INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DE POPULAÇÃO SOBRE O CRESCIMENTO E
PRODUÇÃO DE BRÓCOLO (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck),
CULTIVAR RAMOSO SANTANA

CARLOS ALFREDO COLAFRANCESCHI MONFREDO
PROF. ADJ. HORTICULTURA
FACULTAD DE AGRONOMIA URUGUAY

Orientador: Prof. Dr. Keigo Minami

Dissertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz", da
Universidade de São Paulo, para obtenção
do título de Mestre em Agronomia. Área de
Concentração: Fitotecnia.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Maio - 1989

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Monfredo, Carlos Alfredo Colafranceschi

M742i Influência da densidade de população sobre o crescimento e produção de brócolo (Brassica olerácea var. italica Plenck), cultivar ramoso santana. Piracicaba, 1989.
131p.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Brócolo - Crescimento 2. Brócolo - Efeito da densidade populacional 3. Brócolo - Produção 4. Brócolo - Variedade I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CDD 635.35

INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DE POPULAÇÃO SOBRE O CRESCIMENTO E
PRODUÇÃO DE BRÓCOLO (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck) ,
CULTIVAR RAMOSO SANTANA

CARLOS ALFREDO COLAFRANCESCHI MONFREDO

Aprovada em: 06/02/89

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Keigo Minami	ESALQ/USP
Prof. Dr. Paulo Henrique Haag	ESALQ/USP
Prof. Dr. Antonio Augusto Luchesi	ESALQ/USP

Prof. Dr. Keigo Minami
- Orientador -

A minha esposa Ana

aos meus filhos Mariana, Marcelo, Bernardo

DEDICO

Aos meus pais e irmão

COM GRATIDÃO

À memória do Prof. Antonio Espinola Lima

MINHA HOMENAGEM

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Keigo Minami pela orientação da dissertação.

Ao Prof. Dr. Antonio Augusto Lucchesi pela ajuda e sugestões durante a análise do experimento.

A Profª Maria Cristina Stolf Nogueira pela colaboração na avaliação estatística dos dados.

A OEA pelo apoio financeiro, que possibilitou a realização do Mestrado.

Aos funcionários do Setor de Horticultura, da ESALQ, pela colaboração recebida durante a condução deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	iii
SUMMARY.....	iv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Análise de Crescimento.....	4
2.2. Competição.....	12
2.2.1. Influência da densidade de população sobre o rendimento e qualidade de di- versas culturas hortícolas.....	16
2.2.2. Influência da densidade de população sobre o rendimento e qualidade de bró- colo.....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1. Produção.....	46
4.1.1. Produção de botões florais.....	46
4.1.2. Número de flores por planta.....	51
4.1.3. Número de flores por hectare.....	55
4.1.4. Tamanho médio dos botões florais.....	59
4.1.5. Produção de flores primárias.....	64
4.2. Crescimento e Desenvolvimento da Planta de Brócolo.....	68
4.2.1. Área foliar (AF).....	68

4.2.2. Índice de área foliar (IAF).....	72
4.2.3. Razão de área foliar (RAF).....	76
4.2.4. Duração da área foliar (DAF).....	79
4.2.5. Altura da planta.....	88
4.2.6. Número de folhas por planta.....	90
4.2.7. Taxa de crescimento relativo (TCR).....	94
4.2.8. Evolução do peso seco da parte aérea...	98
4.2.9. Taxa de produção de matéria seca (TPMS).....	102
4.2.10. Eficiência de conversão de energia (EC).....	106
4.2.11. Taxa de assimilação líquida (TAL).....	110
5. CONCLUSÕES.....	114
6. BIBLIOGRAFIA CITADA.....	116

INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DE POPULAÇÃO SOBRE O CRESCIMENTO E
PRODUÇÃO DE BRÓCOLO (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck),
CULTIVAR RAMOSO SANTANA

Autor: Carlos Alfredo Colafranceschi Monfredo

Orientador: Prof. Dr. Keigo Minami

RESUMO

O presente experimento, conduzido no Campo Experimental do Departamento de Horticultura, teve como objetivo estudar a influência da densidade de população sobre o crescimento e a produtividade do cultivar de brócolo Ramoso Santana.

As densidades avaliadas foram 12048, 14705, 19607 e 27777 plantas/ha respectivamente. Utilizou-se o delineamento sistemático de Nelder (1962), modificado, em blocos casualizados, 4 repetições e 4 plantas por parcela.

A produção total por hectare aumentou com o incremento na densidade de população, porém não houve influência sobre o tamanho médio dos botões florais.

As diferentes densidades avaliadas, não apresentaram diferenças no crescimento individual das plantas, podendo-se considerar que o efeito de competição não foi tão acentuado de modo a influenciar tanto o desenvolvimento das plantas.

INFLUENCE OF PLANT POPULATION ON GROWTH AND YIELD OF BROCCOLI
(*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck), C.V. RAMOSO SANTANA

Author: Carlos Alfredo Colafranceschi Monfredo

Adviser: Prof. Dr. Keigo Minami

SUMMARY

The present experiment, carried on in the experimental field of the Horticultural Department, was done in order to study the influence of plant populations density on growth and yield of broccoli c.v. Ramoso Santana.

The densities evaluated were: 12048, 14705, 19607 and 27777 plants per hectare. It was used the Nelder's (1962) systematic design, modified, with randomized blocks, 4 replications and 4 plants per plot.

The yield increased with the increment of plant population density, but, there was not influence on the size of the spears.

The different densities evaluated didn't show any difference in the individual plant growth. It is possible to consider that the competition between plants was not so strong to influence markedly the plant development.

1. INTRODUÇÃO

O brócolo, também conhecido como brócolos, brócoli ou couve-brócolo, é uma variedade botânica da mesma espécie que couve-flor, repolho e couve.

Ele é menos exigente que a couve-flor em clima e solo, e é uma planta bienal, como as outras variedades botânicas de *Brassica oleracea* (SONNENBERG, 1980).

De acordo com NIEUWHOF (1969), alguns cultivos são tão pouco exigentes em frio que são considerados como anuais.

FILGUEIRA (1982) e SONNENBERG (1980) acham que o nome brócolo originou-se do italiano "brocco", que significa broto, pois, são as brotações florais a parte comestível da planta. Embora conhecido no sul da Europa há muito tempo, o brócolo tornou-se muito popular nos Estados Unidos, como também no Estado de São Paulo e em algumas regiões do sul do Brasil, porém, ainda a difusão dessa hortaliça é muito lenta neste país (SONNENBERG, 1980).

Para MURAYAMA (1973), os brócolos são excelentes hortaliças, cinco vezes mais ricas em cálcio e cento e

vinte vezes mais em vitamina A do que a couve-flor.

Os cultivares de brócolo enquadram-se basicamente em dois grupos ou tipos. O primeiro grupo possui uma cabeça central, e os botões florais laterais são ausentes ou então se apresentam diminuídos em relação ao diâmetro da cabeça central. Os cultivares do segundo grupo, "Tipo Ramoso", produzem uma cabeça central menor em relação ao primeiro grupo, porém, apresentam abundante brotação lateral de diâmetro inferior ao da cabeça central (CASALI & DA SILVA, 1983).

No centro sul, onde se concentra quase toda a produção de brócolos brasileira, predominam os cultivares tipo "Ramoso", sendo que o produtor prefere este tipo de brócolo pela sua maior produtividade, e por permitir várias colheitas, parceladamente, além de atender a preferência do consumidor (FILGUEIRA, 1982).

SONNENBERG (1980) considera o 'Ramoso Santana', como o cultivar brasileiro mais adaptado nos plantios de inverno. Este cultivar possui plantas vigorosas, resistentes ao acamamento, ótimo aproveitamento de hastes florais laterais, e botões florais de cor verde intensa (CASALI & DA SILVA, 1983).

Segundo FILGUEIRA (1982), em culturas comerciais do tipo "Ramoso", colhem-se 84 brotos em média, por planta, atingindo-se até 46 t/ha, ao fim do período produti-

vo; sendo que produtividades de 20-30 t/ha são normais.

De acordo com Minami (1980), sabe-se que um dos fatores importantes para aumentar a produção é a densidade de população, que apresenta um maior impacto visual para o lavrador do que outros fatores, mas, o autor considera que recorrer simplesmente à densidade é um risco muito grande, pois, a reação das plantas à competição nem sempre é o que se espera.

Vários são os fatores que tem levado ao uso de maiores populações de plantas em olericultura, tais como: uso de herbicidas, mecanização da cultura e da colheita, assim como a obtenção de uma produtividade mais uniforme.

O objetivo do presente trabalho foi estudar a influência da densidade de população sobre o crescimento e a produtividade do brócolo 'Ramoso Santana', visando determinar a densidade ótima para uma maior produtividade e qualidade para consumo fresco.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Análise de Crescimento

Para LUCCHESI (1984) e MAGALHÃES (1985), um vegetal de interesse econômico, como uma planta de cultivo anual em crescimento, apresenta diferentes fases.

No início, como depende de reservas contidas nas sementes, o crescimento é lento; posteriormente, após o desenvolvimento do sistema radicular e a emergência das folhas, tem um rápido crescimento através da retirada de água e nutrientes do substrato onde está, e através da sua atividade fotossintética. Após atingir o tamanho definitivo, entra para a fase de senescência, que resulta em um decréscimo no acúmulo de matéria seca.

LUCCHESI (1984), citando Gregory (1926), estabelece que um vegetal anual, sob condições ecológicas adequadas, ocupa no período total de crescimento, em termos relativos, 10% para germinar, 6% para emergir, 51% no grande período de crescimento, 15% para reprodução, 8% na maturação e 10% até a colheita.

Durante o seu desenvolvimento, o vegetal ocupa então, nas diferentes fases, diferentes períodos de crescimento e, conseqüentemente, seria de fundamental importância o conhecimento dos efeitos dos diferentes tratamentos nas plantas a serem analisadas, durante o transcorrer de um determinado experimento (LUCCHESI, 1984). Segundo o autor, através da análise de crescimento pode-se avaliar os efeitos dos diferentes tratamentos que estão sendo efetuados, visto que esse tipo de análise fundamenta-se na medição sequencial do acúmulo de matéria orgânica, tanto em uma ou várias fases de crescimento, como o ciclo todo da planta em questão.

A utilização dos parâmetros de crescimento vegetal, como uma análise, foi desenvolvida pelos fisiologistas vegetais BLACKMAN (1919); BRIGGS et alii (1920) e posteriormente por BLACKMAN (1968), sendo considerada internacionalmente como método padrão para obter-se a estimativa da produtividade biológica das comunidades vegetais (MAGALHÃES, 1979).

LUCCHESI (1984) considera que a análise quantitativa de crescimento vegetal estima a produtividade biológica das comunidades vegetais, e para facilitar o entendimento dos diferentes aspectos relacionados com o termo produtividade cita, os seguintes conceitos:

Produtividade bruta: faz referência a quantidade total de matéria orgânica produzida em um determinado tem-

po por um nível trófico (nível alimentar), incluindo a quantidade de matéria degradada pelos fenômenos respiratórios. É também denominada de fotossíntese total ou assimilação total, quando se trata dos seres autótrofos.

Produtividade líquida: é a quantidade de matéria orgânica produzida em um determinado tempo, por um nível trófico, excluindo o que foi degradado nos fenômenos respiratórios.

Para os seres autótrofos seria a fotossíntese aparente, ou a fotossíntese líquida. Portanto, a líquida corresponderia à bruta menos a respiração.

Com relação aos vegetais, é chamada também de produtividade biológica; seria aquela em que considerar-se-ia o aumento do peso de matéria seca da planta inteira (biomassa vegetal), por unidade de área de solo, em um determinado intervalo de tempo. No caso de ser considerada só a parte de interesse econômico, ou seja, a armazenada em órgãos como semente, frutos, tubérculos, folhas, caules, receberia o nome de **produtividade econômica, ou agrícola.**

Em geral, de acordo com SAKAMOTO (1984), a produção econômica varia em proporção direta com a produção biológica, pois, ambos dependem da capacidade fotossintética das plantas. Por isso, as condições favoráveis para uma alta produção biológica, quase sempre favorecem também um alto rendi-

mento agrícola. No entanto, pode haver exceções a essa regra geral. Por exemplo, se cultivarmos café sob condições de dias longos e noites curtas durante o ano todo, sua produção biológica seria provavelmente aumentada, mas não haveria produção econômica, isto é, grãos de café, pois, o cafeeiro necessita de dias curtos para florescer.

Segundo MAGALHÃES (1985), o crescimento de uma planta pode ser medida de várias maneiras. Em alguns casos, a determinação da altura é suficiente, mas, às vezes, maiores informações são necessárias, como por exemplo, o tamanho das folhas (comprimento, largura, área), o peso da matéria seca total ou de órgãos individuais, como raízes, caules, folhas e frutos. O fundamento da análise de crescimento é a medida sequencial de matéria orgânica e a sua determinação é feita normalmente, considerando o peso da matéria seca da planta. Devido ao fato deste procedimento ser destrutivo, as plantas tomadas como amostras, a cada tempo, devem representar a população em estudo, a fim de que técnicas estatísticas apropriadas possam ser utilizadas. Via de regra, além as determinações de peso da matéria seca as áreas foliares são também calculadas.

