 50/50% aos 30 DAT para 'Luana Gigante' e 52/48% aos 45 DAT para 'MK10'. Os caules representavam o principal dreno de fotoassimilados entre os 30 e 75 DAT para 'Luana Gigante' e entre os 60 e 75 DAT para 'MK10'. A partir do início da frutificação (45 DAT para 'Luana Gigante' e 60 DAT para 'MK10') e com o crescimento das vagens, observou-se que progressivamente, o padrão de distribuição de MS mudou. Ambos os órgãos vegetativos aéreos foram progressivamente diminuindo a sua participação na composição da MS da planta. Porém, a mais acentuada diminuição da partição de MS ocorreu nas folhas, a partir do início do crescimento das vagens, indicando que estas competiram mais com as folhas do que com os caules.

Ao final do ciclo de cultivo, as vagens representavam 43 e 36% da MS aérea das plantas, as folhas 19 e 25% e os caules 38 e 39%, respectivamente, para 'Luana Gigante' e 'MK10'. Assim, ao final do ciclo de cultivo, a proporção de MS seca destinada às vagens de 'Luana Gigante' superou a de 'MK10'. Os resultados obtidos com 'Luana Gigante' são coincidentes com os encontrados por Islam et al. (2002), que ao analisar o crescimento da ervilha torta, constatou que a menor fração correspondeu às folhas, seguida dos caules e das vagens. Já, para 'MK10', apesar de apresentar uma maior distribuição de MS para as folhas do que 'Luana Gigante', a fração destinada ao caule superou, inclusive, a fração destinada às vagens no final do ciclo de cultivo. Desta maneira, a distribuição da MS revelou que o principal órgão vegetativo aéreo armazenador foi o caule e não as folhas.

Considerando a fração vegetativa aérea como um todo (folhas + caules), observa-se que o compartimento vegetativo foi o maior dreno de assimilados durante todo o ciclo de cultivo, representando, respectivamente para 'Luana Gigante' e 'MK10', 57 e 64% da MS aérea das plantas ao final do ciclo. Em hortaliças de fruto, a partição de MS para estes é regulada pela força de dreno do conjunto de frutos, a qual é determinada pelo número e peso médio dos frutos (Peil & Gálvez, 2002). Assim, devido ao reduzido peso das vagens, a sua força de dreno foi relativamente pequena em relação ao compartimento vegetativo da planta, não representando os principais drenos de assimilados. Este comportamento já foi reportado para outras hortaliças cujos frutos apresentam peso reduzido, como o tomateiro cereja, em que apenas 26% da MS aérea foi alocada para os frutos (Rocha, 2009), e o pepineiro para conserva, para o qual esta fração pode ser de apenas 34,2% (Schvambach et al., 2002).

A taxa de crescimento absoluto (TCA) representa a variação do crescimento (massa seca) da planta em um determinado intervalo de tempo (Cairo et al., 2008). As TCA dos órgãos vegetativos aéreos e das vagens seguiram uma dinâmica semelhante até os 60 DAT para ambos os genótipos, diferindo a partir desta avaliação até o final do ciclo (Figuras 2A e B). No início do ciclo de cultivo, a TCA dos órgãos vegetativos aéreos foi baixa, aumentando a partir dos 15 DAT, até alcançar os valores máximos entre 45 e 60 DAT para 'Luana Gigante' ($1,09 \text{ g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$; Figura 2A), havendo diferenças significativas favoráveis à 'MK10' entre 60 e 75 DAT, assim como no final do ciclo, aos 115 a 135 DAT (Figura 2B).

Os máximos valores de TCA dos órgãos vegetativos aéreos nos dois genótipos coincidem com o início da frutificação. O aparecimento das primeiras vagens não afetou a intensidade de crescimento vegetativo, pois ainda não representavam drenos muito fortes. Já na avaliação seguinte, entre 60 e 75 DAT para 'Luana Gigante' e entre 75 e 95 DAT para 'MK10', a TCA dos órgãos vegetativos aéreos foi reduzida drasticamente para ambos os genótipos, indicando um baixo crescimento desta fração neste período. As vagens, em maior número e peso na planta, competiram fortemente pelos assimilados, sendo observadas as maiores TCA de vagens para ambos os genótipos entre os 75 e 95 DAT, com superioridade de 'MK10' ($1,23 \text{ g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$; Figura 2B) sobre 'Luana Gigante' (Figura 2A).

De acordo com Peil (2000), existe uma tendência comportamental inversa entre a taxa de crescimento dos frutos e da fração vegetativa, ou seja, quando a taxa de crescimento dos frutos é elevada, a taxa de crescimento da fração vegetativa tende a reduzir-se. Isso pode ser atribuído à remobilização de assimilados armazenados a partir dos órgãos vegetativos para os reprodutivos (Islam et al., 2002).

A TCR expressa o incremento de massa seca em relação à massa pré-existente (Cairo et al., 2008). É um parâmetro que expressa o ritmo de crescimento demonstrado pela planta em relação ao seu estágio de desenvolvimento.

A análise de regressão dos dados de TCR da cultura demonstrou significância estatística para o modelo linear decrescente para ambos os genótipos. Os maiores valores de TCR foram obtidos no início do ciclo da cultura (sem diferenças entre genótipos: $0,10$ e $0,09 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ aos 15 DAT, respectivamente, para 'MK10' e 'Luana Gigante'; Figura 2C), decrescendo nas avaliações posteriores, com diferenças significativas favoráveis a 'Luana Gigante' aos 45 DAT e a 'MK10' aos 75 DAT. Os valores iniciais muito elevados correspondem a um padrão característico, já que as plantas jovens crescem muito em relação ao seu peso (Peil, 2000). A diminuição posterior é ocasionada pelo aumento proporcionalmente menor do aparato fotossintético, a qual foi especialmente notada a partir do início do desenvolvimento das vagens.

Conforme Milthorpe & Moorby (1974), a diminuição contínua da TCR é explicada pela elevação da atividade respiratória e pelo auto-sombreamento, cuja importância aumenta com a idade da planta. Além disso, na fase final do ciclo da

cultura, o crescimento pode tornar-se, inclusive, negativo em função da morte de folhas e gemas. Dale & Milthorpe (1983), apud Peil & Gálvez (2005), afirmam que durante a fase de senescência se produz uma exportação massiva de carbono das folhas que vem acompanhada por um decréscimo gradual da atividade fotossintética por unidade de massa já formada.

Os valores da TCR de vagens de ambos os genótipos apresentaram tendência de redução quadrática, havendo diferenças significativas somente aos 75 DAT a favor de 'MK10' (Figura 2D). Os decréscimos nos valores das taxas de crescimento relativo são comuns para a maioria das espécies e já foram descritos para a cultura do feijoeiro (Urchei et al., 2000; Andrade et al., 2009), do pepineiro (Peil, 2000), do pimentão (Fontes et al., 2005), do meloeiro (Medeiros et al., 2006), da abobrinha italiana (Strassburger, 2007), do tomateiro salada (Fayad et al., 2001) e do tomateiro cereja (Rocha, 2009).

Uma das formas de avaliar a produtividade das culturas é considerando seu ciclo. A avaliação da produção através do tempo permite uma melhor visualização do cultivo. A distribuição dos valores do número de vagens, do peso médio e da produção de vagens calculados por decênios durante a colheita, em função do fator genótipo, encontra-se na figura 3.

Não houve diferenças significativas entre os genótipos em todas as datas de avaliação tanto para o número quanto para a produção de vagens (Figura 3A e C).

Entre os componentes do rendimento somente o peso médio de vagens variou entre os genótipos. O genótipo MK10 apresentou maior peso médio de vagens que 'Luana Gigante', com 4,5, 4,1 e 5,1, respectivamente, aos 65, 85 e 95 DAT (Figura 3B). Considerando a colheita acumulada por decênios ao longo do ciclo, o peso médio de vagens foi de 3,7 e 4,3g, respectivamente para 'Luana Gigante' e 'MK10', resultados abaixo dos encontrados por Manetti (2010), que obteve de 6,8 a 8,6g.

Obteve-se ao final do ciclo um total acumulado de 686 vagens m^{-2} para 'MK10' e de 637 vagens m^{-2} para 'Luana Gigante'. Esses resultados são superiores aos constatados por Manetti (2010), que obteve em média 329 vagens m^{-2} na densidade média de 5,83 plantas m^{-2} com ervilha comestível cultivada no solo. Ao final da colheita, a produção acumulada foi de 2,86 kg m^{-2} para 'MK10' e 2,38 kg m^{-2} para 'Luana Gigante'. Esses valores são maiores se comparados com os reportados por vários autores para a mesma espécie, como Manetti (2010) que obteve de 0,2 a

2,0 kg m⁻², Gaskell (1997) com 1,1 kg m⁻² e Islam et al. (2002) com resultados variando entre 0,5 a 0,9 kg m⁻².

Através dos resultados obtidos neste trabalho conclui-se que: os genótipos 'Luana Gigante' e 'MK10' expressam crescimento da planta do tipo sigmoidal em relação ao acúmulo de MS total. O genótipo MK10 apresenta maior crescimento dos órgãos vegetativos aéreos e da cultura do que 'Luana Gigante', aproximadamente, da metade até o final do ciclo de cultivo. Apesar de 'MK10' apresentar maior crescimento de vagens aos 95 DAT, os genótipos se assemelham em relação ao crescimento e à produção de vagens ao final do ciclo de cultivo. As vagens representam entre 1% e 5% da MS total da planta no início da frutificação, alcançando valores de 36% para 'MK10' e 43% para 'Luana Gigante' ao final do ciclo de cultivo. Assim, proporcionalmente ao crescimento total da cultura, 'Luana Gigante' apresenta maior capacidade de destinar assimilados para o crescimento de vagens do que 'MK10'. O conjunto dos órgãos vegetativos aéreos são os principais drenos de assimilados da planta, sendo os caules priorizados na partição de MS em relação às folhas em ambos os genótipos.

Referências

ANDRADE, C.A. de B.; SCAPIM, C.A.; BRACCINI, A. de L.; MARTORELLI, D.T. Produtividade, crescimento e partição de massa seca em duas cultivares de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy** 31: 683-688, 2009.