Para LUCCHESI (1984), o peso da matéria seca é mais utilizado, pois, determina o aumento de material acumulado na formação de um órgão, ou da planta toda, sem levar em consideração o conteúdo de água. No caso de utilizar o peso da matéria fresca, este não é aconselhado visto que é muito influenciado

pelo conteúdo de água, o qual varia com o teor de umidade ambiental.

Com a utilização da análise de crescimento, muitos estudos de produtividade vegetal foram executados, resultando em muitas informações relacionadas ao desenvolvimento, crescimento e produtividade de culturas olerícolas de interesse econômico.

LUCCHESI & MINAMI (1980), analisando o crescimento de dois cultivares de morango, determinaram que o cultivar Campinas possui maior taxa de crescimento relativo (TCR), maior taxa de assimilação líquida (TAL), maior taxa de produção de matéria seca (TPMS), e maior eficiência de conversão de energia solar (EC); e possui menor taxa de crescimento foliar relativo (TCFR) menor razão de área foliar (RAF) que 'Monte Alegre', sendo que não houve diferença entre o índice de área foliar (IAF) e a relação parte aérea/sistema radicular (RPAR) entre os dois cultivares.

BRANDES et alii (1973a), avaliando os efeitos da população de plantas e a época de plantio no crescimento do feijoeiro (*P. vulgaris*) determinaram que o IAF foi maior na época das águas e nas maiores densidades de plantio, com máximos perto de 4,5 e 1,5 nas duas épocas (águas e seca), os valores máximos foram alcançados entre 30-40 dias (55 na menor densidade), na época das águas, e a 40 dias após a emergência na seca.

A área foliar por planta variou inversamente com a população chegando aos valores máximos de aproximadamente 5 e 18 dm² por planta, na época das águas, e 3 a 7 dm² por planta, na época da seca. A taxa de assimilação líquida (TAL) apresentou, em geral, maiores valores na fase de crescimento das vagens, com valores mínimos na fase intermediária.

BRANDES et alii (1973b), na avaliação do efeito da densidade de população e época de plantio na eficiência de conversão de energia solar, observaram que a eficiência máxima na época das águas chegou perto de 2%, enquanto na época da seca não ultrapassou 0,6%.

MOHAMED (1982), estudando o efeito de diferentes datas de plantação (novembro, dezembro e fevereiro) no desempenho de 3 cultivares de feijão-vagem (Giza 3, Daria e Slankette) em Shambat, Sudan, constatou que a mais alta taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de assimilação líquida (TAL) foram obtidas no mês de novembro, havendo uma redução das duas taxas nos meses de dezembro e fevereiro.

Uma maior TCR e TAL, porém, uma menor RAF foram encontradas para o cultivar Daria em relação a Giza 3 e Slankette.

MARTINS et alii (1985) estudaram as possíveis correlações, entre os parâmetros da análise quantitativa de

crescimento vegetal, através dos dados do experimento conduzido com as cultivares de tomateiro Kada, Angela, Floradel e Tropic, em sistema de cultivo para as condições do trópico-úmido em Manaus.

No estudo das correlações entre os parâmetros MARTINS et alii.(1985) acharam que a altura foi o que apresentou maior quantidade de altas correlações sendo assim, um bom índice para se estimar o desenvolvimento da planta. Existem, segundo os autores, correlações positivas; a) da altura com o IAF, com a produção, com o PMS e com a TPMS, ou seja, esses parâmetros estão diretamente correlacionados com a altura; b) a TAL é a mais afetada pela TCR, já que apresentou todos os coeficientes de correlação com valores baixos, e dentre eles, o mais elevado foi com a TCR.

A TCR somente teve altas correlações com a altura e o IAF, sendo essas correlações negativas, ou seja, a medida que a planta cresce diminui a TCR.

Os cultivares mais produtivos apresentaram altas correlações positivas entre TPMF e TPMS, mostrando ser a produtividade econômica diretamente afetada pela produtividade biológica nesses cultivares.

WATSON (1958) determinou no caso de couve, que a TAL decresceu quase linearmente com o incremento de IAF, no intervalo de 1 até 5. Para beterraba açucareira a TAL foi me-

nos afetada pela mudança do IAF, e aparentemente não foi reduzida até que o IAF atingiu um valor de 3. Devido à dependência do TAL e o IAF a taxa de crescimento da cultura apresentou uma correlação quadrática com o IAF; no caso de couve, ele incrementou-se até um máximo quando o IAF estava entre 3 e 4, e caiu novamente com valores de IAF maiores. A máxima taxa de crescimento para beterraba açucareira ocorreu acima dos valores de IAF testados, provavelmente entre 6 e 9.

Na avaliação de crescimento dos híbridos de repolho Matsukaze e Natsumaki, SAKAMOTO (1984) achou no Matsukaze uma maior relação parte aérea/sistema radicular (RPAR), menor razão de área foliar (RAF) e menor índice de área foliar (IAF) que o Natsumaki.

Em relação aos parâmetros fisiológicos, taxa de crescimento relativo (TCR), eficiência de conversão fotossintética (EC) e taxa de produção de matéria seca (TPMS), os dois híbridos apresentaram inicialmente semelhança, tanto nos valores como no comportamento; na fase final, o Matsukaze apresentou os três parâmetros superiores ao Natsumaki.

MAGNIFICO et alii (1979) estudaram o crescimento do cultivar de brócolo semitardio 423, e observaram que no primeiro mês após o transplante, a taxa de crescimento foi muito baixa, aumentando nas 6 semanas seguintes, quando a produção diária de matéria fresca foi de 180-360 kg/ha, no entanto, a produção de matéria seca foi de 30 kg/ha.

O máximo crescimento aconteceu entre as 20 e 22 semanas após o transplante, quando as cabeças centrais e secundárias atingiram o tamanho comercial. A produção diária em matéria fresca e seca durante esse período foi 1680 kg/ha e 180 kg/ha respectivamente. O nível médio de matéria seca da parte aérea do brócolo foi de aproximadamente 11%, enquanto o nível da matéria seca das raízes foi um pouco superior a 20%. Por outro lado, os autores estabeleceram que somente 21,8% do peso da matéria fresca e 19,1% do peso da matéria seca, foram removidos do campo com a colheita das cabeças, sendo que o resto fica no solo contribuindo com a constituição da matéria orgânica.

2.2. Competição

Vários são os fatores que influenciam sobre a capacidade de produção de uma cultura, sendo que a planta depende fundamentalmente da interação entre o seu potencial genético e o ambiente a que está submetida (VILLAMIL, 1987).

A densidade de população tem um papel muito importante, desde que as pressões exercidas pela população afetem de modo marcante o desenvolvimento das plantas. O uso de maiores populações tem sido estimulado por diversos fatores tais como: uso de herbicidas, mecanização da produção e da colheita, maior facilidade de controle de pragas e doenças e o desenvolvimento de cultivares que toleram maio-

res densidades de população (VILLAMIL, 1986).

Se a água e os nutrientes são fornecidos em níveis adequados, de forma que a competição por esses fatores seja reduzida ao mínimo, a luz torna-se praticamente o único fator limitante para a produção das hortaliças e outras culturas. Portanto, a máxima captação de luz através do maior número de indivíduos por unidade de superfície tem sido a meta dos pesquisadores (MITCHEL, 1970).

De acordo com Sanchez, citado por VILLAMIL (1987), uma planta ou espécie pode sofrer interferência de plantas ou espécies vizinhas de três formas: competitiva, não competitiva e complementar.

A interferência competitiva, ou competição, ocorre quando um ou mais fatores de crescimento são limitantes, e em consequência as plantas ou espécies mais competitivas incrementam o seu rendimento às custas de outra espécie ou planta; a qual sofre um decréscimo no seu rendimento.

Para Clement et alii, citado por MINAMI (1973), a competição começa quando o suprimento imediato de um fator essencial cai abaixo das exigências combinadas das plantas.

A interferência não competitiva ocorre quando diferentes plantas dividem os valores de crescimento, que se

apresentam em quantidades suficientes e, portanto, o rendimento das plantas não é afetado.

Finalmente, a interferência complementar ocorre quando uma planta ou espécie ajuda a outra, como no caso de leguminosas que fornecem nitrogênio para as gramíneas em consórcio de pastagem.

A competição entre plantas não acontece abaixo de uma população crítica, determinada por fatores genéticos e ambientais. Reduções da população abaixo desse nível crítico, determinam uma redução linear da produtividade. No entanto, quando a população está acima dele, resulta, com o início da concorrência, uma curva de resposta com incrementos cada vez menores em produtividade. Dependendo das espécies, incrementos sucessivos na população podem provocar pequenas mudanças, até uma redução importante na produção total (THOMPSON & TAYLOR, 1976).

Assim, Janick (1968), citado por MINAMI (1980), afirma que a competição provocada pela densidade é chamada de competição interplanta, e quando a população se encontra abaixo do nível no qual ocorre competição entre plantas, o seu aumento não produzirá efeito sobre o comportamento das plantas individualmente, mas, logo que esta ocorre o rendimento de cada uma delas diminui.

Para WILLEY & HEATH (1969) é importante consi-

derar que a população de plantas deve ser definida não somente pelo número de plantas por unidade de superfície, mas também, pela distribuição dessas plantas no campo (padrões de arrançamento ou retangularidade vegetal).

Segundo HOLLIDAY (1960), existem essencialmente, dois tipos de interações entre a população e o rendimento, quando se incrementa a densidade: uma assintótica, quando, incrementando a densidade, o rendimento atinge um valor máximo e fica relativamente constante nas altas densidades; uma outra parabólica, onde o rendimento atinge um valor máximo, porém posteriormente desce com as altas densidades. Para o autor, o crescimento assintótico é característico da produção vegetativa, onde a produção constante por planta é maior sob densidades altas que naquelas baixas, no entanto, as formas reprodutivas de produção como grãos e sementes respondem a uma relação parabólica.

WILLEY & HEATH (1969) consideram que algumas formas de produção vegetativa podem ter uma relação parabólica, como no caso de raízes de beterraba, ou quando a produção está constituída por plantas ou partes de plantas que caem dentro de certos limites de tamanho, após serem submetidas a algum tipo de classificação. No entanto, os autores enfatizam que o "rendimento classificado" não pode ser considerado como uma forma biológica da produtividade.

2.2.1. Influência da densidade de população sobre o rendimento e qualidade de diversas culturas hortícolas

Segundo MINAMI (1980), a pressão de competição se inicia a partir de um número de plantas por área, sofrendo as plantas as consequências, manifestando-as sob diferentes formas. Em geral, a primeira manifestação evidente é a redução no tamanho na medida que a densidade aumenta, porém, em alguns casos, no início da competição a planta pode aumentar de tamanho para depois ir se reduzindo. Neste caso, a planta primeiramente responde por epinastia devido ao autossombreamento mútuo, tanto é que, em termos de matéria seca, há sempre redução no peso da planta à medida que a população aumenta. Para o autor, outro efeito observado nas plantas sob competição é a redução no tamanho ou número de órgãos, sendo que, a planta tende a reduzir o tamanho dos órgãos, sem reduzir o número deles, ou reduz o número sem reduzir o tamanho. Em casos mais severos ou em plantas mais sensíveis, na competição, há tanto redução no número quanto no tamanho de seus órgãos.

Para Rogers (1977), citado por COLAFRANCESCHI (1987), a densidade de população modifica as formas das curvas de distribuição por tamanho, com uma tendência ao afastamento da curva de distribuição normal, maior nas altas densidades do que nas baixas, o que aumenta com o tempo

transcorrido a partir da semeadura.

Saturnino et alii (1981), citado por VILLAMIL (1986), acharam que houve interação significativa entre densidade de plantio e o peso médio dos bulbos de alho. Os autores verificaram que no espaçamento 25 x 10 cm, produziram-se o maior peso médio dos bulbos. MENEZES SOBRINHO et alii (1974) concluem que há uma relação inversa entre espaçamentos e produção, e direta entre espaçamento e o peso médio dos bulbos.

Souza et alii (1978), citados por VILLAMIL (1986), verificaram que o uso de espaçamentos menores entre fileiras e entre plantas, propiciou uma maior produtividade com redução do peso médio de bulbos de cebola, o que muitas vezes pode ser um fato desejável, dependendo das exigências do mercado. Concluíram que os espaçamentos maiores apresentaram bulbos comercializáveis de peso médio superior. Resultados semelhantes foram obtidos por RIERACKER & MOROSOLI (1983) e MAESO & VILLAMIL (1981).

MACK (1979) estudou diferentes espaçamentos entre sulcos de beterraba, achando que na medida que diminuía o espaçamento de 60 até 15 cm, incrementava-se o número de raízes de tamanho 25 mm e entre 25-51 mm, exigidas pelas indústrias processadoras de plantas nos Estados Unidos, porém os rendimentos das raízes maiores e os rendimentos totais reduziram-se na medida que o espaçamento foi menor.

MINAMI & DEMETRIO (1978) concluíram que o espaçamento entre linhas e entre plantas não afetam a produtividade de raízes comercializáveis de cenoura, no entanto, a produção daquelas não comercializáveis aumenta com o aumento da densidade de população. WARNE (1953) determinou uma redução na produtividade total de raízes de cenoura quando houve redução na população. A máxima produtividade de raízes de maior tamanho (maiores de 1 1/8 polegadas de diâmetro) foi atingida no intervalo entre 236000-270000 até 649000 - 714000 plantas por acre. Com densidades maiores houve uma queda na produção total de raízes graúdas.

Na avaliação do efeito da densidade de população na produtividade de rabanete, LUCCHESI et alii (1976) concluíram que:

1) quanto maior o espaçamento entre plantas, maior era o desenvolvimento da planta, porém, a produção biológica por área diminui com o aumento do espaçamento;

2) para o rabanete, o melhor espaçamento para a produção de raízes comerciais, está ao redor de 15 cm entre linhas e 8 cm entre plantas;

3) a produção de raízes comerciais aumenta com a diminuição da densidade, até um ponto a partir do qual a produção diminui, devido à diminuição excessiva de plantas por área;

4) a relação raiz/parte aérea aumenta com a diminuição da densidade, evidenciando a redução na competição entre plantas.

Koyama & Kira, citados por COLAFRANCESCHI (1987), demonstraram que trabalhando com altas densidades, a distribuição inicial normal nos pesos das plantas de rabanete mudou rapidamente para uma distribuição assimétrica com alta porcentagem de plantas nas categorias de menor tamanho.

Aos 21 dias de semeadura, a distribuição dos pesos era quase normal para os espaçamentos avaliados (5,7 e 2 cm). Já após os 47 dias, a distribuição apresentou pouca variação para o espaçamento de 5,7 cm, porém, no espaçamento menor (2 cm), houve uma concentração da produção dos tamanhos menores.

Em tomate, MINAMI (1980), citando diferentes autores, estabelece que o peso do fruto diminui com o aumento da competição, há redução no tamanho da planta, no número de frutos por planta e na porcentagem de frutos rachados.

Duranti & Lanza (1978), citados por VILLAMIL (1987), estudaram o efeito de 4 espaçamentos entre fileiras e 4 na fila para avaliar a performance de uma colhedeira mecânica em feijão-vagem. Verificaram que com a maior densidade, indiferente do arranjo das plantas, incrementava-se o rendimento; o número de vagens por planta e o peso médio de

cada vagem diminuia, não afetando a qualidade.

Avaliando a influência da densidade de população sobre a produção de cultivares de feijão-vagem de porte baixo, VILLAMIL (1987) observou que a produção de vagens por planta diminui com o aumento da população, porém, o rendimento por área aumenta com a elevação da densidade. A redução na produção por planta em altas densidades deve-se ao menor número de vagens por planta, o que poderia ser explicado pelo maior sombreamento entre as plantas como consequência da maior competição.

Para CAMPOS (1983) de um modo geral, em Brássicas, o espaçamento afeta a produção por alterar o peso médio da parte comerciável. Quanto maior o espaçamento, maior o tamanho da cabeça, porém, menor a produção total.

Estudando a relação entre sistemas de plantio e densidade de população de couve-flor e repolho, MINAMI (1980) concluiu que o efeito de competição entre as plantas é maior na cultura de repolho. Em densidades elevadas muitas plantas de repolho não formaram cabeça, no entanto, a couve-flor sempre formou cabeça em qualquer densidade, mas em altas, as mesmas foram pequenas. Para o autor, a redução da cabeça e do tamanho da planta foi devido muito mais ao sombreamento mútuo entre as plantas do que devido à redução no número de folhas.

MINAMI & VICTORIA FILHO (1980) obtiveram resultados semelhantes em repolho, onde, na medida que aumentou o número de plantas nas maiores densidades, não ocorreu aumento de produção, já que houve redução no tamanho das cabeças e maior porcentagem de plantas que não as formaram.

AKRATANAKUL et alii (1979) estudando o efeito da densidade de população na formação de cabeças axilares em repolho, observaram que o aumento no espaçamento incrementou a incidência de cabeças axilares, devido possivelmente, ao aumento da luz nos maiores espaçamentos, o que provocou uma maior tendência a ramificar.

CSIZINSZKY & SCHUSTER (1985) avaliaram o comportamento do repolho Market Price sob duas distâncias de plantação na fileira, determinando que a produção comercial foi maior com o espaçamento de 28 cm em relação àquele de 38 cm, mas o tamanho das cabeças foi maior com 38 do que com 23 cm.

KNAVEL & HERRON (1981) acharam que, independente do método de cultivo (cultivo mínimo, cultivo convencional), espaçamentos amplos, 92 cm entre fileiras e 46 cm entre plantas, produziram cabeças maiores e mais pesadas que aqueles espaçamentos mais estreitos; 46 cm entre fileiras e 46 cm entre plantas. Resultados semelhantes foram obtidos por WHITE & FORBES (1976), que determinaram que o tamanho médio das cabeças de repolho incrementou-se com os maiores

espaçamentos entre fileiras e no sulco, e geralmente quando incrementava-se o nível de nitrogênio por unidade de superfície.

WANDERLEY & MAFRA (1964) estudando o efeito do espaçamento sobre a produção e o peso médio das cabeças de couve-flor, variedade de verão Piracicaba Precoce, concluíram que considerando a produção e o peso médio das cabeças, o espaçamento de 100 cm entre filas e 40 cm entre as plantas na mesma fila, foi o que apresentou melhor produção, sem ter afetado o peso médio das cabeças.

Para Salter (1961), citado por MINAMI (1980), a produção de couve-flor quase não é afetada com o aumento da densidade, mas há redução no tamanho da cabeça.

Na avaliação do efeito da densidade de população na iniciação, crescimento e maturação de botões de dois cultivares de couve-flor, SALTER & JAMES (1975) acharam que diferentes cultivares podem sofrer efeitos diferentes quando submetidos a mudanças na densidade de população. Aparentemente, de acordo com os autores, cultivares que apresentam uma alta produtividade de pequenos botões com espaçamentos menores, nem sempre vão dar os maiores rendimentos de botões graúdos nos espaçamentos maiores.

KRATKY et alii (1982), avaliando o efeito de diferentes espaçamentos em couve-chinesa (28 cm, 33 cm, 38

cm e 43 cm), observaram que o peso das cabeças incrementou-se com as menores densidades. Os pesos das cabeças foram 76-79% maiores com o espaçamento de 43 cm em relação àquele de 28 cm, sendo que a incidência de doenças provocadas por fungos e bactérias foi maior nas maiores densidades, devido à redução na circulação de ar.

Segundo Haynes & Sayre (1956), citados por VILLAMIL (1986), a produção máxima de milho em cultura exclusiva ocorreu em espaçamentos mais fechados dentro da linha do que na entrelinha. Quando o espaçamento dentro da linha foi diminuído, houve um aumento da competição inter-planta, modificando o perímetro de extensão radicular de circular para oblongo, ou seja, as plantas sujeitas a severa competição dentro da linha produziram raízes que se estenderam mais do que as plantas que não se encontravam em competição com plantas vizinhas.

2.2.2. Influência da densidade de população sobre o rendimento e qualidade de brócolo

De acordo com FILGUEIRA (1982) e SONNENBERG (1980), o espaçamento adotado para brócolo varia em torno de 100 cm entre filas e 50 cm entre plantas, quando plantado em fileiras simples.

CAMPOS (1983) considera que para bróco-

los ou variedades tardias de couve-flor, é necessário plantar com distâncias de 60-70 cm entre plantas em razão do tamanho que a planta pode atingir. Para GARRISON (1988) a distância de plantio para brócolo é de 90 cm entre fileiras e 30-45 cm entre plantas. Densidades semelhantes são consideradas por DUFAULT e WATERS (1985a).

Segundo SONNENBERG (1980), quando a cultura é feita em fileiras duplas recomenda-se 50 cm x 50 cm nas fileiras duplas e 120 cm de uma fileira dupla à outra. De acordo com o autor, a redução no espaçamento aumenta a produção de inflorescências principais, mas diminui o peso médio, diminui a produção de inflorescências laterais, assim como dificulta o controle de doenças e pragas e a execução dos outros tratos culturais.

Nesse sentido, Neuburg, citado por ZINK & AKANA (1951), em experimentos realizados durante três anos, com brócolo ramoso, concluíram que o tamanho das cabeças centrais, e o rendimento de brotações laterais diminuiu quando o espaçamento das plantas, em linhas simples a 42 cm de distância, foi reduzido em intervalos de 15 cm, desde 90 cm até 45 cm. Por outro lado, o maior número de plantas no menor espaçamento, incrementou a produção comercial total por acre.

ZINK & AKANA (1951) acharam que em plantas

de brócolo plantadas com espaçamentos de 10-15 cm, houve uma tendência das plantas mais vigorosas de sombrear aquelas mais fracas, produzindo muitas cabeças de baixa qualidade. O diâmetro dos caules e das cabeças aumentou quando o espaçamento foi aumentado de 10 cm para 30 cm. Os autores observaram também uma maior incidência de coração oco nos caules, na medida que aumentou o espaçamento entre plantas, sendo que os caules maiores foram os que apresentaram com maior intensidade este sintoma.

MASSEY et alii (1962) estudaram durante 5 anos, entre outros fatores, o efeito da densidade de população na produtividade e qualidade de brócolo. Eles concluíram que espaçamentos de 30 cm entre plantas e 90 cm entre fileiras, aumentaram significativamente o rendimento das inflorescências centrais e laterais, em relação à distância de 45 cm entre plantas. Não foram encontradas diferenças na composição química das plantas nas duas densidades analisadas.

Na avaliação do efeito da densidade de plantio e da distribuição das plantas no cultivar 'Spartan Early', PALEVITCH (1970) achou que os maiores rendimentos totais e comerciais foram obtidos com uma única colheita para uma densidade de 10-11 plantas/m² e com uma distribuição equidistante, em relação àquela com o mesmo número de plantas, porém com uma distribuição retangular.

CUTCLIFFE (1971) verificou que a redução no peso médio das cabeças de brócolo, quando foi elevada a densidade, foi diretamente proporcional à redução na área disponível para as plantas individuais, dentro da faixa de 58230 até 131490 plantas/ha.

Nas densidades mais baixas, a porcentagem de botões comerciais, em uma única colheita, não foi influenciado pelo espaçamento, quando a densidade incrementou-se até 131490 plantas/ha, a porcentagem de tamanho comercial foi fortemente reduzido. A densidade também afetou a maturação dos botões, acontecendo uma redução na sobrematuração de 16% nas densidades mais baixas para 9% nas mais altas.

Krause (1969), citado por CUTCLIFFE (1971), observou um atraso na maturação dos botões, quando foi incrementada a densidade de população.

THOMPSON & TAYLOR (1976) concluíram que as inflorescências primárias foram colhidas mais precocemente com altas densidades, especialmente o 5% inicial. No caso das inflorescências secundárias aconteceu o contrário, já que houve um atraso na maturação quando a densidade foi aumentada.

Em relação à produtividade, os autores observaram que a porcentagem de plantas que contribuíram no rendimento total, foi reduzido quando a população foi incre-

mentada, chegando no caso de 97 plantas/m², a produzir inflorescências com valor comercial, somente em 57% das plantas. Não foram encontradas diferenças significativas na produção de inflorescências primárias entre densidades de 3,5 e 19 plantas/m², mas evidenciou-se uma redução no rendimento com densidades maiores. A produtividade de inflorescências secundárias se elevou, com o aumento inicial da densidade, no entanto atingiu um patamar para densidade entre 19 e 97 plantas/m². O número de inflorescências secundárias por planta foi reduzido com o incremento da população.

CUTCLIFFE (1975a) demonstrou que os diferentes cultivares apresentam um comportamento diferente com relação à densidade. O rendimento em botões florais do cultivar Green Duke não mudou significativamente entre 3,8 e 20 plantas/m², porém, a produtividade em botões do cultivar Harvester cresceu 50% quando a densidade passou de 3,8 para 25 plantas/m².

CUTCLIFFE (1975b), na avaliação da incidência de coração oco em diferentes cultivares e espaçamentos, observou que a incidência do problema fisiológico variou consideravelmente entre os cultivares avaliados, mas as análises estatísticas evidenciaram somente um efeito significativo do espaçamento na porcentagem de coração oco para todos os cultivares.

Segundo CHUNG (1982), aumentando a densidade de população de 2,1 até 98 plantas/m², houve uma redução no diâmetro das cabeças e dos botões, no cultivar Futura, de 60%. A maior redução no tamanho dos botões aconteceu na faixa entre 2,1 e 24,5 plantas/m². Resultados semelhantes foram obtidos com os cultivares GEM e GSI onde o diâmetro da cabeça caiu aproximadamente 50%, e o tamanho dos botões 60%, assim que a densidade incrementou-se de 2,8 até 50 plantas/m². O autor estabelece também que a curva de produtividade em relação à densidade, é de tipo assintótico, já com uma densidade relativamente baixa (20 plantas/m²), e, portanto, rendimentos semelhantes poderiam ser obtidos em uma ampla faixa de densidades de população.

SALTER et alii (1984) trabalhando com brócolo tipo americano, com retangularidades de 1:1 e 6:1, e com densidades de 20 até 100 plantas/m², observaram que os máximos rendimentos eram obtidos sempre nas parcelas com retangularidades 1:1.

A relação entre a produtividade e a densidade foi geralmente assintótica, correspondendo os rendimentos maiores para as densidades superiores a 20 plantas/m², porém, houve uma redução no tamanho das inflorescências com o aumento da população. Em relação à maturação, os resultados obtidos foram semelhantes àqueles de THOMPSON & TAYLOR (1976), já que com alta densidade, as flores principais a-

madurecem alguns dias antes, quando comparadas com aquelas desenvolvidas sob baixa densidade, embora o efeito não tenha sido sempre estatisticamente significativo.