ANDRIOLO, J.L.; LUZ, G.L.; BORTOLOTTI, O.C.; GODOI, R.S. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em substrato com três doses de solução nutritiva. **Ciência Rural** 35: 781-787, 2005.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.

CAIRO, P.A.R.; OLIVEIRA, L.E.M. de; MESQUITA, A.C. **Análise de crescimento de plantas**. Vitória da Conquista: UESB, 2008. 71p.

COOPER, A.J. **The ABC of NFT**. London: Grower Books, 1979. 181p.

DALE, J.E.; MILTHORPE, F.L. General features of the production and growth of leaves. In: DALE JE; MILTHORPE FL (eds). **The growth and functioning of leaves**. Cambridge: Cambridge University Press. p.151-178, 1983.

DUARTE, T.S. **Crescimento do meloeiro cultivado em substrato de casca de arroz com solução nutritiva recirculante**. 2006. 85p. Pelotas: UFPel – FAEM. (Tese doutorado).

FAYAD, J.A.; FONTES, P.C.R.; CARDOSO, A.A.; FINGER, L.F.; FERREIRA, F.A. Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira** 19: 232-237, 2001.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R. Produtividade, qualidade dos frutos e estado nutricional do tomateiro tipo longa vida conduzido com um cacho, em cultivo hidropônico, em função das fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira** 20: 564-570, 2002.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2007. 421p.

FONTES, P.C.R.; DIAS, E.M.; SILVA, D.J.H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira** 23: 94-99, 2005.

GASKELL, M. Edible pod pea production in California. **Agriculture and Natural Resources** 510: 987-990, 1997.

GENÚNCIO, G.C.; MAJEROWICZ, N.; ZONTA, E.; SANTOS, A.M.; GRACIA, D.; AHMED, C.R.M.; SILVA, M.G. Crescimento e produtividade do tomateiro em cultivo hidropônico NFT em função da concentração iônica da solução nutritiva. **Horticultura Brasileira** 24: 175-179, 2006.

HUNT, R.; CAUSTON, D.R.; SHIPLEY, B.; ASKEW, P.A. A modern tool for classical plant growth analysis. **Annals of Botany** 90: 485-488, 2002.

ISLAM, M.S.; RAHMAN, M.A.; SALAM, M.A.; MASUM, A.S.M.H.; RAHMAN, M.H. Growth and vegetable pod yield of edible pod pea as influenced by sowing time and plant density. **Journal of Biological Sciences** 2: 706-709, 2002.

MANETTI, F.A. **Produtividade de linhagens unifloras e bifloras de ervilha (*Pisum sativum* L.) de vagens comestíveis em função da densidade de plantio**. 2010. 27p. Botucatu: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". (Tese doutorado).

MEDEIROS, J.F.; SILVA, M.C. de C.; NETO, F.G.C.; ALMEIDA, A.H.B.; SOUZA, J.O.; NEGREIROS, M.Z.; SOARES, S.P.F. Crescimento e produção do melão cultivado sob cobertura de solo e diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 10: 792-797, 2006.

MILTHORPE, F.L.; MOORBY, J. **An introduction to crop physiology**. Grã-Bretanha: Cambridge University, 1974. 201p.

PEIL, R.M.N. **Radiación solar interceptada y crecimiento del pepino cultivado em NFT**. 2000. 210p. Almería: Universidad de Almería (Tese doutorado).

PEIL, R.M.N.; GÁLVEZ, J.L. Effect of fruit removal on growth and biomass partitioning in cucumber. **Acta Horticulturae** 588: 69-74, 2002.

PEIL, R.M.N.; GÁLVEZ, J.L. Reparto de materia seca como factor determinante de La producción de las hortalizas de fruto cultivadas em invernadero. **Revista Brasileira Agrociência** 11: 05-11, 2005.

PEIL, R.M.N.; LÓPEZ-GÁLVEZ, J; VITA QUESADA, G. Nuevas Técnicas de producción en invernadero: cultivo de la judia verde em Sistema NFT. In: JORNADAS SOBRE PLASTICULTURA/CEPLA/IBERFLORA, V FITECH. **Anales...** Valencia p. 1-13, 1999.

QUEIROGA, J.L.; ROMANO, E.D.U.; SOUZA, J.R.P.; MIGLIORANZA, E. Estimativa da área foliar do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) por meio da largura máxima do folíolo central. **Horticultura Brasileira** 21: 64-68, 2003.

RATTIN, J.E.; ANDRIOLO, J.L.; WITTER, M. Acumulação de massa seca e rendimento de frutos de tomateiro cultivado em substrato com cinco doses de solução nutritiva. **Horticultura Brasileira** 21: 26-30, 2003.

ROCHA, M.Q. **Crescimento, fenologia e rendimento do tomateiro cereja em cultivo hidropônico**. 2009. 129p. Pelotas: UFPel – FAEM (Dissertação mestrado).

SCHVAMBACH, J.L.; ANDRIOLO, J.L.; HELDWEIN, A.B. Produção e distribuição da massa seca do pepino para conserva em diferentes populações de plantas. **Ciência Rural** 32: 35-51, 2002.

SOUZA, V.S.; SOARES, I.; CRISÓSTOMO, L.A.; SILVA, L.A.; HERNANDEZ, F.F.F. Influência da condutividade elétrica da solução nutritiva na acumulação de matéria seca e teores de nutrientes em berinjela cultivada em pó de coco. **Revista Ciência Agronômica** 36: 123-128, 2005.

STRASSBURGER, A.S. **Cultivo da abobrinha italiana em substrato de casca de arroz em ambiente protegido com solução nutritiva recirculante**. 2007. 118p. Pelotas: UFPel – FAEM (Dissertação mestrado).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Massachusetts: Sinauer Associates, 1998. 792p.

URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 35: 497-506, 2000.

Tabela 1. Dinâmica de partição da massa seca (MS) entre os órgãos aéreos da planta (representada pela relação MS órgão/MS da planta) de dois genótipos de ervilha torta cultivados em ambiente protegido e sistema hidropônico. Pelotas, UFPel, 2012.

	Dias após o transplante								
	0	15	30	45	60	75	95	115	135
Massa Seca Vegetativa / Massa Seca Planta**									
Luana Gigante	1,00 a*	1,00 a	1,00 a	0,99 a	0,87 b	0,80 a	0,57 a	0,62 a	0,57 a
Mk10	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a	0,95 a	0,86 a	0,58 a	0,55 a	0,64 a
Massa Seca de Vagens / Massa Seca Planta									
Luana Gigante	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,01 a	0,13 a	0,20 a	0,43 a	0,38 a	0,43 a
Mk10	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,05 b	0,14 a	0,42 a	0,45 a	0,36 b
Massa Seca de Folhas / Massa Seca Planta									
Luana Gigante	0,60 b	0,54 a	0,50 b	0,47 b	0,34 b	0,31 a	0,25 a	0,20 a	0,19 b
Mk10	0,75 a	0,58 a	0,56 a	0,52 a	0,39 a	0,34 a	0,22 a	0,20 a	0,25 a
Massa Seca de Caule / Massa Seca Planta									
Luana Gigante	0,40 a	0,46 a	0,50 a	0,52 a	0,53 a	0,49 a	0,32 a	0,42 a	0,38 a
Mk10	0,25 b	0,42 a	0,44 b	0,48 b	0,56 a	0,52 a	0,36 a	0,35 a	0,39 a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

**Massa seca da planta: vagens + folhas + caules.

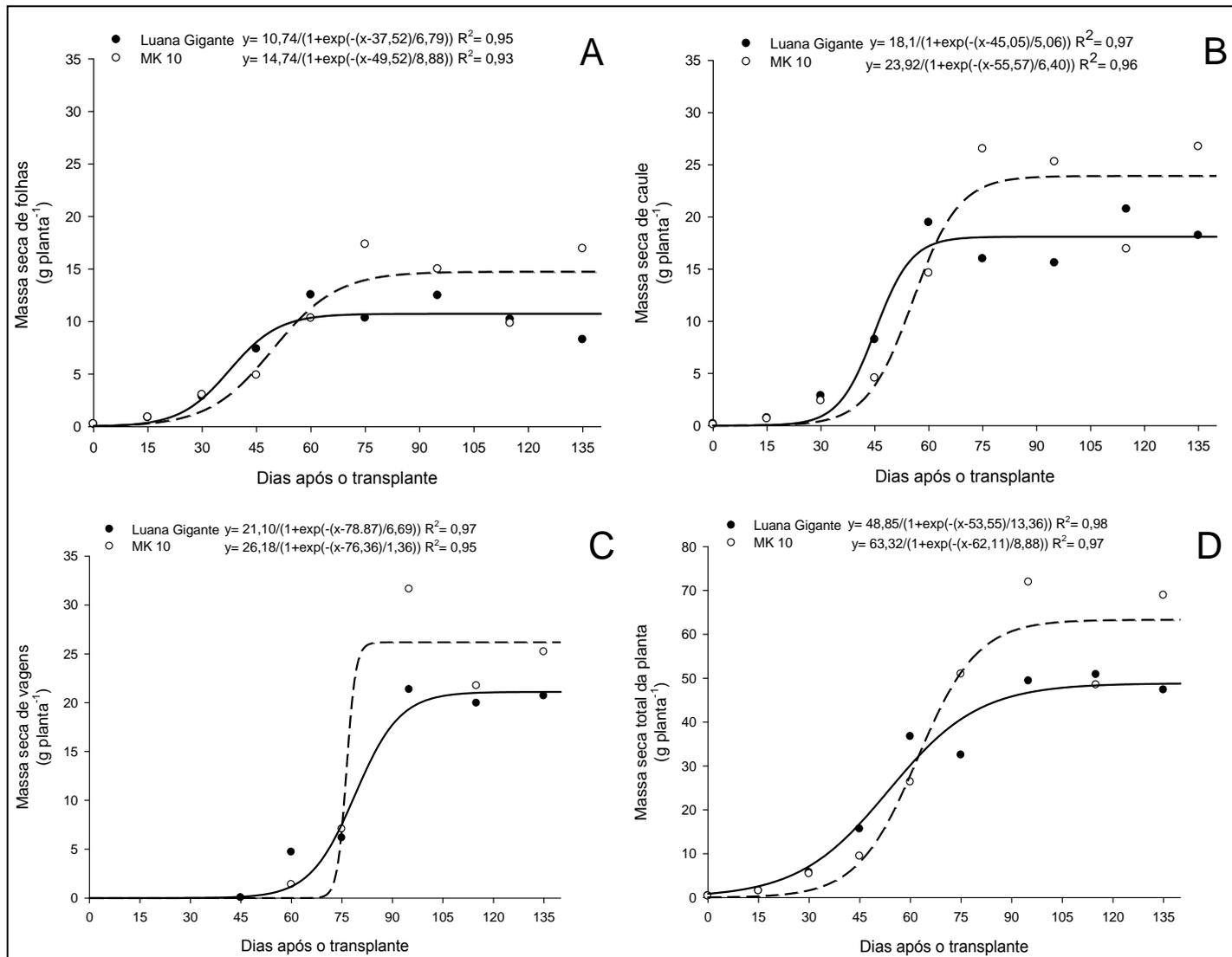


Figura 1. Produção de massa seca das folhas (A), dos caules (B), das vagens (C) e da planta (folhas + caules + vagens) (D) dos genótipos de ervilha torta ‘Luana Gigante’ e ‘MK10’ cultivados em ambiente protegido e sistema hidropônico. Pelotas, UFPel, 2012.

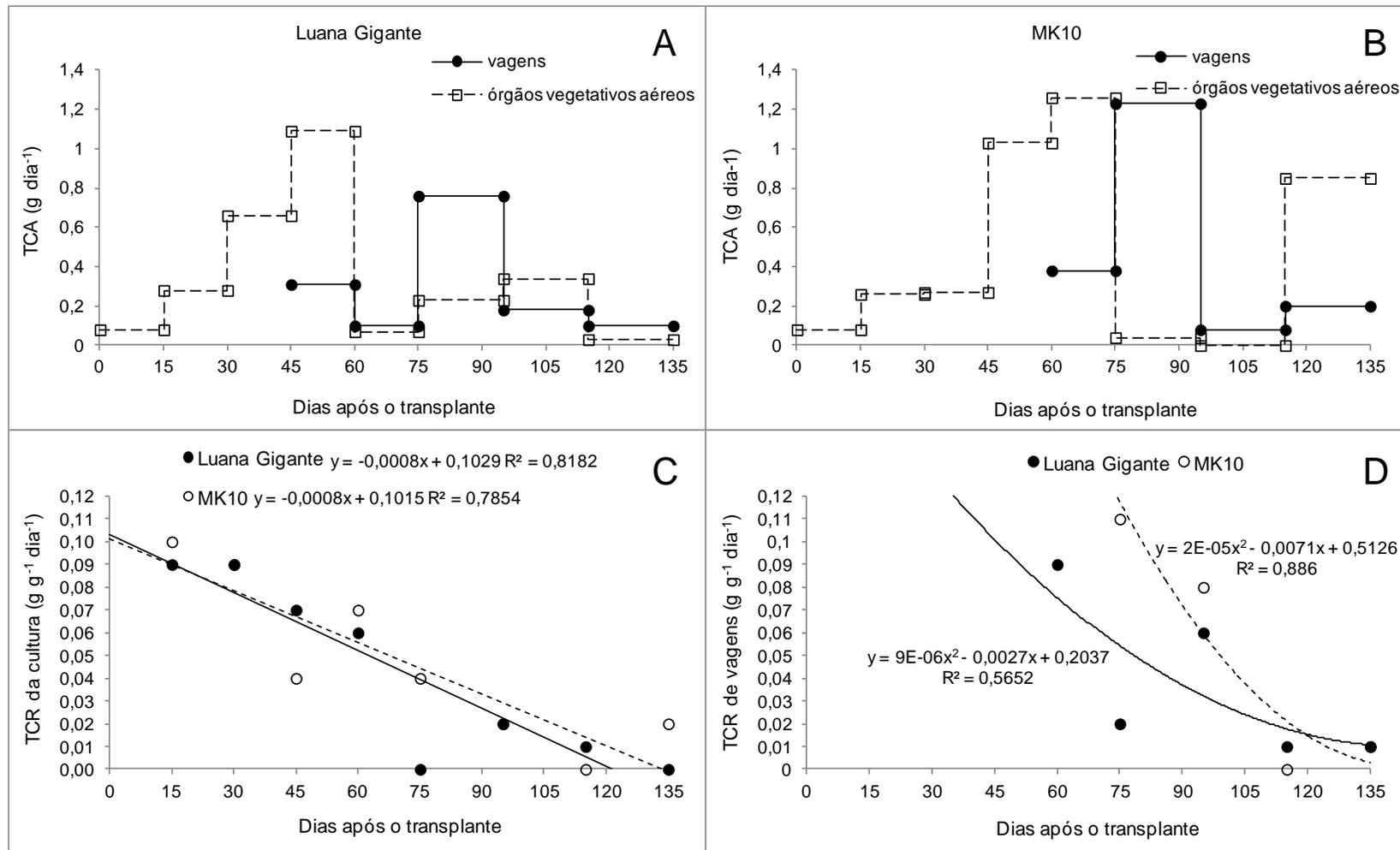


Figura 2. Evolução da taxa de crescimento absoluto (TCA) de órgãos vegetativos aéreos (folhas + caules) e de vagens dos genótipos de ervilha torta ‘Luana Gigante’ (A) e ‘MK10’ (B) e evolução da taxa de crescimento relativo (TCR) da cultura (C) e de vagens (D) de ervilha torta ‘Luana Gigante’ e ‘MK10’ cultivados em ambiente protegido e sistema hidropônico. Pelotas, UFPel, 2012.

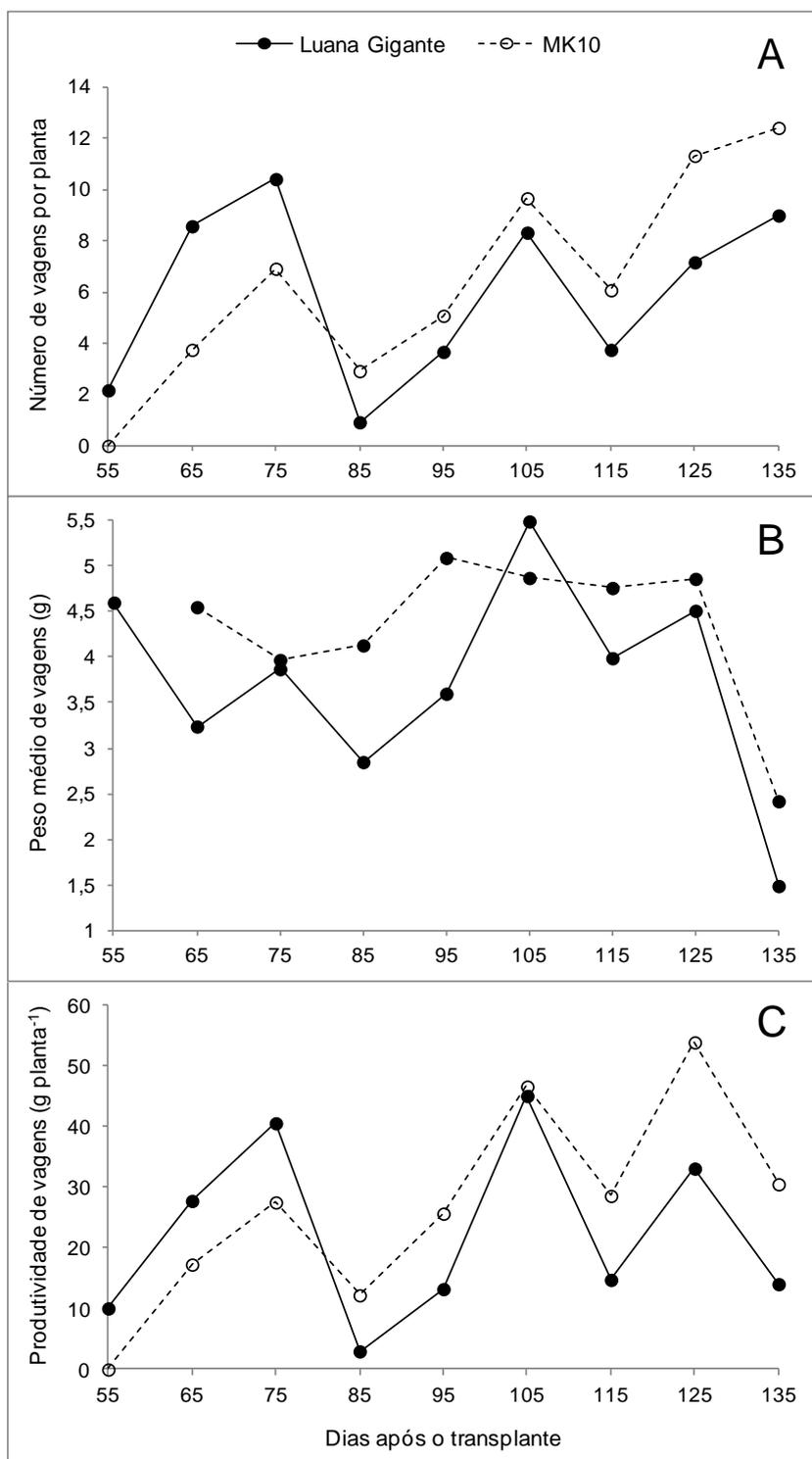


Figura 3. Variação do número (A), do peso médio (B) e da produtividade de vagens (C) de ervilha torta 'Luana Gigante' e 'MK10' em ambiente protegido e sistema hidropônico ao longo do ciclo de cultivo. Médias acumuladas por decênios. Pelotas, UFPel, 2012.