Na avaliação de brócolo tipo americano, sob 5 densidades de população, 2,8, 8,2, 16,3, 24,5 e 49 plantas por m^2 , e com duas retangularidades, 1:1 e 2:1, CHUNG (1985a) observou que a relação entre a matéria seca total, no momento da maturidade, e a densidade populacional foi ajustada segundo uma função assintótica, acontecendo o mesmo com a produtividade total e a densidade de população. O autor encontrou uma correlação linear positiva entre o total de matéria seca e a produtividade de inflorescências comerciais. No entanto, não foram observados efeitos significativos da densidade de plantas na maturação das inflorescências. Incrementos na densidade de população, determinaram uma redução no peso médio das inflorescências, 253,6 gramas para 2,8 plantas/ m^2 e 33,9 gramas para 49 plantas/ m^2 , e no diâmetro da cabeça; 121,5 mm para 2,8 plantas/ m^2 e 61,6 mm para 49 plantas/ m^2 .

PASCHOLD (1986) achou que elevando a densidade de população da cultivar Premium Crop de 40000 até 125000 plantas/ha, aumentou a produtividade total de 64 para 113 t/ha, porém, provocou uma redução no tamanho da cabeça.

GORSKI & ARMTRONG (1985) trabalhando com distâncias na linha de 20 cm, 30 cm e 40 cm, observaram que os menores espaçamentos, portanto, as maiores densidades, incrementaram o rendimento por hectare, mas reduziram o tamanho das cabeças e a incidência de caules ocos.

LANCASTER et alii (1985) avaliaram diferentes sistemas de plantação: a) linhas simples e 15 cm entre plantas; b) linhas simples e 30 cm entre plantas; c) linhas duplas, 15 cm entre plantas e 30 cm entre filas; d) linhas duplas e 30 cm entre plantas e fileiras. Os rendimentos obtidos foram respectivamente 9967 lb/acre; 10400 lb/acre e 11067 lb/acre, com um tamanho médio de cabeça de 0,52; 0,76; 0,37 e 0,53 lb respectivamente.

CHUNG (1985b), estudando o efeito da densidade de população na colheita sequencial de brócolo, com densidades de 2,8, 8,3 e 16,7 plantas/m², obteve uma produtividade de 16, 23 e 16 t/ha, para cada densidade de plantas, com uma contribuição dos botões laterais de 37%, 25% e 12% do rendimento total. O peso dos botões principais foi 5 a 10 vezes maior que aquele das brotações laterais, sendo o peso médio das cabeças principais para cada densidade 190,5 gr.; 214,5 gr. e 70.9 gr. respectivamente. Com base nos resultados obtidos o autor concluiu que, com a baixa densidade (2,8 plantas/m²), 85-95% do rendimento total pode ser obtido através de 3 colheitas, sendo que a

produtividade pode ser incrementada aumentando a densidade até 8 plantas/m², sem provocar mudanças importantes na qualidade nem nos tratos culturais.

Com relação ao efeito do tamanho dos vasos e a densidade de população de plantas de brócolo na produção de mudas, DUFAULT & WATERS (1985a), trabalhando com populações de 540 e 2500 plantas/m², observaram que o número de folhas/planta e a área foliar, para plantas com 4 semanas, geralmente aumentou com o aumento do tamanho do vaso, e com a redução na densidade de população.

ARJONA & GREIG (1984), avaliando o efeito da densidade de população e da adubação com nitrogênio, concluíram que o rendimento total por área, o número de inflorescências centrais maiores a 5 cm de diâmetro, o peso das inflorescências centrais por planta, assim como o número e peso das inflorescências laterais, incrementaram-se quando os níveis de adubação com N aumentaram de 0 até 112 kg/ha. Por outro lado, a produtividade total incrementou-se linearmente quando a distância entre plantas foi reduzida de 46 cm para 22 cm, independente do nível da adubação com N, sendo que o tamanho das inflorescências centrais e o número das laterais diminuíram quando a distância entre plantas foi menor.

DUFAULT & WATERS (1985b) observaram que, na medida que a população de brócolo passou de 24000 para

72000 plantas/ha, com níveis de N de 112, 168 e 224 kg/ha, o tamanho das cabeças diminuiu linearmente. Aumentando o nível de N de 56 para 224 kg/ha, independentemente da população, incrementou linearmente o tamanho das cabeças e a produção comercial. A produtividade atingida foi máxima com 72000 plantas/ha e 224 kg N/ha.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental do Departamento de Horticultura, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba, São Paulo.

O solo é um latossolo vermelho-escuro, série Luiz de Queiroz, cuja análise química, feita no laboratório do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da ESALQ, é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química da amostra do solo da área do experimento

pH CaCl_2	5,50 - acidez média
M.O%	4,28 - alto
P resina mg/cm^3	223,40 - muito alto
K meq/100 cm^3	1,32 - alto
Ca^{2+} meq/100 cm^3	7,92 - alto
Mg^{2+} meq/100 cm^3	3,57 - médio
$\text{H}^+ + \text{Al}_3$ meq/100 cm^3	2,50
S meq/100 cm^3	12,81
T meq/100 cm^3	15,31
V% meq/100 cm^3	84,00 - alto

O clima da região, de acordo com a classifi-

cação de Kopen, é Cwa-Tropical úmido, com inverno seco, e temperatura do mês mais quente superior a $22,5^{\circ}\text{C}$.

Os dados agrometeorológicos do local do experimento, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Dados agrometeorológicos no local do experimento, fornecidos pelo Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ, 1987

	Pluv. (em mm)	Duração de insolação (hora/dia)	T _{máx.} °C	T _{min.} média °C	T _{média} média °C	Umidade rel. %
Julho	10,65	8,2	27,4	11,6	19,5	69,0
Agosto	5,9	8,2	26,7	9,8	18,3	62,0
Setembro	72,9	6,0	26,4	13,1	19,6	65,2
Outubro	67,0	6,8	29,3	16,7	23,0	67,0

O cultivar utilizado no presente experimento foi o Ramoso Santana, que apresenta as seguintes características: a planta produz uma cabeça central um pouco maior, formada pela reunião de pedúnculos carnosos, com botões graúdos e de granulação grossa. Nas axilas das folhas desenvolvem-se numerosas inflorescências laterais bem menores. A colheita inicia-se cerca de 55 dias após o transplante, havendo sucessivas colheitas, variando o intervalo entre uma colheita e outra em 7 a 10 dias (FILGUEIRA, 1982;

SONNENBERG, 1980; MURAYAMA, 1973 e CAMARGO, 1984).

Para a obtenção das mudas, foi feita uma semeadura em canteiros no dia 25/05/1987, em sulcos transversais distanciados de 10 cm, sendo as sementes cobertas com a terra da própria sementeira. Procederam-se irrigações diárias no leito da sementeira até as plantas atingirem o estágio de transplante.

As mudas foram transplantadas aos 44 dias (08/07), quando estavam no estágio de 4-5 folhas verdadeiras. Logo após o transplante, foi feita uma irrigação por aspersão visando favorecer o pegamento das mudas. Esta operação repetiu-se cada 4-5 dias durante o ciclo da cultura, sempre que foi considerado necessário. No dia 13/07, foi feito o replantio das mudas que não pegaram e daquelas mudas com desenvolvimento reduzido, visando a uniformização do "stand" inicial das plantas. Aos vinte dias do transplante fez-se achegamento da terra às plantas.

Aos 30 e 60 dias do transplante foram feitas adubações em cobertura com 40 e 30 kg de nitrogênio por ha, respectivamente, sendo a fonte de N utilizada sulfato de amônia.

Os tratamentos fitossanitários limitaram-se à aplicação de Malatol* 2 cc/1 litro de água, para controle de afídeos, já que as condições climáticas sob as quais

* Princípio ativo.

desenvolveu-se o experimento não induziram o aparecimento de doenças. O controle das plantas daninhas foi realizado manualmente, sempre que necessário.

O delineamento experimental utilizado foi o sistemático, proposto por NELDER (1962) e modificado por MINAMI (1977). O esquema do delineamento utilizado é apresentado na Figura 1. Foram utilizados 4 grupos de círculos (repetições), com quatro circunferências cada um deles, correspondentes as diferentes densidades de população avaliadas. A posição das plantas corresponde a intersecção entre o diâmetro e as sucessivas circunferências. O espaçamento entre-fileiras, ou seja, entre as respectivas circunferências, foi constante (1 m), variando o espaçamento entre plantas nas circunferências (36 cm, 51 cm, 68 cm e 83 cm respectivamente).

Cada círculo foi dividido em oito quadrantes, os que corresponderam as sucessivas datas de amostragem para a análise de crescimento. Cada uma das parcelas esteve constituída de 4 plantas, deixando em cada amostragem uma fileira de plantas para controle do efeito de bordadura. As densidades de população avaliadas neste experimento foram:

- a) 27.777 plantas/ha (36 cm x 100 cm)
- b) 19.607 plantas/ha (51 cm x 100 cm)

- A - espaçamento entre plantas
- B - espaçamento entre linhas
- C - posição da planta avaliada
- D - posição da planta para controle de bordadura

Figura 1. Esquema do delineamento sistemático de NELDER (1962) modificado por MINAMI (1977), utilizado no experimento.

c) 14.705 plantas/ha (68 cm x 100 cm)

d) 12.048 plantas/ha (83 cm x 100 cm)

As densidades utilizadas neste experimento foram baseadas nas recomendações feitas por FILGUEIRA (1982), SONNENBERG (1980) e CAMARGO (1984), os quais consideraram como espaçamento ótimo para o cultivar Ramoso Santana 100 cm entre fileiras e 50 cm entre plantas. No experimento trabalhou-se com densidades abaixo e acima dessas recomendações, visando estudar o comportamento produtivo das plantas.

O delineamento foi em blocos casualizados com quatro repetições. Para a realização da análise quantitativa de crescimento as amostragens de plantas com exceção da primeira para a segunda, foram feitas com intervalos de 14 dias, nas seguintes datas: 23/07, 05/08, 19/08, 02/09, 16/09, 30/09, 14/10 e 28/10. Para a avaliação da produção de botões florais, as amostragens começaram no dia 02/09, porém, com uma periodicidade maior, sendo feitas quando apresentavam-se botões florais prontos para a comercialização. Na avaliação de produtividade, os dados obtidos nessas colheitas foram concentrados e considerados junto com aqueles das datas de amostragem, estabelecidas inicialmente para a análise de crescimento. Em cada uma das amostragens foi considerado somente um dos oito quadrantes. Na colheita dos botões florais, além daqueles

pertencentes ao quadrante a ser avaliado, eram colhidos e eliminados os botões dos outros quadrantes, visando deixar, todas as plantas sob as mesmas condições de produtividade, evitando assim a duplicação dos resultados.

As variáveis analisadas foram as seguintes:

a) pesos de matéria fresca e seca da parte aérea em gramas, considerando os diferentes órgãos da planta (folhas, caule e botões florais). A determinação do peso da matéria fresca feita com uma balança marca MARCH, com uma precisão de 0,1 gramas. Com base nos dados de peso fresco dos botões florais, foi calculada a produtividade total por hectare, para flores totais, principais e secundárias. Foi calculado também a produtividade em número de flores totais, principais e secundárias por hectare e por planta, assim como o respectivo tamanho. O peso da matéria seca foi determinado utilizando-se uma estufa Fanem de circulação de ar quente a 72°C de temperatura.

b) determinação de número de folhas e a respectiva área foliar em dm^2 . A estimativa de área foliar foi feita segundo BLACKMAN & WILSON (1951a) e RAO (1978), utilizando-se o método da área foliar conhecida de uma amostra do limbo foliar. A amostra e o resto do limbo foram colocados em estufa de 72°C até peso constante, e, com dados de peso de matéria seca obtidos em balança de precisão de 0,001 g, de área co

nhecida e do restante das folhas das quais foram retiradas as amostras, obteve-se um fator para o cálculo da área foliar total de cada planta.

c) altura em cm das plantas: foi determinada pela medida do caule principal, desde o nível do solo até a gema apical, de acordo com DUFAULT & WATERS (1985a).

Com as determinações da área foliar total e do peso da matéria seca total da planta de brócolo, procedeu-se as determinações de variação da área foliar e peso da matéria seca em cada período de 14 dias, e dos parâmetros da análise de crescimento, segundo as recomendações de BLACKMAN & WILSON (1951b); MAGALHÃES (1985); LUCCHESI & MINAMI (1980); SAKAMOTO (1984); LUCCHESI (1984) e HUNT s/d.

Estas variáveis são:

1) Índice de área foliar (IAF). O mesmo foi calculado pela equação: $IAF = AF/S$, onde:

AF = área foliar da planta em dm^2

S = área do solo disponível à planta em dm^2

O Índice de área foliar avalia a capacidade ou a velocidade com que as partes aéreas do vegetal (área foliar) ocupam a área de solo ou de água, disponível aquele vegetal.

2) Relação ou razão de área foliar (RAF); obteve-se pela equação: $RAF = AF/PS$, em dm^2/g , onde:

AF = área foliar da planta em dm^2

PS = peso da matéria seca total da planta em gramas

Este parâmetro avalia o desenvolvimento da área foliar relacionada com o desenvolvimento da planta toda.

3) Taxa de crescimento relativo (TCR), calculado pela equação: $TCR = (LP_2 - LP_1)/(t_2 - t_1)$, em g/dia , onde:

L = logaritmo neperiano

P_2 = peso da matéria seca total da planta na segunda amostragem, em gramas

P_1 = peso da matéria seca total da planta na primeira amostragem, em gramas

t_1 e t_2 = dias da posterior e anterior amostragem, respectivamente.