CONCLUSÕES GERAIS

De acordo com os resultados obtidos e nas condições de cultivo hidropônico sob ambiente protegido e ciclo de inverno/primavera, nas quais os experimentos foram realizados, pode-se concluir que em relação ao efeito da variação da densidade de plantio, no intervalo entre 3,9 a 11,8 plantas m^{-2} , sobre o crescimento, a partição de massa seca e os componentes do rendimento de ervilha torta 'Luana Gigante[®]':

- O aumento da densidade de plantio reduz o crescimento de todos os órgãos e a produtividade individual das plantas de forma linear. Porém, aumenta de forma linear a produção absoluta da massa seca da cultura bem como a produtividade por unidade de área;
- Não afeta a partição proporcional de massa seca entre os diferentes órgãos da planta. Os órgãos vegetativos aéreos são os principais drenos de fotoassimilados, representando 61,5% da massa seca total das plantas, enquanto as vagens representam 31,7%;
- Entre os componentes do rendimento, somente o número de vagens colhidas por planta é reduzido, não havendo prejuízos à massa fresca média das vagens e nem alterando a porcentagem de vagens comerciais colhidas;
- Os picos de produção de vagens ocorrem na fase final da colheita: de 93 a 101 e de 133 a 139 dias após o transplante;
- Recomenda-se a densidade de 11,8 plantas m^{-2} para a ervilha torta 'Luana Gigante'.

Em relação à análise do crescimento e da produção dos genótipos de ervilha torta 'Luana Gigante[®]' e 'MK10[®]':

- Ambos os genótipos expressam crescimento da planta do tipo sigmoidal em relação ao acúmulo de massa seca total ao longo do ciclo de cultivo;
- O genótipo MK10 apresenta maior crescimento dos órgãos vegetativos aéreos e da cultura do que 'Luana Gigante', aproximadamente, da metade até o final do ciclo de cultivo;
- 'MK10' apresenta maior crescimento de vagens aos 95 dias após o transplante, porém ao final do ciclo de cultivo os genótipos se assemelham em relação ao crescimento e à produção de vagens;
- As vagens representam entre 1% e 5% da MS total da planta no início da frutificação, alcançando valores de 36% para 'MK10' e 43% para 'Luana Gigante' ao final do ciclo de cultivo. Assim, proporcionalmente ao crescimento total da cultura, 'Luana Gigante' apresenta maior capacidade de destinar assimilados para o crescimento de vagens do que 'MK10';
- O conjunto dos órgãos vegetativos aéreos (folhas + caules) são os principais drenos de assimilados da planta, sendo os caules priorizados na partição de massa seca em relação às folhas para ambos os genótipos.

REFERÊNCIAS

ABACK, K. Comparison of some Turkish originated organic and substrates for tomato soilless culture. **Acta Horticulturae**, n. 366, p. 423-429, 1994.

ALMEIDA, M.L.; SANGOI, L. Aumento da densidade de plantas de milho para regiões de curta estação estival de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha** 2: 179-183, 1996.

ANDRADE, C.A. de B.; SCAPIM, C.A.; BRACCINI, A. de L.; MARTORELLI, D.T. Produtividade, crescimento e partição de massa seca em duas cultivares de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy** 31: 683-688, 2009.

ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142 p.

ANDRIOLO, J.L.; LUZ, G.L.; BORTOLOTTI, O.C.; GODOI, R.S. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em substrato com três doses de solução nutritiva. **Ciência Rural** 35: 781-787, 2005.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.

CAIRO, P.A.R.; OLIVEIRA, L.E.M. de; MESQUITA, A.C. **Análise de crescimento de plantas**. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2008. 71p.

CEASA. Disponível em: <<http://www.ceasa.rs.gov.br/>>. Acesso em: 2 Ago 2011.

CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DO RIO GRANDE DO SUL. **Cotação de atacado referente a 09 de maio de 2012**: cotação do ano de 2012. Porto Alegre: CEASA, 2012. Disponível em: <http://www.ceasa.rs.gov.br/>. Acesso em: 09 mai. 2012.

CHAVES, S.W.P.; NEGREIROS, M.Z. de; NOGUEIRA, I.C.C.; PEDROSA, J.F.; NETO, F.B.; PEREIRA, F.H. Densidade de plantio na produção e qualidade de frutos em híbridos de melão. **CAATINGA**, v.17, p.39-45, 2004.

COOPER, A.J. **The ABC of NFT**. London: Grower Books, 1979. 181p.

COSTA, E.; LEAL, P.A.M.; GOMES, V. do A.; MACHADO, D.; JARA, M.C. de S. Biomassa de mudas de pepinos híbridos conduzidos sob ambientes protegidos. **Bragantia**, v. 69, p.381-386, 2010.

DALE, J.E.; MILTHORPE, F.L. General features of the production and growth of leaves. In: DALE JE; MILTHORPE FL (eds). **The growth and functioning of leaves**. Cambridge: Cambridge University Press. p.151-178, 1983.

DE WILLINGEN, P.; VAN NOORDWIJK, M. **Roots, plant production and nutrient use**. 1987. 282p. Wageningen Agricultural University, Wageningen. (Dissertação mestrado).

DUARTE, T.S. **Crescimento do meloeiro cultivado em substrato de casca de arroz com solução nutritiva recirculante**. 2006. 85p. Pelotas: UFPel – FAEM. (Tese doutorado).

DUARTE, T.S.; PEIL, R.M.N. Relações fonte: dreno e crescimento vegetativo do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.271-276, 2010.

EMBRAPA. Disponível em:< <http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/ervilha/index.htm>>. Acesso em: 2 Ago 2011.

FAYAD, J.A.; FONTES, P.C.R.; CARDOSO, A.A.; FINGER, L.F.; FERREIRA, F.A. Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira** 19: 232-237, 2001.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R. Produtividade, qualidade dos frutos e estado nutricional do tomateiro tipo longa vida conduzido com um

cacho, em cultivo hidropônico, em função das fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira** 20: 564-570, 2002.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000. 402p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2007. 421p.

FONTES, P.C.R.; DIAS, E.M.; SILVA, D.J.H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira** 23: 94-99, 2005.

GASKELL, M. Edible pod pea production in California. **Agriculture and Natural Resources** 510: 987-990, 1997.

GASSI, R.P.; ZÁRATE, N.A.H.; VIEIRA, M. do C.; GOMES, H.E.; MUNARIN, E.E.O.; RECH, J. Espaçamentos entre plantas e número de fileiras no canteiro na produção da ervilha. **Horticultura Brasileira**, v.27, p.549-552, 2009.

GENÚNCIO, G.C.; MAJEROWICZ, N.; ZONTA, E.; SANTOS, A.M.; GRACIA, D.; AHMED, C.R.M.; SILVA, M.G. Crescimento e produtividade do tomateiro em cultivo hidropônico NFT em fungos da concentração iônica da solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.175-179, 2006.

GIMÉNEZ, G.; ANDRIOLO, J.L.; GODOI, R. Cultivo sem solo do morangueiro. **Ciência Rural**, v.38, p.273-279, 2008.

GIORDANO, L.B.; REIFSCHNEIDER, F.J.B.; NASCIMENTO, W.M. **Ervilha – Novas cultivares para produção de grãos secos**. Brasília, EMBRAPA-CNPH, n.p. (Folder), 1988.

GUARESQUI, J. de A. **Efeitos de cultivares, épocas, espaçamentos e densidades de plantio sobre algumas características agronômicas da ervilha**

(*Pisum sativum* L.) em solos de baixada no sul de Minas Gerais. 1982. 87p. Lavras: ESAL (Dissertação mestrado).

GUSMÃO, M.T.A.; GUSMÃO, S.A.L.; ARAÚJO, J.A.C. Produtividade de tomate tipo cereja cultivado em ambiente protegido e em diferentes substratos. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.431-436, 2006.

HANAI, S.M. **Reação de linhagens de Ervilha de vagens comestíveis (*Pisum sativum* L.) ao oídio (*Erysiphe pisi* dc.)**. 2001. 62p. Botucatu: UNESP (Dissertação mestrado).

HAO, X.; PAPADOPOULOS, A.P. Effects of supplemental lighting and cover materials on growth, photosynthesis, biomass partitioning, early yield and quality of greenhouse cucumber. **Scientia Horticulturae**, v.80, p.1-18, 1999.

HEUVELINK, E. Effect of fruit load on dry matter partitioning in tomato. **Scientia Horticulturae**, v.69, p.51-59, 1997.

HUNT, R.; CAUSTON, D.R.; SHIPLEY, B.; ASKEW, P.A. A modern tool for classical plant growth analysis. **Annals of Botany** 90: 485-488, 2002.

ISLAM, M.S.; RAHMAN, M.A.; SALAM, M.A.; MASUM, A.S.M.H.; RAHMAN, M.H. Growth and Vegetable Pod Yield of Edible Podded Pea as Influenced by Sowing Time and Plant Density. **Journal of Biological Sciences**, v.2, n.10, p.706-709, 2002.

MACHADO, A.Q.; ALVARENGA, M.A.R.; FLORENTINO, C.E.T. Produção de tomate italiano (saladete) sob diferentes densidades de plantio e sistemas de poda visando ao consumo *in natura*. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.149-153, 2007.

MANETTI, F.A. **Produtividade de linhagens unifloras e bifloras de ervilha (*Pisum sativum* L.) de vagens comestíveis em função da densidade de plantio**. 2010. 27p. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu. (Tese doutorado).

MEDEIROS, J.F.; SILVA, M.C. de C.; NETO, F.G.C.; ALMEIDA, A.H.B.; SOUZA, J.O.; NEGREIROS, M.Z.; SOARES, S.P.F. Crescimento e produção do melão cultivado sob cobertura de solo e diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 10: 792-797, 2006.

MILTHORPE, F.L.; MOORBY, J. **An introduction to crop physiology**. Grã-Bretanha: Cambridge University, 1974. 201p.

OLIVEIRA, E.C.; CARVALHO, J.A.; REZENDE, F.C.; FREITAS, W.A. Viabilidade técnica e econômica da produção de ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivada sob diferentes lâminas de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v.31, p.324-333, 2011.

PEIL, R.M.N.; GÁLVEZ, J.L. Effect of fruit removal on growth and biomass partitioning in cucumber. **Acta Horticulturae**, v.588, p.69-74, 2002.

PEIL, R.M.N.; GÁLVEZ, J.L. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas em invernadero. **Revista Brasileira Agrociência**, v.11, p.05-11, 2005.

PEIL, R.M.N.; LÓPEZ-GÁLVEZ, J; VITA QUESADA, G. Nuevas Técnicas de producción en invernadero: cultivo de la judia verde em Sistema NFT. In: JORNADAS SOBRE PLASTICULTURA/CEPLA/IBERFLORA, V FITECH. **Anales...** Valencia p. 1-13, 1999.

PEIL, R.M.N. **Radiación solar interceptada y crecimiento del pepino cultivado em NFT**. 2000. 210p. Almería: Universidad de Almería. (Tese doutorado).

PEREIRA, A.S. Ervilha: Integração Pesquisa/ Iniciativa Privada. **Informe Agropecuário** 158: 52-64, 1989.

PEREIRA, A.V.; OTTO, R.F.; REGHIN, M.Y. Respostas do feijão-vagem cultivado sob proteção com agrotêxtil em duas densidades de plantas. **Horticultura Brasileira**, v.21, p.564-569, 2003.

PORTELA, I.P.; PEIL, R.M.N.; RODRIGUES, S.; CARINI, F. Densidade de plantio, crescimento, produtividade e qualidade das frutas de morangueiro “Camino Real” em hidroponia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, p.792-798, 2012.

QUEIROGA, J.L.; ROMANO, E.D.U.; SOUZA, J.R.P.; MIGLIORANZA, E. Estimativa da área foliar do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) por meio da largura máxima do folíolo central. **Horticultura Brasileira** 21: 64-68, 2003.

RATTIN, J.E.; ANDRIOLO, J.L.; WITTER, M. Acumulação de massa seca e rendimento de frutos de tomateiro cultivado em substrato com cinco doses de solução nutritiva. **Horticultura Brasileira** 21: 26-30, 2003.

REIS, N.V.B. dos. O clima e a cultura da ervilha. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 158, p. 8-9, mar. 1989.

ROCHA, M.Q. **Crescimento, fenologia e rendimento do tomateiro cereja em cultivo hidropônico**. 2009. 129p. Pelotas: UFPel – FAEM. (Dissertação mestrado).

ROCHA, M.Q.; PEIL, R.M.N.; COGO, C.M. Rendimento do tomate cereja em função do cacho floral e da concentração de nutrientes em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.466-471, 2010.

SÁNCHEZ-PORCEL, I. **Optimización de la densidad de plantación y del número de tallos en tomate cultivado com la técnica de la lámina de nutrientes (NFT)**. Proyecto Fim de Carrera. Universidad de Almería, 1999. 150 p.

SCHVAMBACH, J.L.; ANDRIOLO, J.L.; HELDWEIN, A.B. Produção e distribuição da massa seca do pepino para conserva em diferentes populações de plantas. **Ciência Rural**, n.32, p.35-51, 2002.

SILVA, P.S.L.; FONSECA, J.R. da; MOTA, J.C.A.; SILVA, J. da. Densidade de plantio e rendimento de frutos do meloeiro (*Cucumis melo* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, p.245-247, 2003.

SOUZA, L.C. **Componentes de produção do cultivar de algodoeiro CNPA-7H em diferentes populações de plantas**. 1996. 71p. Viçosa: UFV (Tese de Doutorado).

SOUZA, V.S.; SOARES, I.; CRISÓSTOMO, L.A.; SILVA, L.A.; HERNANDEZ, F.F.F. Influência da condutividade elétrica da solução nutritiva na acumulação de matéria seca e teores de nutrientes em berinjela cultivada em pó de coco. **Revista Ciência Agronômica** 36: 123-128, 2005.

STRASSBURGER, A.S. **Cultivo da abobrinha italiana em substrato de casca de arroz em ambiente protegido com solução nutritiva recirculante**. 2007. 118p. Pelotas: UFPel – FAEM. (Dissertação mestrado).

STRASSBURGER, A.S.; PEIL, R.M.N.; SCHWENGBER, J.E.; MARTINS, D. de S.; MEDEIROS, C.A.B. Crescimento do morangueiro: influência da cultivar e da posição da planta no canteiro. **Ciência Rural**, v.41, p.223-226, 2011.

STRASSBURGER, A.S.; PEIL, R.M.N.; SCHWENGBER, J.E.; MEDEIROS, C.A.B.; MARTINS, D. de S.; SILVA, J.B. Crescimento e produtividade de cultivares de morangueiro de “dia neutro” em diferentes densidades de plantio em sistema de cultivo orgânico. **Bragantia**, v.69, p.623-630, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Massachusetts: Sinauer Associates. 1998. 792p.

URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 35: 497-506, 2000.

WATANABE, S.; NAKANO, Y.; OKANO, K. Effect of planting density on fruit size, light-interception and photosynthetic activity of vertically trained watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb. Matsum.et Nakai) plants. **Journal of the Japanese Society for the Horticultural Science**. Kyoto, v.72, n.6, p.497-503, 2003.

APÊNDICE

Apêndice A

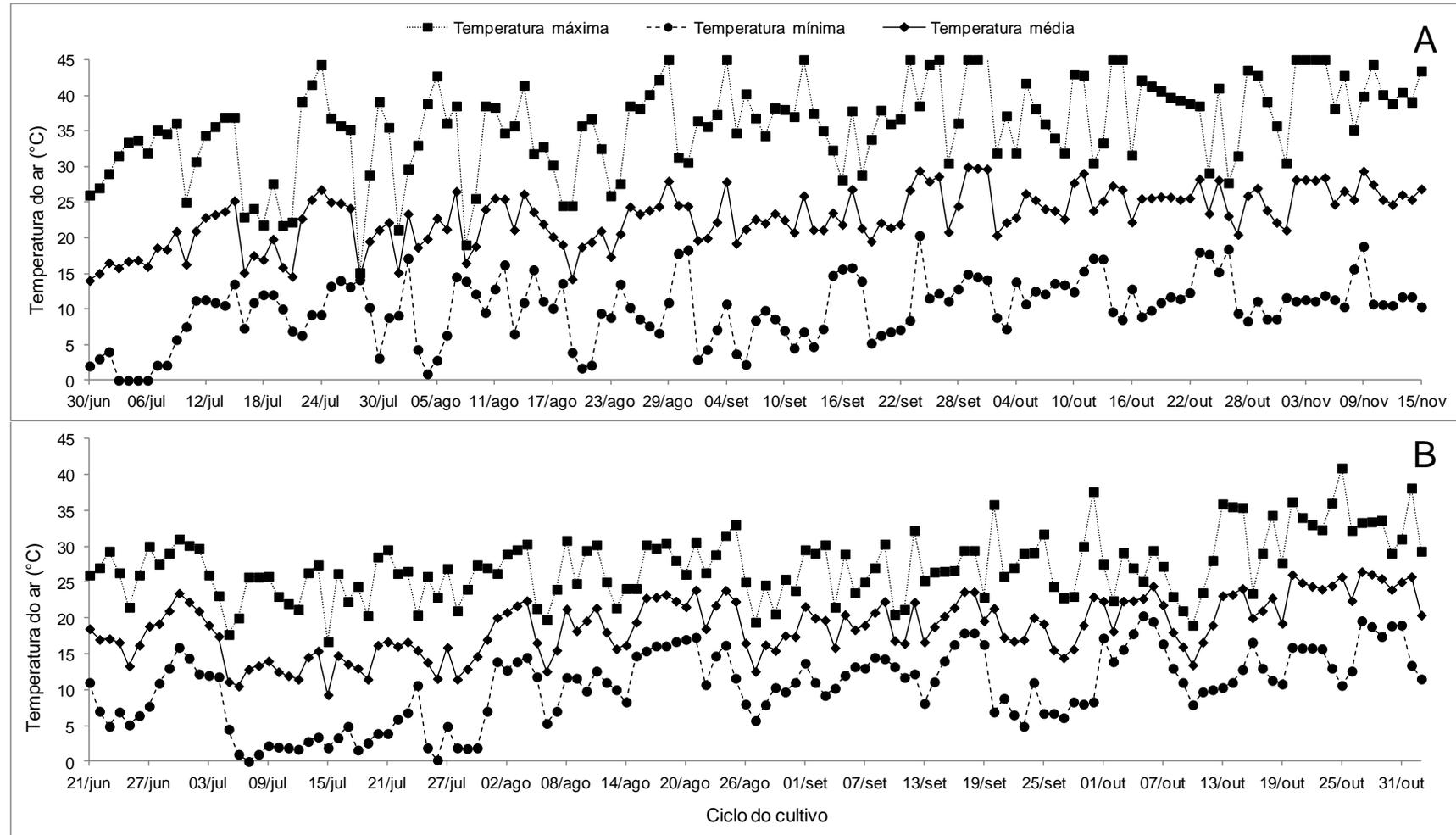


Figura 1A. Temperatura máxima, mínima e média do ar no interior do ambiente protegido desde o dia do transplante até o fim do ciclo da cultura da ervilha torta nos anos de 2011, experimento I (A) e 2012, experimento II (B). Pelotas, UFPel, 2011/2012.