A taxa de crescimento relativo, avalia o relativo crescimento da planta, em termos de matéria seca formada por unidade de tempo, em função ao peso inicial.

4) Taxa de produção de matéria seca (TPMS), calculada pela equação: $TPMS = [(P_2 - P_1)/S]/(t_2 - t_1)$, em $g/m^2/dia$, onde:

P_2 = peso da matéria seca total da planta,
colhida na segunda amostragem, em
gramas

P_1 = peso da matéria seca total da planta,
colhida na primeira amostragem, em
gramas

S = área do solo disponível à planta em
 m^2

t_2 e t_1 = dias da posterior e anterior a-
mostragem, respectivamente.

A TPMS avalia o incremento de matéria seca, por unidade de área do solo, por unidade de tempo, entre duas amostragens. Para LUCCHESI (1984), é a produtividade primária líquida propriamente dita.

5) Eficiência de conversão de energia solar (EC), ou eficiência fotossintética, determinada através da equação: $EC = ((TPMS \times QE)/(RS \times 0,45)) \times 100$, em porcentagem, onde:

TPMS = taxa de produção de matéria seca,
em $g/m^2/dia$

QE = quantidade de energia contida em um grama de matéria seca. Seria o calor de combustão de um grama de matéria seca, que varia de 3,5 a 4,8 kcal. As espécies lenhosas atingem em média 4,7 e as herbáceas 4 kcal por grama (LIETH, 1968). Neste expe-

rimento tem sido utilizado o valor 3,7 kcal por grama , de acordo com Bernard (1950), citado por LUCCHESI (1984).

RS = radiação solar incidente em kcal/m²/dia. Esses dados foram fornecidos pelo Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ.

0,45 = fração da radiação total, que pode ser aproveitada para a realização da fotossíntese.

A EC avalia a produção de matéria orgânica em unidades de energia, considerando-se que a radiação solar é transformada em biomassa.

6) Duração da área foliar (DAF), determinada através da equação: $DAF = 1/2(L_1 + L_2)(t_2 - t_1)$, em dias e dm².dia, onde:

L_1 = Índice da área foliar no momento t_1

L_2 = Índice da área foliar no momento t_2

e

L_1 = área foliar em dm² no momento t_1

L_2 = área foliar em dm² no momento t_2

t_1 e t_2 = dias da posterior e anterior amostragem, respectivamente.

Este parâmetro avalia o tempo durante o qual a planta mantém ativa sua superfície foliar, podendo ser considerada de acordo com HUNT (s/d), como a capacidade total de assimila-

ção da cultura durante um período determinado.

7) Taxa de assimilação líquida (TAL), determinada através da equação:

$$TAL = (P_2 - P_1 / A_2 - A_1) \cdot (L A_2 - L A_1 / t_2 - t_1), \quad \text{em} \\ \text{g/dm}^2/\text{dia}, \text{ onde:}$$

P_2 = peso da matéria seca total do vegetal colhido na segunda amostragem

P_1 = peso da matéria seca total do vegetal colhido na primeira amostragem

L = logaritmo neperiano

A_2 = área foliar do vegetal no tempo t_2

A_1 = área foliar do vegetal no tempo t_1

t_2 e t_1 = dias da segunda e primeira amostragens, respectivamente (número de dias decorridos entre as duas amostragens)

A TAL demonstra as alterações na quantidade de material orgânico formado com a energia luminosa recebida, em peso de matéria seca por unidade de área foliar, por unidade de tempo.

As variáveis: taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de produção de matéria seca, eficiência de conversão de energia e taxa de assimilação líquida, foram a-

validadas estatisticamente para o período 23/07-16/09, onde foi atingido o valor máximo de área foliar para todos os tratamentos.

A análise estatística foi feita através de esquema fatorial utilizando-se o delineamento em blocos ao acaso, segundo CAMPOS (1984) e GOMES (1985). Os dados expressos em porcentagem e em número foram transformados em $Y = \arcsen \sqrt{x/100}$ e $Y = \sqrt{x + k}$ respectivamente, para maior aproximação da distribuição normal, e obter maior sensibilidade das variações entre os tratamentos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Produção

4.1.1. Produção de botões florais

Os dados referentes a esta variável encontram-se na Tabela 3 e a evolução da variável na Figura 2. Através da análise estatística dos dados de produtividade, observam-se diferenças significativas para os fatores datas e tratamentos, não sendo significativa a interação datas x tratamentos.

Considerando o fator tratamentos, a redução no espaçamento na linha provocou um aumento no rendimento total, elevando a produtividade por hectare, na medida que a densidade passou de 12.048 para 27.777 plantas/ha. As maiores diferenças foram observadas entre o tratamento T_4 e os tratamentos T_2 e T_1 , ou seja, aqueles com as menores densidades. Estes resultados coincidem com aqueles reportados por ZINK & AKANA (1951), MASSEY (1962), CUTCLIFFE (1975), CHUNG (1982), ARJONA & GREIG (1984) e SALTER et alii (1984).

CHUNG (1982) e SALTER et alii (1984) concluem

Tabela 3. Efeito da densidade de população sobre a produtividade de brócolo, em kg/ha

Tratamento	Plantas/ha	Período avaliado					Média	Produtividade
		2/9	16/9	30/9	14/10	28/10		
T ₁	12048		3727.42	4675.07 $\leq$	4057.76	2726.53	3037.36 b	15186.80
T ₂	14705	525.33 $\checkmark$	3953.02	4360.95	4867.25 $\checkmark$	2393.05	3219.92 b	16099.60
T ₃	19607	827.16	5431.01 $\checkmark$	4218.80	4602.86	2882.22 $\checkmark$	3593.62 ab	17968.10
T ₄	27777	357.97	6637.83	5784.55	6203.94	4528.68	4702.40 a	23512.00
	Média	427.62 c	4937.32 a	4759.84 a	4934.45 a	3132.62 b		

CV = 38,14%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Figura 2. Regressão polinomial da variação do peso da matéria fresca (kg/ha) para os níveis do fator datas

$$Y = -4119.113 + 5799.576X - 876.481X^2$$

que a produtividade de brócolo em relação à densidade é de tipo assintótico, para densidades acima de 20 plantas/m². Neste experimento, onde a máxima densidade avaliada foi 2,7 plantas/m², embora estatisticamente não foram encontradas diferenças entre as duas densidades maiores, 19607 plantas/ha (tratamento padrão recomendado por FILGUEIRA (1982) e SONNENBERG (1980)) e 27777 plantas/ha, houve uma tendência de aumentar a produção com a maior densidade. Isto estaria demonstrando que a densidade avaliada esteve abaixo daquela crítica, que determinaria uma resposta assintótica na produção do cultivar Ramoso Santana.

Por outro lado, exclusivamente na base da análise estatística, considerando que não foram encontradas diferenças significativas entre as duas densidades maiores, poder-se-ia pensar que a densidade de 19607 plantas/ha é a melhor, já que a densidade de 27777 plantas/ha, teria um custo adicional de mudas e colheita, considerando também que os dois tratamentos não apresentaram diferenças em tamanho (Tabela 6) nem precocidade.

Avaliando o efeito datas de colheita para as diferentes densidades, observa-se que a máxima produtividade está concentrada no período 16/9 - 14/10 (70-98 dias após transplante).

Os valores menores de produção foram obtidos nas avaliações dos dias 2/9 e 28/10, primeira e última amos-

tragem respectivamente, sendo significativas as diferenças com as outras amostragens. A data 2/9 (56 dias após transplante), embora com baixa produção, indica o efeito da densidade de população na precocidade. Nessa data, somente o tratamento T₁, aquele com a menor densidade, não tinha começado a produção, o que estaria evidenciado uma maior precocidade dos tratamentos com maior número de plantas/ha.

Estes resultados coincidem com aqueles obtidos por THOMPSON & TAYLOR (1976) e SALTER et alii (1984). Eles acharam que as inflorescências primárias foram colhidas mais precocemente com altas densidades, especialmente, a 5% inicial. No entanto, diferem daqueles obtidos por ZINK & AKANA (1951), CUTCLIFFE (1971) e CUTCLIFFE (1975), que observaram um atraso na maturidade com o aumento da densidade de população.

Embora exista um aumento no número de botões por planta à medida que a planta envelhece (Tabela 4), a produção por hectare não aumenta. Isto se deve à redução no tamanho individual das flores na medida que avança a idade da planta, sendo que na última amostragem, 28/10 (112 dias após transplante), o tamanho é tão pequeno, que a colheita talvez não seja economicamente rentável.

Feita a análise de regressão para o fator datas, a mesma ajustou-se a uma regressão do tipo quadrático,

com $Y = -4119.113 + 5799.576 \times 876.481 \times 2$, com um coeficiente de determinação de 90,06%, sendo o F altamente significativo (Figura 2).

4.1.2. Número de flores por planta

Os dados referentes a esta variável encontram-se na Tabela 4 e a evolução da variável na Figura 3.

Feita a análise estatística dos dados de número de flores/planta não foram encontradas diferenças significativas entre as densidades avaliadas, não sendo também significativa a interação datas x tratamentos. Houve diferenças significativas somente para o fator datas (amostras).

O fato de não ter encontrado diferenças significativas no número de flores/planta para os diferentes tratamentos, leva a considerar que o efeito competição não foi tão intenso, como para provocar uma redução importante no número de flores/planta.

De acordo com MINAMI (1980), a planta sob competição tende a diminuir o tamanho dos órgãos, sem reduzir o número deles, ou reduz o número sem reduzir o tamanho, sendo que em casos mais severos, há tanto redução no número quanto no tamanho.

Tabéla 4. Efeito da densidade de população sobre o número de flores/planta

Trata- mento	Plantas /ha	Período avaliado					Médias	Flores/planta
		2/9	16/9	30/9	14/10	28/10		
T ₁	12048		7.56	11.43	19.83	22.18	12.22 a	61.1
T ₂	14705	0.94	6.75	11.25	23.93	16.56	11.88 a	59.4
T ₃	19607	1.43	7.87	8.37	18.18	15.18	10.21 a	51.5
T ₄	27777	0.38	5.75	8.62	13.56	18.43	9.35 a	46.75
	Média	0.68 d	6.98 c	9.91 b	18.90 a	18.08 a		

CV = 14,2%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Dados analisados como $\sqrt{x + 1.5}$

Figura 3. Regressão polinomial da variável número de flores por planta para os níveis do fator datas

$$Y = -7.1875 + 8.17567X - .5837054X^2$$

Dados analisados como $\sqrt{x+1.5}$

Embora estatisticamente não significativa, existe uma tendência evidente de reduzir o número de flores/planta na medida que a densidade aumenta. Para a maior densidade (T_4), o número de flores/planta foi 46,7, no entanto, para a menor densidade (T_1), esse valor foi 61,1.

A redução no número de brotações axilares nas maiores densidades se deve provavelmente ao autossombreamento ou ao sombreamento provocado pelas plantas vizinhas.

ARJONA & GREIG (1984) acharam em brócolo diferenças na concentração de clorofila entre plantas cultivadas e 22 cm e aquelas a 30 cm, devido provavelmente ao efeito de sombreamento no espaçamento menor.

Em repolho, AKRATANAKUL et alii (1977) observaram que espaçamentos maiores aumentaram a brotação axilar, devido à maior penetração de luz. Essa relação de brotação lateral e central, estaria dada pela relação citocininas/auxinas, já que, quando a concentração de cinetinas é baixa em relação as auxinas, existe uma forte dominância apical. Isto foi demonstrado para brócolo por Fontes & Ozbun (1966), citados por AKRATANAKUL (1977), quando aplicando citocininas em gemas laterais, induziram o crescimento de botões axilares.

Os valores obtidos neste experimento em número de flores/planta, estão abaixo daqueles reportados por

FILGUEIRA (1982), de 84 brotos em média por planta, para culturas comerciais. Esta diferença pode-se dever ao fato do autor ter considerado provavelmente um período de colheita mais prolongado. Com relação as datas, o máximo número de flores/planta, foi atingido nas duas últimas amostragens; 14/10 e 28/10 para todos os tratamentos, o que foi provocado pelo aumento na quantidade de brotações laterais na medida que eram realizadas as sucessivas colheitas. O valor mínimo médio, correspondeu à primeira colheita (2/9), com 0,68 flores/planta, no entanto, o máximo correspondeu a data 14/10 com 18.90 flores/planta.

Feita a regressão polinomial para o fator datas, a mesma ajustou-se a uma regressão do tipo quadrático onde $Y = -7.1875 + 8.17567x - 0.5837054x^2$ com um coeficiente de determinação de 97,07%, sendo o F altamente significativo (Figura 3).

4.1.3. Número de flores por hectare

Os dados referentes a esta variável encontram-se na Tabela 5 e a evolução da variável na Figura 4.

A análise estatística dos dados apresentou diferenças significativas para os fatores datas e tratamentos, assim como foi significativa a interação datas x tratamentos.