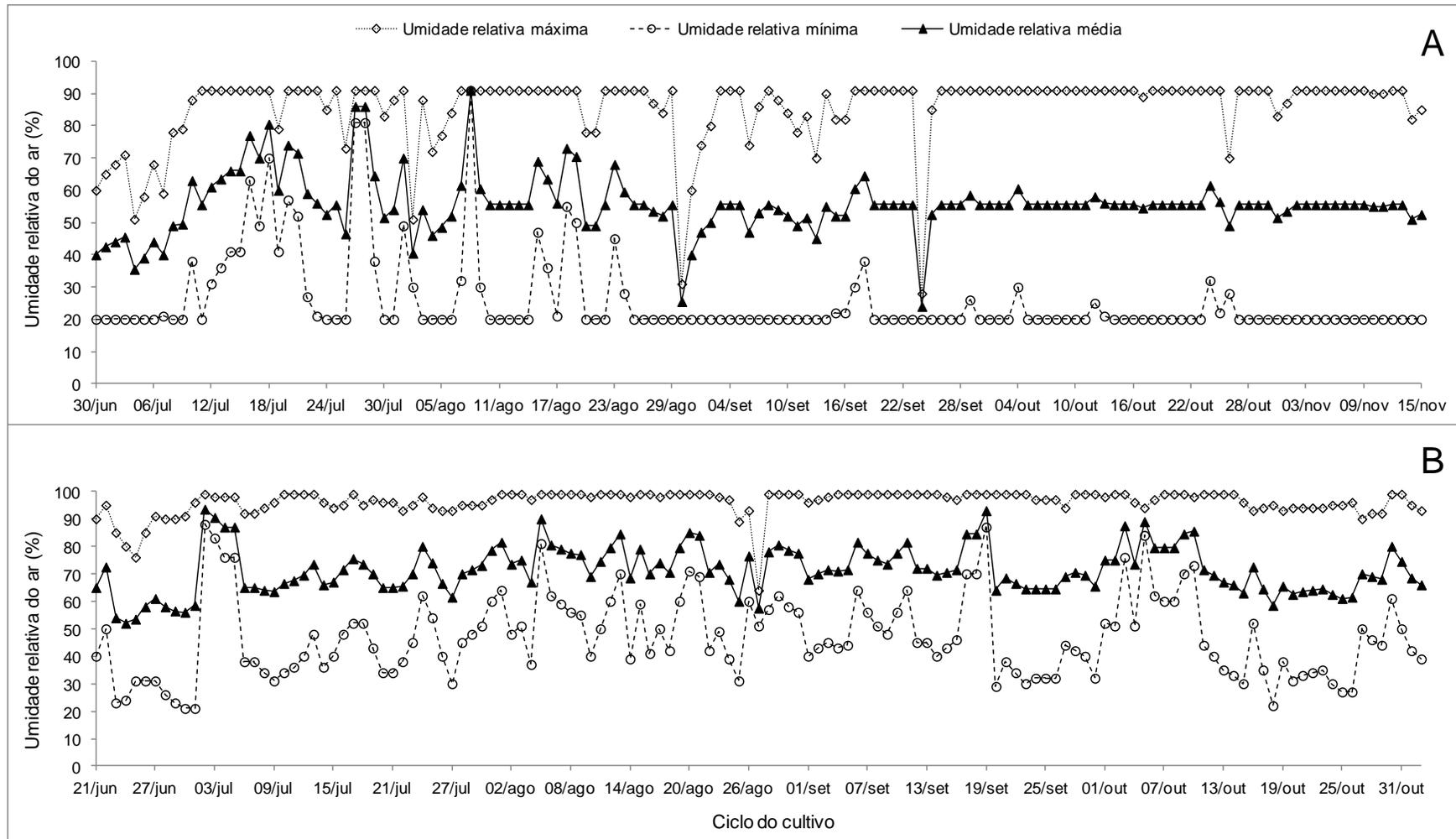


Figura 2A. Umidade relativa máxima, mínima e média do ar no interior do ambiente protegido desde o dia do transplante até o fim do ciclo da cultura da ervilha torta nos anos de 2011, experimento I (A) e 2012, experimento II (B). Pelotas, UFPel, 2011/2012.

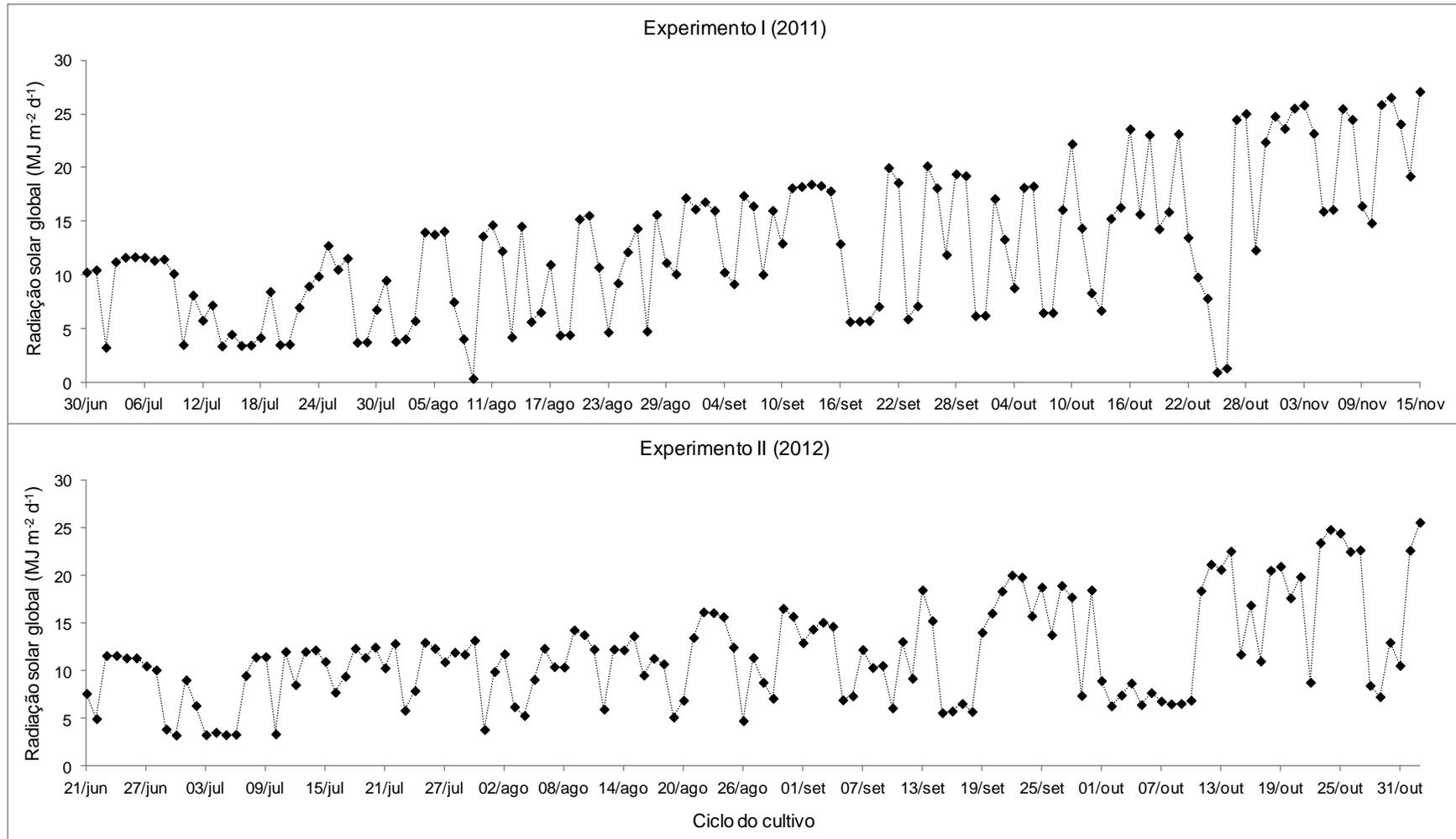


Figura 3A. Radiação solar global externa desde o dia do transplante até o fim do ciclo da cultura da ervilha torta nos anos de 2011 (experimento I) e 2012 (experimento II). Pelotas, UFPel, 2011/2012.

Apêndice B

Resultados da análise de variância para as variáveis avaliadas no experimento I: Crescimento, partição de massa seca e componentes do rendimento de ervilha torta (*Pisum sativum* L.) sob diferentes densidades de plantio em hidroponia.

Tabela 1B. Análise de variância para o número de vagens comerciais colhidas por planta (g planta⁻¹) de ervilha torta cultivada em sistema hidropônico e ambiente protegido sob cinco densidades de plantio. Pelotas, UFPel, 2011.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	167,31	83,66	1,44 ^{ns}
Densidade	4	3794,68	948,67	16,31 ^{**}
Resíduo	8	465,47	58,18	
Total	14	4427,46		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 80,18 g planta⁻¹

Coeficiente de variação= 9,51%

Tabela 2B. Análise de variância para a massa fresca de vagens comerciais colhidas por planta (g planta⁻¹) de ervilha torta cultivada em sistema hidropônico e ambiente protegido sob cinco densidades de plantio. Pelotas, UFPel, 2011.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	3855,11	1927,6	2,07 ^{ns}
Densidade	4	28448	7112	7,64 ^{**}
Resíduo	8	7443,73	930,47	
Total	14	39746,9		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 233,86 g planta⁻¹

Coeficiente de variação= 13,04%

Tabela 3B. Análise de variância para a massa seca de vagens comerciais colhidas por planta (g planta^{-1}) de ervilha torta cultivada em sistema hidropônico e ambiente protegido sob cinco densidades de plantio. Pelotas, UFPel, 2011.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	54,82	27,41	2,94 ^{ns}
Densidade	4	442,82	110,7	11,87**
Resíduo	8	74,64	9,33	
Total	14	572,27		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 27,36 g planta^{-1}

Coeficiente de variação= 11,16%

Tabela 4B. Análise de variância para a massa seca vegetativa aérea produzida por planta (g planta^{-1}) de ervilha torta cultivada em sistema hidropônico e ambiente protegido sob cinco densidades de plantio. Pelotas, UFPel, 2011.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	1206,53	603,27	5,48*
Densidade	4	1443,94	360,98	3,28 ^{ns}
Resíduo	8	879,92	109,99	
Total	14	3530,39		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 57,97 g planta^{-1}

Coeficiente de variação= 18,09%

Tabela 5B. Análise de variância para a massa seca de raiz produzida por planta (g planta^{-1}) de ervilha torta cultivada em sistema hidropônico e ambiente protegido sob cinco densidades de plantio. Pelotas, UFPel, 2011.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	3,97	1,98	1,85 ^{ns}
Densidade	4	23,04	5,76	5,37*
Resíduo	8	8,57	1,07	
Total	14	35,58		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 6,27 g planta^{-1}

Coeficiente de variação= 16,5%

Tabela 6B. Análise de variância para o número total de vagens colhidas por planta (g planta⁻¹) de ervilha torta cultivada em sistema hidropônico e ambiente protegido sob cinco densidades de plantio. Pelotas, UFPel, 2011.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	160,68	80,34	1,07 ^{ns}
Densidade	4	5221,03	1305,3	17,31**
Resíduo	8	603,23	75,4	
Total	14	5984,94		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 92,3 g planta⁻¹