Tabela 5 . Efeito da densidade de população sobre o número total de flores/ha

Trata- mento	Período avaliado					Médias	Total/ha
	2/9	16/9	30/9	14/10	28/10		
T ₁		91113	a 137799	a 240207	b 267315	b 147286	c 736434
T ₂	13785.75 a	99258	a 165431	a 352000.5 ab	243551.25 b	174805.3 b	874026.5
T ₃	28184.75 a	154404.75 a	165037.5 a	356601.75 ab	297781	b 200401.95 ab	1002009.75
T ₄	12152.25 a	159717.5 a	239576.5 a	376725.25 a	512138	a 260061.9 a	1300309.5
Média	13530.58	c 126124.06	b 176961	b 331383.62 a	330196.31 a		

CV = 18,96%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Dados analisados como $\sqrt{x + 1.5}$

T₁ = 12048 plantas/ha; T₂ = 14705 plantas/ha; T₃ = 19607 plantas/ha; T₄ = 27777 plantas/ha.

Figura 4.. Regressão polinomial da variável total de flores por hectare para os níveis de datas

$$Y = -203.104 + 324.0057X - 34.06274X^2$$

Dados analisados como $\sqrt{x+1.5}$

Com relação aos tratamentos, a maior produtividade em número de flores/hectare, correspondeu aos tratamentos T_3 e T_4 , ou seja, aqueles com as maiores densidades, embora não existam diferenças significativas entre os tratamentos T_2 e T_3 .

De acordo com DUFAULT & WATERS (1985), as altas densidades reduzem o número e o tamanho individual das cabeças de brócolo, no entanto, o maior número de cabeças por unidade de superfície, aumenta a produtividade por hectare.

Considerando que, na medida que aumentou a densidade de população, não foram encontradas diferenças significativas no número de flores/planta (Tabela 4), nem no tamanho médio das flores individuais (Tabela 6), a diferença de produtividade total entre os tratamentos (Tabela 3), deve se principalmente à diferença no número total de flores produzidas por hectare.

Para o fator datas, a tendência dos resultados é semelhante àquela observada para número de flores/planta, já que o maior número de flores produzidas por hectare, ocorre nas últimas amostragens; 14/10 e 28/10 (98 e 112 dias após transplante), existindo um aumento constante desde a primeira amostragem (2/9) até as duas últimas.

Feita a regressão polinomial para o fator da-

tas, a mesma ajustou-se a uma regressão de tipo quadrático, $Y = -203.104 + 324.0057 x -34.0627 x^2$, com um coeficiente de determinação de 97,37%, com um F altamente significativo.

Estudando a interação datas x tratamentos, observa-se que a maior produtividade dos tratamentos T3 e T4, acontece nas datas 14/10 e 28/10, já que nas primeiras três amostragens, 2/9, 16/9 e 30/9, não foram encontradas diferenças significativas entre as diferentes densidades avaliadas.

4.1.4. Tamanho médio dos botões florais

Os dados referentes a esta variável encontram-se na Tabela 6 e a evolução da variável na Figura 5.

Na base da análise estatística dos dados de tamanho de flores observam-se diferenças significativas para o fator datas, sendo também significativa a interação datas x tratamentos. Não houve diferenças significativas para o fator tratamentos.

Com relação a interação datas por tratamentos foram encontradas diferenças significativas somente na primeira data de colheita (2/9), onde houve diferenças entre os tratamentos T4, T3 e T2 com o tratamento T1, que ainda não tinha come-

Tabela 6 . Efeito da densidade de população sobre o tamanho dos botões florais (considerando flores principais e secundárias), em gramas

Tratamento	Plantas /ha	Período avaliado				
		2/9	16/9	30/9	14/10	28/10 Médias
T ₁	12048		40.24 a	33.43 a	16.75 a	10.38 a 20.16 a
T ₂	14705	32.03 a	41.48 a	27.07 a	14.17 a	10.26 a 25.00 a
T ₃	19607	24.37 a	34.93 a	26.00 a	13.03 a	9.58 a 21.58 a
T ₄	27777	18.19 a	41.94 a	26.19 a	16.44 a	9.28 a 22.40 a
	Médias	18.64 bc	39.65 a	28.17 b	15.09 c	9.87 c

CV = 43,45%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Figura 5. Regressão polinomial da variável tamanho médio dos botões florais para os níveis do fa-
tor datas

$$Y = 7.893004 + 18.95677X - 3.860982X^2$$

çado a produzir.

PALEVITCH (1970) observou redução no tamanho das cabeças de brócolo, com o aumento da densidade de população, especialmente quando esse aumento da densidade é atingido através da diminuição do espaçamento na fila. Resultados semelhantes foram obtidos por Bradley & Smittle (1965), Mack & Bagget (1963) citados por PALEVITCH (1970). CUTCLIFFE (1971) observou que a redução no tamanho dos botões florais era diretamente proporcional à diminuição da área disponível para as plantas individuais quando a população ultrapassou as 131490 plantas/ha.

No experimento, embora tenha-se modificado a distância das plantas na fila, o que seria o fator mais importante para alterar o tamanho individual das flores, as densidades avaliadas foram aparentemente muito baixas para causar uma diminuição acentuada no tamanho delas. Isto não necessariamente significa, que as densidades avaliadas foram inconvenientes, já que as considerações em relação à densidade devem ser diferentes quando o objetivo de produção é o mercado fresco com colheita periódica, como acontece com o cultivar Ramoso Santana, em relação aos cultivares para industrialização, e com colheita única, que são a base da maioria dos trabalhos de pesquisa encontrados na literatura.

Em relação ao fator datas, houve diferenças

significativas, concentrando-se em geral, os maiores tamanhos de flores nas amostragens dos dias 16/9 e 30/9 (70 e 84 dias após transplante).

Existe uma relação inversa entre o tamanho médio das flores e o número de flores/planta (Tabela 4), sendo que quando maior o número de flores/planta, o que acontece principalmente nas amostragens dos dias 14/10 e 28/10, menor o tamanho delas. Provavelmente esse aumento cause um efeito importante de competição intraplanta, que provocaria a redução no tamanho individual dos botões florais.

Isto leva a pensar se as colheitas que são realizadas no final do ciclo, e que são muito trabalhosas, considerando o número e o tamanho médio dos botões florais, sejam economicamente convenientes, já que a média de tamanho caiu de aproximadamente 40 g no dia 16/9 para 9 g no dia 28/10. Os tamanhos menores obtidos na colheita do dia 2/9, devem-se ao fato que nessa data somente foram colhidas flores primárias, muitas das quais ainda não tinham alcançado o total desenvolvimento.

Quando ajustada a regressão polinomial para o fator datas, no dia 2/9 - 28/10, a mesma respondeu a uma regressão de tipo quadrático, $Y = 7.893004 + 18.95677x$

$-3.860982 x^2$, com um coeficiente de determinação de 69,52%, sendo o F significativo.

4.1.5. Produção de flores primárias

Os dados referentes a esta variável encontram-se nas Tabelas 7 e 8.

Na avaliação desta variável, foi feita análise estatística somente para número e produção total de flores primárias/ha. Através dos dados apresentados na Tabela 7, observa-se que houve produção de flores primárias somente nas três primeiras amostragens; 2/9, 16/9 e 30/9 (56 até 84 dias após transplante).

Para o tratamento T3, a produção de flores principais concentrou-se nas duas primeiras colheitas, e devido ao baixo peso médio das mesmas, principalmente na amostragem do dia 2/9, teve uma baixa produtividade total de flores principais.

O tratamento T1, aquele de menor densidade de população, apresentou-se como o menos precoce, já que não teve produção de flores principais na primeira amostragem. A máxima produtividade, seja em número quanto em kg/ha, para todos os tratamentos, aconteceu no dia 16/9, 70 dias após o transplante das mudas.

Segundo SONNENBERG (1980), a redução no espaçamento em brócolo aumenta a produção de flores principais, mas diminui o peso médio delas.

Tabela 7. Efeito da densidade de população sobre a produtividade de flores principais

Tratamento	Plantas/ha	2/9		16/9		30/9	
		Flores principais (ha)	Peso médio flor principal (g)	Produção/ha (kg)	Flores principais (ha)	Peso médio flor principal (g)	Produção/ha (kg)
T ₁	12048						
T ₂	14705	5514	73.46	405.11	9789	175.82	1721.12
T ₃	19607	6128	82.18	503.65	6433	155.59	1000.95
T ₄	27777	3472	80.75	280.36	13479	178.19	2401.85
					19096	169.38	3234.59
					2259	287.12	648.63
					2758	208.57	575.05
					5209	185.2	964.53

Tabela 8. Efeito da densidade de população sobre a produtividade de flores principais

Trata- mento	Plantas/ha	Total flores prin cípais (ha)(1)	Peso médio ponderado flor principal (g)	Produção total flores principais (kg/ha)	% da produção total
T ₁	12048	12048 b	196.68	2369.75 ab	15.60
T ₂	14705	14705 b	134.73	1981.11 b	12.30
T ₃	19607	19607 ab	148.18	2905.50 ab	16.17
T ₄	27777	27777 a	161.26	4479.48 a	19.05
CV = 56,12%				CV = 54,63%	

(1) dados analisados como $\sqrt{x + 1.5}$

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Os resultados obtidos coincidem com a observação de SONNENBERG (1980), já que na medida que aumentou a densidade de população, houve um aumento significativo no número de flores principais por hectare, porém, houve uma redução no tamanho médio das mesmas, embora essa redução não tenha acompanhado linearmente o incremento da densidade, como pode-se observar nos valores de médias ponderadas.

Com relação ao peso médio dos botões principais, a maior diferença ocorre com o tratamento T1 (menor densidade de população), que atinge no dia 30/9 um valor médio de 287,12 g e uma média ponderada de 196,68 g.

No tratamento T4 (maior densidade), o maior número de plantas/área não provocou uma redução importante no tamanho médio das flores principais, nem no tamanho médio. Isto indicaria a possibilidade de aumentar a densidade de população nas culturas comerciais, sem alterar as características comerciais dos botões florais, podendo ser limitante no custo de produção.

O peso mínimo, com exceção do tratamento T1, que ainda não tinha iniciado a produção, foi alcançado na primeira amostragem, 2/9 (56 dias após transplante), no entanto, o peso máximo correspondeu ao dia 30/9 (84 dias após o transplante), onde não houve produção do tratamento T3.

4.2. Crescimento e Desenvolvimento da Planta de Brócolo

4.2.1. Área foliar (AF)

Os dados referentes a esta variável encontram-se na Tabela 9 e a evolução da variável na Figura 6.

Na avaliação estatística da área foliar não foram encontradas diferenças significativas entre tratamentos, nem efeito significativo para a interação datas x tratamentos, no entanto, houve diferenças significativas dentro do fator datas (amostragens).

Considerando o fator datas, o máximo desenvolvimento da área foliar foi atingido pelos diferentes tratamentos no dia 16/9 (70 dias após o transplante), permanecendo estável, sem apresentar diferenças significativas até o dia 14/10 (98 dias após o transplante), existindo posteriormente uma redução da mesma.

A área foliar aumentou a partir da primeira data de avaliação, 23/7 (14 dias após o transplante), com valor médio de 1,44 dm², até atingir 89,66 dm², no dia 16/9. Posteriormente, houve uma estabilidade, nas datas 30/9 e 14/10, com 72,96 dm² e 78,74 dm² respectivamente, caindo para 44,88 dm² na última amostragem (28/10).

A redução da área foliar que acontece no final do ciclo, deve-se principalmente à senescência e, por-

Tabela 9. Efeito da densidade de população sobre a evolução da área foliar, em dm²

Trata- mento	Período avaliado								
	23/7	5/8	19/8	2/9	16/9	30/9	14/10	28/10	Média
T ₁	1.43	5.97	27.35	75.35	100.78	72.97	89.67	41.45	51,87 a
T ₂	1.32	6.22	32.28	62.86	81.52	81.09	82.89	45.62	49.32 a
T ₃	1.75	5.84	27.63	52.73	87.22	70.30	76.42	46.95	46.10 a
T ₄	1.26	5.21	25.85	60.74	89.12	67.49	65.98	45.53	45.22 a
Média	1.44 e	5.96 e	28.28 d	62.92 bc	89.66 a	72.96 ab	78.74 ab	44.88 ed	

CV = 41,63%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

T₁ = 12048 plantas/ha; T₂ = 14705 plantas/ha; T₃ = 19607 plantas/ha; T₄ = 27777 plantas/ha.

Figura 6. Regressão polinomial da variável AF em dm^2 para os níveis do fator datas

$$Y = -55.07029 + 45.1342X - 3.917853X^2$$

tanto, a diminuição do número de folhas fotossinteticamente ativas.

Comparando a Tabela área foliar, com aquela de número de folhas/planta (Tabela 15) as duas coincidem na última amostragem (28/10), já que a tendência nas duas tabelas é semelhante, existindo uma redução nos valores obtidos, porém, o número de folhas nesse momento é significativamente maior que no dia 16/9. Isto indica que, ainda sendo o número de folhas muito alto, a área foliar delas é pequena, havendo entrado as folhas mais velhas e com a maior área foliar, na fase de senescência, o que provoca um efeito de compensação área/tamanho, que manteve a área foliar da planta estável durante o período 16/9 - 14/10.

Feita a regressão polinomial para o fator das, a mesma ajustou-se a uma regressão de tipo quadrático, $Y = -55.07029 + 45.13424 x - 3.917853 x^2$, com um coeficiente de determinação de 84,00% sendo o F altamente significativo.

BRANDES et alii (1973a), em feijoeiro e ALVIM & ALVIM (1969), em milho e feijoeiro, observaram que a área foliar variou inversamente com a densidade de população. De acordo com MINAMI (1977), a redução da área foliar acontece devido ao sombreamento e a diminuição do número de folhas por planta quando aumenta a densidade de plantio, no entanto, WALLACE & MUNGER (1966), assim como BRANDES et alii

(1973a), dão maior crédito a hipótese do sombreamento.

No presente experimento, não foram encontradas diferenças significativas no crescimento da área foliar das plantas individuais submetidas a diferentes densidades, embora houvesse uma tendência de diminuir, quando a densidade foi incrementada. Isto estaria indicando, novamente, que a máxima densidade avaliada (27777 plantas/ha) não seria ainda crítica para provocar uma redução significativa na área foliar das plantas individuais.

Pode ter acontecido também, que como a distância entre filas foi mantida em 1 m para as 4 densidades avaliadas, esta retangularidade permitiu, ainda com um menor espaçamento na fila, um normal desenvolvimento da parte aérea, fato comprovado, como será discutido, em outros parâmetros de crescimento analisados.

Pode-se estabelecer então, que foi maior a influência da idade da planta sobre a área foliar, do que o próprio efeito da densidade de população utilizada no experimento.

4.2.2. Índice de área foliar (IAF)

Os dados referentes a esta variável encontram-se na Tabela 10 e a evolução da variável na Figura 7.

Tabela 10. Efeito da densidade de população sobre a evolução do índice de área foliar (IAF)

Tratamento	Período avaliado							
	23/7	5/8	19/8	2/9	16/9	30/9	14/10	28/10
T ₁	0.0172	0.0719	0.3296	0.9077	1.2141	0.8791	1.0803	0.4993
T ₂	0.0194	0.0914	0.4747	0.9244	1.1988	1.2035	1.2188	0.6708
T ₃	0.0343	0.1139	0.5418	1.0339	1.7102	1.3769	1.4983	0.9205
T ₄	0.0350	0.1612	0.7179	1.6872	2.4754	1.8747	1.8326	1.2647
Média	0.0265 f	0.1096 ef	0.5160 de	1.1383 bc	1.6496 a	1.3335 ab	1.4075 ab	0.8388 cd

CV = 43,51%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

T₁ = 12048; T₂ = 14705; T₃ = 19607; T₄ = 27777

Figura 7. Regressão polinomial da variável IAF, para os níveis do fator datas

$$Y = -.9973006 + .818489X - 7.091703E-02X^2$$

Para o IAF, foram encontradas diferenças significativas para os fatores datas e tratamentos, não sendo significativa a interação datas x tratamentos.

O IAF representa a expansão da área foliar em relação a área de plantio, indicando a capacidade ou a velocidade com que as partes aéreas do vegetal (área foliar), ocupam a área do solo, ou de água disponível àquele vegetal. Em relação, ao fator datas, o máximo IAF foi alcançado pelos diferentes tratamentos no período 16/9 - 14/10 (70 - 98 dias após o transplante), o que coincide com os resultados observados para a variável Área Foliar (Tabela 9).

Após terem atingido esse valor máximo, existe uma diminuição no valor do IAF, na data 28/10, devido provavelmente ao processo de senescência, principalmente das folhas inferiores.

Já nas avaliações dos dias 30/9 e 14/10 se percebe uma tendência a diminuir o IAF, porém, não existem diferenças significativas com a amostragem do dia 16/09.

O comportamento das médias dos tratamentos em relação as datas de amostragem foi analisado por regressão polinomial, ajustando-se a uma regressão de tipo quadrático, $Y = -0.9973006 + 0.818489 x - 7.091704 x^2$, com um coeficiente de determinação de 85,00%, sendo o F altamente significativo.

Para EDDOWES (1969), o aumento no IAF com o incremento da densidade de população é geral para todas as culturas. Quando analisado o fator tratamentos, observaram-se diferenças significativas entre densidades, em relação ao IAF.

O IAF aumentou em forma linear com a densidade, sendo que os valores mais altos foram alcançados no tratamento T4. Isto indica, uma maior capacidade deste tratamento em ocupar a área de solo disponível, considerando que o IAF é uma função da área foliar e da densidade de população, ao passo que a área foliar, onde não foram encontradas diferenças entre tratamentos, se refere ao indivíduo.

Resultados semelhantes foram obtidos por EDDOWES (1969) em milho, BRANDES et alii (1973a) e GARDNER et alii (1979) em feijoeiro, MINAMI (1977) em berinjela e VILLAMIL (1987) em feijão vagem.

4.2.3. Razão de Área Foliar (RAF)

Os dados referentes a esta variável encontram-se na Tabela 11 e a evolução da variável na Figura 8.

Na avaliação do RAF não foram encontradas diferenças significativas entre tratamentos, no entanto, hou-

Tabela 11. Efeito da densidade de população sobre a relação de área foliar (RAF), em dm²/g

Trata mento	Plantas /ha	Período avaliado								
		23/7	5/8	19/8	2/9	16/9	30/9	14/10	28/10	Média
T ₁	12048	1.3031	1.2734	0.6863	0.7281	0.5165	0.3151	0.3483	0.2041	0.6719 a
T ₂	14705	1.2245	1.1630	0.8544	0.6674	0.4795	0.3544	0.3067	0.2420	0.6615 a
T ₃	19607	1.2540	1.0519	0.8599	0.6130	0.4811	0.3457	0.3457	0.2526	0.6505 a
T ₄	27777	1.1862	1.1910	0.8687	0.7337	0.5043	0.3507	0.3373	0.2198	0.6742 a
	Média	1.2419 a	1.1698 a	0.8173 b	0.6855 bc	0.4953 bcd	0.3415 cd	0.3350 d	0.2296 d	

CV = 47.52%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Figura 8. Regressão polinomial da variável RAF - dm^2/g para os níveis do fator datas

$$Y = 1.57097 - .2832223X + 1.443475E-02X^2$$

ve diferenças significativas para o fator datas. Não houve efeito significativo para a interação datas x tratamentos.

A RAF avalia o desenvolvimento da área foliar, relacionado com aquele da planta toda, em termos da matéria seca produzida. Neste experimento, a RAF foi calculado com base no peso da matéria seca da parte aérea, devido à dificuldade de avaliar aquele do sistema radicular, em condições de campo.

No período avaliado, 23/7 - 28/10, verificou-se uma redução constante do RAF para todas as densidades. Resultados semelhantes foram encontrados por BRANDES et alii (1973a) em feijoeiro, e SAKAMOTO (1984) em repolho.

Segundo BRANDES et alii (1973a), esse decréscimo contínuo do RAF com a idade da planta, deve-se ao aumento da biomassa não fotossintetizante, e posteriormente, no final do ciclo, à queda de folhas.

Feita regressão polinomial para o fator datas, a mesma ajustou-se a uma regressão de tipo quadrático, $Y = 1.57097 - 0.2832x + 0.01443475x^2$ com um coeficiente de determinação de 97%, sendo o valor de F altamente significativo.

4.2.4. Duração da área foliar (DAF)

Os dados referentes a esta variável encon-

Tabela 12. Efeito da densidade de população sobre a duração da área foliar (DAF) calculada na base da AF, em dm²dias

Tra- ta- mento	Plantas /ha	Período avaliado								Média	Total
		23/7-5/8	5/8-19/8	19/8-2/9	2/9-16/9	16/9-30/9	30/9-14/10	14/10-28/10			
T ₁	12048	48.11	233.27	718.90	1232.88	1216.21	1138.41	917.80	786.51 a	5505.58	
T ₂	14705	40.39	269.53	666.02	1010.67	1143.51	1147.83	899.51	739.63 a	5177.46	
T ₃	19607	49.17	234.12	562.52	919.66	1102.65	1027.01	863.54	688.38 a	4818.67	
T ₄	27777	45.94	221.56	606.10	1049.02	1096.28	934.27	780.55	676.24 a	4733.72	
Média	45.90 d	239.62 d	638.39 c	1068.06 ab	1139.66 a	1061.88 ab	865.35 bc				

CV = 31,94%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

tram-se nas Tabelas 12 e 13 e a evolução da variável nas Figuras 9 e 10.

A DAF avalia o tempo durante o qual a planta mantém ativa sua superfície foliar, podendo ser considerada como a capacidade total de assimilação da cultura durante um período determinado.

Watson (1947), citado por HUNT (s/d), sugeriu que a integral (área interna) do IAF em determinado período de tempo, poderia ser denominado como Duração de Área Foliar, desde que este valor considera tanto a magnitude de área foliar, quanto a sua persistência no tempo. Segundo HUNT (s/d), se o DAF for medida utilizando-se o IAF, como a unidade de área é o produto de duas dimensões, desde que o IAF não tem unidades, as unidades de DAF, são iguais àsquelas unidades de tempo utilizadas (neste experimento dias).

Quando o cálculo do DAF é feito utilizando-se o IAF, o resultado representa o equivalente da folhagem em área, ao solo coberto pela cultura durante determinado período de tempo.

Quando calculado com base na área foliar (AF), durante o período de cultura, isto resulta em uma outra DAF, com unidades de área x tempo (no presente experimento dm^2 dias). Neste caso, a DAF é expresso em termos de duração de área foliar por planta, e não por unidade de superfície co-

Tabela 13. Efeito da densidade de população sobre a duração da área foliar (DAF), calculado na base do IAF, em dias

Trata Plantas		Período avaliado									Total
mento	/ha	23/7-5/8	5/8-19/8	19/8-2/9	2/9-16/9	16/9-30/9	30/9-14/10	14/10-28/10	Média		
T ₁	12048	0.5796	2.8110	8.6618	14.8534	14.6527	13.7158	11.0575	9.4760	c	66.3318
T ₂	14705	0.7208	3.9634	9.7940	14.8625	16.8161	16.8566	13.2279	10.9059	bc	76.3413
T ₃	19607	0.9637	4.5899	11.0299	19.2090	21.6102	20.1269	16.9319	13.4945	b	94.4615
T ₄	27777	1.2757	6.1544	16.8362	29.1389	30.4512	25.9514	21.6814	18.7842	a	131.4892
	Média	0.8849 d	4.3796 d	11.5792 c	19.5159 ab	20.8825 a	19.1876 ab	15.4276 bc			

CV = 32,74%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Figura 9. Regressão polinomial da variável DAF, dm².dia, na base de AF nos níveis do fator datas

$$Y = -656.4806 + 645.3961X - 60.1203X^2$$

Figura 10. Regressão polinomial da variável DAF, dias, na base de IAF, nos níveis do fator datas

$$Y = -11.95511 + 11.78035X - 1.100056X^2$$

mo quando é calculada na base do IAF.

Na avaliação da DAF, através da AF (Tabela 12), não foram encontradas diferenças significativas entre tratamentos, embora houve uma tendência evidente de diminuição da DAF, na medida que aumentou a densidade de população. Esta tendência é semelhante àquela encontrada quando avaliado o efeito da densidade sobre a evolução da área foliar (Tabela 9). Também não foi determinado efeito significativo na interação datas x tratamentos, no entanto, houve diferenças significativas para o fator datas (intervalos de avaliação).

A DAF máxima correspondeu, para todos os tratamentos, ao intervalo 16/9 - 30/9 (70-84 dias após o transplante), embora não tenha apresentado diferenças significativas com aqueles de 2/9 - 16/9 e 30/9 - 14/10.

Feita regressão polinomial para o fator datas, a mesma ajustou-se a uma regressão de tipo quadrático, $Y = -656.4806 + 645.3961 x -60.1203 x^2$, com um coeficiente de determinação de 94,11%, sendo o F altamente significativo (Figura 9).

Portanto, em base ao que HUNT (s/d) considerou como capacidade total de assimilação da cultura em um determinado período de tempo, não houve diferenças entre tratamentos quando a DAF foi avaliado utilizando-se a área fo-

liar.

Por outro lado, quando essa capacidade de assimilação, é analisada utilizando-se o IAF, surgem as mesmas diferenças entre tratamentos, que foram observadas na evolução do próprio IAF (Tabela 10).

Neste caso, foram encontradas diferenças significativas para os fatores datas e tratamentos, no entanto, não houve efeito significativo na interação datas x tratamentos.

Considerando as diferentes densidades avaliadas, na medida que as mesmas aumentam, a DAF também aumenta, apresentando, portanto, aqueles tratamentos com maior número de plantas por unidade de superfície, uma maior capacidade de assimilação. Isto estaria justificando, como aconteceu com o IAF, as diferenças encontradas na produtividade total, com as maiores densidades. Para o fator datas, a tendência foi semelhante à avaliação da DAF realizada com base na AF.

Feita a regressão polinomial para o fator datas, a mesma ajustou-se a uma regressão de tipo quadrático, $Y = -11.95511 + 11.78035 x - 1.100056 x^2$, com um coeficiente de determinação de 93,86%, sendo o F altamente significativo (Figura 10).

4.2.5. Altura da planta

Os dados referentes a esta variável encontram-se na Tabela 14 e a evolução da variável na Figura 11.

Na avaliação estatística dos dados de altura da planta, não foram encontradas diferenças significativas para o fator tratamentos, nem efeito significativo para a interação datas x tratamentos, somente houve diferenças significativas para o fator datas.

A altura máxima das plantas para todos os tratamentos foi atingida na amostragem do dia 30/9 (84 dias após o transplante), permanecendo essa altura estabilizada até o final do ciclo. Existem, nesse período, pequenas oscilações, estatisticamente não significativas, devidas muito provavelmente, à própria amostragem.

Feita análise de regressão para o fator datas, a mesma ajustou-se a uma regressão de tipo quadrático, $Y = -2.047434 + 11.92556 x - 0.7966148 x^2$, com um coeficiente de determinação de 96,99%, sendo o F altamente significativo.