Coeficiente de variação= 9,41%

Tabela 7B. Análise de variância para a massa fresca total de vagens colhidas por planta (g planta⁻¹) de ervilha torta cultivada em sistema hidropônico e ambiente protegido sob cinco densidades de plantio. Pelotas, UFPel, 2011.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	4263,84	2131,9	2,17 ^{ns}
Densidade	4	31211,4	7802,9	7,94**
Resíduo	8	7861,62	982,7	
Total	14	43336,9		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 242,02 g planta⁻¹

Coeficiente de variação= 12,95%

Tabela 8B. Análise de variância para a massa seca total de vagens colhidas por planta (g planta⁻¹) de ervilha torta cultivada em sistema hidropônico e ambiente protegido sob cinco densidades de plantio. Pelotas, UFPel, 2011.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	75,25	37,62	3,0 ^{ns}
Densidade	4	524,09	131,02	10,46**
Resíduo	8	100,25	12,53	
Total	14	699,59		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 29,5 g planta⁻¹

Coeficiente de variação= 12%

Tabela 9B. Análise de variância para a produtividade total de vagens produzida por planta (g planta^{-1}) de ervilha torta cultivada em sistema hidropônico e ambiente protegido sob cinco densidades de plantio. Pelotas, UFPel, 2011.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	4263,8	2131,9	2,17 ^{ns}
Densidade	4	31211,4	7802,9	7,94 ^{**}
Resíduo	8	7861,6	982,7	
Total	14	43336,9		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 242,02 g planta^{-1}

Coeficiente de variação= 12,95%

Tabela 10B. Análise de variância para a porcentagem de vagens comerciais (%) produzida por planta (g planta^{-1}), de ervilha torta cultivada em sistema hidropônico e ambiente protegido sob cinco densidades de plantio. Pelotas, UFPel, 2011.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	41,87	20,94	4,23 ^{ns}
Densidade	4	5,49	1,37	0,28 ^{ns}
Resíduo	8	39,55	4,94	
Total	14	86,92		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 86,93 (% em g planta^{-1})

Coeficiente de variação= 2,56%

Tabela 11B. Análise de variância para a massa média de vagens comerciais produzida por planta (g planta^{-1}), de ervilha torta cultivada em sistema hidropônico e ambiente protegido sob cinco densidades de plantio. Pelotas, UFPel, 2011.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	0,1419	0,0709	3,97 ^{ns}
Densidade	4	0,0272	0,0068	0,38 ^{ns}
Resíduo	8	0,1428	0,0179	
Total	14	0,31196		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 2,91 g planta^{-1}

Coeficiente de variação= 4,58%

Tabela 12B. Análise de variância para a massa média total de vagens produzida por planta (g planta^{-1}) de ervilha torta cultivada em sistema hidropônico e ambiente protegido sob cinco densidades de plantio. Pelotas, UFPel, 2011.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	0,1456	0,0728	4,3 ^{ns}
Densidade	4	0,0372	0,0093	0,55 ^{ns}
Resíduo	8	0,1355	0,0169	
Total	14	0,3184		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 2,62 g planta^{-1}

Coeficiente de variação= 4,97%

Tabela 13B. Análise de variância para o número de vagens comerciais colhidas por unidade de área (vagens m^{-2}) de ervilha torta cultivada em sistema hidropônico e ambiente protegido sob cinco densidades de plantio. Pelotas, UFPel, 2011.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	7903,36	3951,7	1,65 ^{ns}
Densidade	4	210500	52625	21,96 ^{**}
Resíduo	8	19172,4	2396,6	
Total	14	237576		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 507,37 vagens m^{-2}

Coeficiente de variação= 9,65%

Tabela 14B. Análise de variância para a massa fresca de vagens comerciais colhidas por unidade de área (vagens m^{-2}) de ervilha torta cultivada em sistema hidropônico e ambiente protegido sob cinco densidades de plantio. Pelotas, UFPel, 2011.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	191340	95670	2,98 ^{ns}
Densidade	4	1977231	494308	15,4 ^{**}
Resíduo	8	256787	32098	
Total	14	2425358		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 1486,77 vagens m^{-2}

Coeficiente de variação= 12,05%

Tabela 15B. Análise de variância para a massa seca de vagens comerciais colhidas por unidade de área (vagens m⁻²) de ervilha torta cultivada em sistema hidropônico e ambiente protegido sob cinco densidades de plantio. Pelotas, UFPel, 2011.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	2238,46	1119,2	3,54 ^{ns}
Densidade	4	22885,9	5721,5	18,09**
Resíduo	8	2530,72	316,34	
Total	14	27655,1		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 172,9 vagens m⁻²

Coeficiente de variação= 10,29%

Tabela 16B. Análise de variância para a massa seca vegetativa aérea produzida por unidade de área (vagens m⁻²) de ervilha torta cultivada em sistema hidropônico e ambiente protegido sob cinco densidades de plantio. Pelotas, UFPel, 2011.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	41300,6	20650	4,43*
Densidade	4	134808	33702	7,23**
Resíduo	8	37288,1	4661	
Total	14	213397		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 371,52 vagens m⁻²

Coeficiente de variação= 18,38%

Tabela 17B. Análise de variância para a massa seca de raiz produzida por unidade de área (vagens m⁻²) de ervilha torta cultivada em sistema hidropônico e ambiente protegido sob cinco densidades de plantio. Pelotas, UFPel, 2011.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	235,58	117,79	2,5 ^{ns}
Densidade	4	1851,28	462,82	9,82**
Resíduo	8	376,91	47,11	
Total	14	2463,77		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 40,11 vagens m⁻²

Coeficiente de variação= 17,11%

Tabela 18B. Análise de variância para o número total de vagens colhidas por unidade de área (vagens m⁻²) de ervilha torta cultivada em sistema hidropônico e ambiente protegido sob cinco densidades de plantio. Pelotas, UFPel, 2011.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	7816,12	3908,1	1,23 ^{ns}
Densidade	4	268392	67098	21,14 ^{**}
Resíduo	8	25387,5	3173,4	
Total	14	301595		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 583,18 vagens m⁻²

Coeficiente de variação= 9,66%

Tabela 19B. Análise de variância para a massa fresca total de vagens colhidas por unidade de área (vagens m⁻²) de ervilha torta cultivada em sistema hidropônico e ambiente protegido sob cinco densidades de plantio. Pelotas, UFPel, 2011.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	213128	106564	3,13 ^{ns}
Densidade	4	2093165	523291	15,39 ^{**}
Resíduo	8	272009	34001	
Total	14	2578302		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 1537,5 vagens m⁻²

Coeficiente de variação= 11,99%

Tabela 20B. Análise de variância para a massa seca total de vagens colhidas por unidade de área (vagens m⁻²) de ervilha torta cultivada em sistema hidropônico e ambiente protegido sob cinco densidades de plantio. Pelotas, UFPel, 2011.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	2862,8	1431,4	3,47 ^{ns}
Densidade	4	25610,8	6402,7	15,51 ^{**}
Resíduo	8	3302,52	412,82	
Total	14	31776,1		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 186,17 vagens m⁻²

Coeficiente de variação= 10,91%

Tabela 21B. Análise de variância para a produtividade total de vagens produzida por unidade de área (vagens m⁻²) de ervilha torta cultivada em sistema hidropônico e ambiente protegido sob cinco densidades de plantio. Pelotas, UFPel, 2011.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	213128	106564	3,13 ^{ns}
Densidade	4	2093165	523291	15,39 ^{**}
Resíduo	8	272009	34001	
Total	14	2578302		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 1537,5 vagens m⁻²

Coefficiente de variação= 11,99%

Apêndice C

Resultados da análise de variância para as variáveis avaliadas no experimento II: Análise do crescimento e da produção de dois genótipos de ervilha torta (*Pisum sativum* L.) em cultivo hidropônico.

Tabela 1C. Análise de variância para o número de vagens colhidas por planta (g planta⁻¹) em nove datas de coleta de dois genótipos de ervilha torta cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido. Pelotas, UFPel, 2012.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	194,59	97,29	0,44 ^{ns}
Genótipo	1	47,23	47,23	0,21 ^{ns}
Data de coleta	8	37387,01	4673,38	35,5 ^{ns}
Genótipo x Data	8	1345,06	168,13	1,28 ^{ns}
Resíduo	34	4653,02	136,85	
Total	53	43626,93		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 23,21 g planta⁻¹

Coeficiente de variação (genótipo)= 63,97%

Coeficiente de variação (data de coleta)= 49,42%

Tabela 2C. Análise de variância para a massa seca de vagens produzida por planta (g planta⁻¹) em nove datas de coleta de dois genótipos de ervilha torta cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido. Pelotas, UFPel, 2012.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	25,3	12,65	0,2 ^{ns}
Genótipo	1	33,43	33,43	0,54 ^{ns}
Data de coleta	8	6028,71	753,59	28,25 ^{ns}
Genótipo x Data	8	178,73	22,34	0,84 ^{ns}
Resíduo	34	977,89	28,76	
Total	53	7244,06		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 8,88 g planta⁻¹

Coeficiente de variação (genótipo)= 88,78%

Coeficiente de variação (data de coleta)= 58,16%

Tabela 3C. Análise de variância para a massa seca de folhas produzida por planta (g planta^{-1}) em nove datas de coleta de dois genótipos de ervilha torta cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido. Pelotas, UFPel, 2012.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	5,42	2,71	0,6 ^{ns}
Genótipo	1	29,61	29,61	6,58 ^{ns}
Data de coleta	8	1464,46	183,06	37,51 ^{ns}
Genótipo x Data	8	182,88	22,86	4,68 ^{**}
Resíduo	34	165,18	4,86	
Total	53	1847,55		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 7,98 g planta^{-1}

Coefficiente de variação (genótipo)= 26,59%

Coefficiente de variação (data de coleta)= 27,69%

Tabela 4C. Análise de variância para a massa seca de caules produzida por planta (g planta^{-1}) em nove datas de coleta de dois genótipos de ervilha torta cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido. Pelotas, UFPel, 2012.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	42,04	21,02	8,61 ^{ns}
Genótipo	1	41,65	41,65	17,06 ^{ns}
Data de coleta	8	4359,91	544,99	37,04 ^{ns}
Genótipo x Data	8	453,1	56,64	3,85 ^{**}
Resíduo	34	475,69	13,99	
Total	53	5372,39		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 12,2 g planta^{-1}

Coefficiente de variação (genótipo)= 12,8%

Coefficiente de variação (data de coleta)= 31,43%

Tabela 5C. Análise de variância para a massa seca vegetativa aérea (folhas + caules) produzida por planta (g planta^{-1}) em nove datas de coleta de dois genótipos de ervilha torta cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido. Pelotas, UFPel, 2012.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	68,16	34,08	2,53 ^{ns}
Genótipo	1	141,51	141,51	10,52 ^{ns}
Data de coleta	8	10773,12	1346,64	45,36 ^{ns}
Genótipo x Data	8	1146,09	143,26	4,83 ^{**}
Resíduo	34	976,94	28,73	
Total	53	13105,84		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 20,18 g planta^{-1}

Coeficiente de variação (genótipo)= 18,17%

Coeficiente de variação (data de coleta)= 27%

Tabela 6C. Análise de variância para a massa seca total da planta (g planta^{-1}) em nove datas de coleta de dois genótipos de ervilha torta cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido. Pelotas, UFPel, 2012.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	178,91	89,45	0,77 ^{ns}
Genótipo	1	310,46	310,46	2,66 ^{ns}
Data de coleta	8	29007,45	3625,93	41,61 ^{ns}
Genótipo x Data	8	1885,45	235,68	2,7 [*]
Resíduo	34	3022,18	88,89	
Total	53	34404,52		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 29,06 g planta^{-1}

Coeficiente de variação (genótipo)= 37,19%

Coeficiente de variação (data de coleta)= 32,12%

Tabela 7C. Análise de variância para a taxa de crescimento absoluto de vagens ($\text{g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) em nove datas de coleta de dois genótipos de ervilha torta cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido. Pelotas, UFPel, 2012.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	0,03	0,01	0,8 ^{ns}
Genótipo	1	0,03	0,03	1,98 ^{ns}
Data de coleta	8	4,79	0,6	12,2 ^{ns}
Genótipo x Data	8	0,6	0,07	1,5 ^{ns}
Resíduo	34	1,6	0,05	
Total	53	7,05		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= $0,19 \text{ g planta}^{-1}$

Coefficiente de variação (genótipo)= 68,17%

Coefficiente de variação (data de coleta)= 119,6%

Tabela 8C. Análise de variância para a taxa de crescimento absoluto dos órgãos vegetativos aéreos ($\text{g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) em nove datas de coleta de dois genótipos de ervilha torta cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido. Pelotas, UFPel, 2012.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	0,02	0,01	0,86 ^{ns}
Genótipo	1	0,17	0,17	16,69 ^{ns}
Data de coleta	8	5,44	0,68	5,89 ^{ns}
Genótipo x Data	8	3,42	0,43	3,7 ^{**}
Resíduo	34	3,72	0,11	
Total	53	12,77		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= $0,36 \text{ g planta}^{-1}$

Coefficiente de variação (genótipo)= 27,7%

Coefficiente de variação (data de coleta)= 93,15%

Tabela 9C. Análise de variância para a taxa de crescimento relativo de vagens ($\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) em nove datas de coleta de dois genótipos de ervilha torta cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido. Pelotas, UFPel, 2012.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	0,002	0,001	0,86 ^{ns}
Genótipo	1	0	0	16,69 ^{ns}
Data de coleta	8	0,04	0,005	5,89 ^{ns}
Genótipo x Data	8	0,024	0,003	3,7 ^{**}
Resíduo	34	0,06	1,76 ⁻⁰³	
Total	53	0,126		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 0,02 g planta^{-1}

Coefficiente de variação (genótipo)= 169%

Coefficiente de variação (data de coleta)= 200,11%

Tabela 10C. Análise de variância para a taxa de crescimento relativo da cultura ($\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) em nove datas de coleta de dois genótipos de ervilha torta cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido. Pelotas, UFPel, 2012.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	0,00004	0,00002	0,86 ^{ns}
Genótipo	1	0,00018	0,00018	8,16 ^{ns}
Data de coleta	8	0,0638	0,00797	32,42 ^{ns}
Genótipo x Data	8	0,00435	0,00054	2,21 ^{ns}
Resíduo	34	7,91 ⁻⁰³	2,326 ⁻⁰⁴	
Total	53	0,07628		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 0,03951 g planta^{-1}

Coefficiente de variação (genótipo)= 11,82%

Coefficiente de variação (data de coleta)= 39,7%

Tabela 11C. Análise de variância para a relação massa seca de folhas/ massa seca total (%) de plantas em nove datas de coleta de dois genótipos de ervilha torta cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido. Pelotas, UFPel, 2012.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	0,00156	0,00078	2,86 ^{ns}
Genótipo	1	0,02834	0,02834	103,62**
Data de coleta	8	139,417	0,17427	230,47 ^{ns}
Genótipo x Data	8	0,03301	0,00413	5,46**
Resíduo	34	8,703	0,256	
Total	53	148,182		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 0,4 g planta⁻¹

Coefficiente de variação (genótipo)= 4,13%

Coefficiente de variação (data de coleta)= 6,87%

Tabela 12C. Análise de variância para a relação massa seca de caules/ massa seca total (%) de plantas em nove datas de coleta de dois genótipos de ervilha torta cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido. Pelotas, UFPel, 2012.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	0,00199	0,00099	0,24 ^{ns}
Genótipo	1	0,01096	0,01096	2,62 ^{ns}
Data de coleta	8	0,28926	0,03616	16,25 ^{ns}
Genótipo x Data	8	0,04981	0,00623	2,8*
Resíduo	34	0,07956	2,34 ⁻⁰³	
Total	53	0,43158		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 0,43 g planta⁻¹

Coefficiente de variação (genótipo)= 14,93%

Coefficiente de variação (data de coleta)= 10,88%

Tabela 13C. Análise de variância para a relação massa seca vegetativa aérea/ massa seca total (%) de plantas em nove datas de coleta de dois genótipos de ervilha torta cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido. Pelotas, UFPel, 2012.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	0,00005	0,00003	0,008*
Genótipo	1	0,00405	0,00405	1,23 ^{ns}
Data de coleta	8	1,792	0,224	112,31 ^{ns}
Genótipo x Data	8	0,02426	0,00303	1,52 ^{ns}
Resíduo	34	0,071	2,088 ⁰³	
Total	53	1,891		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 0,83 g planta⁻¹

Coeficiente de variação (genótipo)= 6,88%

Coeficiente de variação (data de coleta)= 5,36%

Tabela 14C. Análise de variância para a relação massa seca de vagens/ massa seca total (%) de plantas em nove datas de coleta de dois genótipos de ervilha torta cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido. Pelotas, UFPel, 2012.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	0,00005	0,00003	0,008*
Genótipo	1	0,00405	0,00405	1,23 ^{ns}
Data de coleta	8	1,792	0,224	112,31 ^{ns}
Genótipo x Data	8	0,02426	0,00303	1,52 ^{ns}
Resíduo	34	0,071	2,088 ⁰³	
Total	53	1,891		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 0,17 g planta⁻¹

Coeficiente de variação (genótipo)= 34,42%

Coeficiente de variação (data de coleta)= 26,82%

Tabela 15C. Análise de variância para a massa fresca de vagens acumulada ao final do ciclo de cultivo (g m^{-2}) em nove datas de coleta de dois genótipos de ervilha torta cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido. Pelotas, UFPel, 2012.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	1724345,89	862172,9	0,3 ^{ns}
Genótipo	1	41752,82	41752,82	0,01 ^{ns}
Data de coleta	8	38035355,1	4754419,4	39,62 ^{ns}
Genótipo x Data	8	950581,89	118822,74	0,99 ^{ns}
Resíduo	34	47681148,2	1402386,7	
Total	53	50397828,8		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 1264,68 g m^{-2}

Coeficiente de variação (genótipo)= 134,73%

Coeficiente de variação (data de coleta)= 27,39%

Tabela 16C. Análise de variância para o número de vagens produzido por planta (g planta^{-1}), acumulado por decênios, em nove datas de coleta de dois genótipos de ervilha torta cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido. Pelotas, UFPel, 2012.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	39,18	19,59	0,41 ^{ns}
Genótipo	1	2,89	2,89	0,06 ^{ns}
Data de coleta	8	558,29	69,79	11,53 ^{ns}
Genótipo x Data	8	120,96	15,12	2,5*
Resíduo	34	288,16	8,48	
Total	53	1009,48		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 6,23 vagens/ 10 dias

Coeficiente de variação (genótipo)= 110,32%

Coeficiente de variação (data de coleta)= 39,48%

Tabela 17C. Análise de variância para a produção de massa fresca de vagens produzida por planta (g planta^{-1}), acumulada por decênios, em nove datas de coleta de dois genótipos de ervilha torta cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido. Pelotas, UFPel, 2012.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	627,65	313,83	0,27 ^{ns}
Genótipo	1	276,18	276,18	0,23 ^{ns}
Data de coleta	8	9679,92	1209,99	10,62 ^{ns}
Genótipo x Data	8	2000,22	250,03	2,19 ^{ns}
Resíduo	34	6011,95	176,82	
Total	53	18595,92		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 24,67 vagens/ 10 dias

Coefficiente de variação (genótipo)= 139,46%

Coefficiente de variação (data de coleta)= 43,27%

Tabela 18C. Análise de variância para o peso médio de vagens produzido por planta (g planta^{-1}), calculado por decênios, em nove datas de coleta de dois genótipos de ervilha torta cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido. Pelotas, UFPel, 2012.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	0,00007	0,00004	0,00 ^{**}
Genótipo	1	0,17114	0,17	0,18 ^{ns}
Data de coleta	8	54,55	6,82	17,14 ^{ns}
Genótipo x Data	8	42,94	5,37	13,49 ^{**}
Resíduo	34	14,61	0,43	
Total	53	112,27		

(**) significativo a 1% pelo teste F; (*) significativo a 5% pelo teste F; (^{ns}) não significativo.

Média geral= 3,79 vagens/ 10 dias

Coefficiente de variação (genótipo)= 25,57%

Coefficiente de variação (data de coleta)= 16,63%