Com relação ao fator tratamentos, VILLAMIL (1987) observou um aumento na altura das plantas de feijão vagem, na medida que incrementou-se a densidade da população, o que seria explicado através da elongação dos caules pela maior competição. Resultados semelhantes são

Tabela 14. Efeito da densidade de população sobre a altura da planta, em cm

Tratamento	Período avaliado								
	23/7	5/8	19/8	2/9	16/9	30/9	14/10	28/10	Média
T ₁	11.40	15.57	24.2	34.35	40.4	42.6	41.05	39.47	31.13 a
T ₂	11.47	17.15	24.8	33.25	39.87	42.67	40.6	41.2	31.37 a
T ₃	11.80	16.20	23.05	33.02	39.07	41.97	43.42	40.82	31.17 a
T ₄	11.92	17.67	20.65	31.32	40.55	44.10	42.40	43.62 ab	31.53 a
Média	11.65 f	16.65 e	23.17 d	32.98 c	39.97 b	42.83 a	41.86 ab	41.28 ab	

CV = 8,37%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

T₁ = 12048 plantas/ha; T₂ = 14075 plantas/ha; T₃ = 19607 plantas/ha; T₄ = 27777 plantas/ha

Figura 11. Regressão polinomial da variável altura da planta, cm, para os níveis do fator datas

$$Y = -2.047434 + 11.92556X - .7966148X^2$$

reportados por HOGDSON & BLACKMAN (1956) em fava italiana, JOHNSON & HARRIS (1967) em soja e TOMPKINS & HORTON (1973) em feijão vagem, citados por VILLAMIL (1987).

No presente experimento, não foram determinadas diferenças entre tratamentos, o que indicaria que a intensidade de competição, induzida pelas maiores densidades, não provocou uma maior elongação dos caules, permitindo um desenvolvimento em altura semelhante para todos os tratamentos.

4.2.6. Número de folhas por planta

Os dados referentes a esta variável encontram-se na Tabela 15 e a evolução da variável na Figura 12.

Feita a análise estatística para a variável folhas totais, não foram encontradas diferenças significativas para o fator tratamentos, nem foi significativo para a interação datas x tratamentos. Houve diferenças significativas quando analisado o fator datas.

Existe um aumento no número de folhas desde a primeira amostragem, 23/7 (14 dias após o transplante), até a penúltima amostragem, 14/10 (98 dias após o transplante). O aumento no número de folhas, não acompanha a evolução da área foliar, que como se apresenta na Tabela 9, fica esta-

Tabela 15. Efeito da densidade de população sobre o número de folha/planta

Tratamento	Período avaliado								
	23/7	5/8	19/8	2/9	16/9	30/9	14/10	28/10	Média
T ₁	4.25	7.31	11.11	30.82	58.9	50.87	73.7	66.82	37.99 a
T ₂	4.43	7.43	16.02	34.22	46.8	48.47	91.02	59.42	38.47 a
T ₃	4.56	7.31	15.6	24.32	51.9	46.55	90.10	58.20	37.31 a
T ₄	4.0	7.37	14.04	23.55	48.05	45.37	59.12	78.45	34.99 a
Média	4.31 f	7.35 f	14.19 e	28.25 bc	51.41 bc	47.8 bc	78.48 a	65.72 ab	

CV = 15,40%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Dados analisados como $\sqrt{x}$

T₁ = 12048 plantas/ha; T₂ = 14705 plantas/ha; T₃ = 19607 plantas/ha; T₄ = 27777 plantas/ha

Figura 12. Regressão polinomial da variável folhas/planta para os níveis do fator datas

$$Y = 9.537081E-02 + 1.595026X - 6.697311E-02X^2$$

Dados analisados como $\sqrt{x}$

bilizada, mas com tendência a diminuir a partir do dia 16/ /9 (70 dias após o transplante).

Acontece que, junto com o desenvolvimento das flores secundárias, principalmente na amostragem do dia 14/ /10 (Tabela 4), desenvolve-se um número importante de folhas novas, de pequeno tamanho, que não provocam um aumento importante na área foliar. Por outro lado, ocorre a perda das folhas mais velhas, que embora em número muito baixo, tem uma área foliar muito grande.

Nesta avaliação foram consideradas somente aquelas folhas fotossinteticamente ativas, eliminando, aquelas que estavam penduradas nas plantas, em avançado estado de senescência.

De acordo com MINAMI (1980) e Knott (1951), citado por MINAMI (1980), a redução no tamanho do repolho se deve à redução na área foliar, resultante do menor desenvolvimento das folhas, principalmente do número delas, ocasionado pela competição, a medida que aumenta a densidade de população.

No experimento, não houve uma redução significativa no número de folhas/planta, para as diferentes densidades avaliadas. Isto significa, que ainda no tratamento com a maior densidade (27777 plantas/ha), o efeito de competição não foi tão acentuado, como para provocar uma redu-

ção no número de folhas, o que coincide com os resultados obtidos com outras variáveis de crescimento estudadas. A própria idade da planta, portanto, e não a densidade de população, teve maior incidência na evolução do número de folhas/planta, para as diferentes densidades.

Feita a análise de regressão para o fator das datas, a mesma ajustou-se a uma regressão de tipo quadrático, $Y = 0.09537081 + 1.595026x - 0.06697311x^2$ com um coeficiente de determinação de 95,05%, sendo o F altamente significativo (Figura 12).

4.2.7. Taxa de crescimento relativo (TCR)

Os dados referentes a esta variável encontram-se nas Tabelas 16 e 21 e a evolução da variável na Figura 13.

De acordo com Briggs et alii (1920), citados por LUCCHESI (1984), a taxa de crescimento relativo de um vegetal evidencia perfeitamente o seu crescimento, que é dependente do material que está sendo acumulado, e relaciona a quantidade de matéria orgânica formada em relação ao peso inicial.

Na avaliação estatística dos dados, não houve diferenças significativas para os tratamentos, nem houve

Tabela 16. Efeito da densidade de população sobre a taxa de crescimento relativo (TCR), em g/dia

Tratamento	Plantas /ha	Período avaliado			
		23/7-5/8	5/8-19/8	19/8-2/9	2/9-16/9
T ₁	12048	0.1159	0.1227	0.0855	0.0468
T ₂	14705	0.1271	0.1284	0.0676	0.0428
T ₃	19607	0.1051	0.1215	0.0690	0.0539
T ₄	27777	0.1239	0.1085	0.0743	0.0632
	Média	0.1180 a	0.1203 a	0.0741 b	0.0517 b

CV = 40,62%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 17. Efeito da densidade de população sobre a taxa de crescimento relativo (TCR) em g/dia

Tratamento	Planta /ha	Período analisado						
		23/7-5/8	5/8-19/8	19/8-2/9	2/9-16/9	16/9-30/9	30/9-14/10	14/10-28/10
T ₁	12048	0.1159	0.1227	0.0855	0.0468	0.0130	0.0096	-0.0208
T ₂	14705	0.1271	0.1284	0.0676	0.0428	0.0214	0.0082	-0.0206
T ₃	19607	0.1051	0.1215	0.0690	0.0539	0.0094	0.0051	-0.0112
T ₄	27777	0.1239	0.1085	0.0743	0.0632	0.0063	0.0014	0.0048

Figura 13. Regressão polinomial da variável TCR, g/dia, para os níveis do fator datas

$$Y = .1523594 - 2.452313E-02X$$

significância para a interação datas x tratamentos, existindo diferenças significativas para o fator datas (intervalos de amostragem).

Para o período avaliado, 23/7 até 16/9, a tendência apresentada é de redução da TCR, na medida que a cultura se desenvolve, existindo um pequeno incremento na segunda amostragem, 5/8 - 19/8, porém, estatisticamente não significativo. Quando feita regressão polinomial para o fator datas, a mesma ajustou-se a uma regressão de tipo linear, $Y = 0.1523594 - 0.02452313x$ com um coeficiente de determinação de 87,92%, sendo o F altamente significativo (Figura 13).

Embora avaliado estatisticamente, somente o período 23/7 - 16/9, quando considerada a totalidade do ciclo da cultura, no período 23/7 - 28/10, a tendência da TCR é a mesma, com uma redução constante até o final do período analisado (Tabela 17).

Para LUCCHESI (1984) e SAKAMOTO (1984), a redução da TCR na medida que a planta cresce é provocada pelo autossombreamento das folhas.

MARTINS et alii (1985) observaram em tomateiro uma alta correlação negativa entre a TCR e o IAF, ou seja, na medida que a planta se desenvolve, a TCR diminui. No experimento, feita a correlação entre a média dos IAF, dos

diferentes tratamentos e a média de TCR, no período 23/7 - 16/9 (14 - 70 dias após o transplante), houve uma correlação linear altamente negativa, com um coeficiente de determinação de 94,91%.

Em relação aos tratamentos, não foram observadas diferenças, o que coincide com o resultado obtido em citrus por Ascenso (1971), citado por MINAMI (1977), mas contraditório com aquele citado por MINAMI (1977), que observou uma diminuição na TCR com o aumento na densidade de população em berinjela.

4.2.8. Evolução do peso da matéria seca da parte aérea

Os dados referentes a esta variável encontram-se na Tabela 18 e a evolução da variável na Figura 14.

Nesta avaliação não foram encontradas diferenças significativas para o fator tratamentos, nem houve significação para a interação datas x tratamentos. Foram determinadas diferenças significativas somente para o fator datas.

A máxima produtividade de matéria seca para as diferentes densidades, foi alcançado na amostragem do dia 30/9 (84 dias após o transplante), já que não apresenta diferenças significativas com a amostragem do dia 14/10, que

Tabela 18. Efeito da densidade de população sobre o peso da matéria seca da parte aérea, em gramas.

Trata- mento	Período avaliado								
	23/7	5/8	19/8	2/9	16/9	30/9	14/10	28/10	Média
T ₁	1.22	5.76	30.81	103.80	198.87	230.20	259.19	194.99	128.11 a
T ₂	1.13	6.07	32.46	96.40	170.20	230.36	254.84	188.08	123.06 a
T ₃	1.44	5.65	32.51	90.11	179.68	198.67	217.97	186.43	114.06 a
T ₄	1.10	5.86	30.34	86.04	180.31	191.03	193.70	206.88	111.91 a
Média	1.22 d	5.83 d	32.78 d	94.08 c	182.26 b	212.56 ab	231.42 a	194.11 ab	

CV = 29,93%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

T₁ = 12048; T₂ = 14705; T₃ = 19607; T₄ = 27777 plantas/ha

Figura 14. Regressão polinomial da variável peso da matéria seca da parte aérea, g, para os n^os de dados

$$Y = 69.68255 - 104.6966X + 41.2889X^2 - 3.284719X^3$$

tem o máximo valor absoluto. O peso da matéria seca da parte aérea permaneceu praticamente estável até a última avaliação (28/10).

Já na amostragem do dia 16/9 (70 dias após transplante) o valor de peso da matéria seca da parte aérea era alto, não apresentando diferenças significativas com as amostragens dos dias 30/9 e 28/10.

Embora houvesse uma redução da área foliar na última amostragem, existe estabilidade no peso da matéria seca da parte aérea devido ao peso dos botões florais, e principalmente ao peso da matéria seca do próprio caule.

Feita regressão polinomial para o fator datas, a mesma ajustou-se a uma regressão de tipo cúbico, $Y = 69.68255 - 104.6966 x + 41.2888 x^2 - 3.284719 x^3$, com um coeficiente de determinação de 99,42%, sendo o F altamente significativo.

A acumulação de matéria seca (Figura 14) responde a uma típica curva sigmóide de crescimento, com acúmulo lento até o dia 19/8 (42 dias após o transplante). A partir desse momento houve um incremento no acúmulo de matéria seca, atingindo o seu valor máximo o dia 14/10 (98 dias após o transplante), para depois cair devido à senescência.

Não houve diferenças no nível de MS da parte aérea das plantas nas diferentes densidades. Como já tem sido considerado para outras variáveis de crescimento, provavelmente o nível de população avaliado assim como a retangularidade utilizada, não induziram um efeito de competição tão acentuado, que chegasse a provocar uma redução no desenvolvimento, e portanto, na quantidade de MS da parte aérea.

Isto indica que foi mais importante o fator idade da planta na acumulação da MS do que o próprio espaçamento.

4.2.9. Taxa de produção de matéria seca (TPMS)

Os dados referentes a esta variável encontram-se nas Tabelas 19 e 20 e a evolução da variável na Figura 15.

A TPMS avalia o crescimento vegetal, relacionando a quantidade de material orgânico acumulado em função da área de solo disponível, por unidade de tempo.

Na avaliação desta variável foram determinadas diferenças significativas para os fatores datas e tratamentos, não sendo significativa a interação datas x tratamentos.

Tabela 19. Efeito da densidade de população sobre a taxa de produção de matéria seca (TPMS), em g/m²/dia

Tratamento	Plantas /ha	Período avaliado			
		23/7-5/8	5/8-19/8	19/8-2/9	2/9-16/9
T ₁	12048	0.2702	2.1557	6.2814	8.1819
T ₂	14705	0.5596	3.2974	6.1908	7.7520
T ₃	19607	0.6346	3.7622	8.0664	12.5454
T ₄	27777	1.0186	4.8561	11.0530	18.7033
Média		0.6207	c 3.5178	c 7.8979	b 11.7957

CV = 57,09%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 20. Efeito da densidade de população sobre a taxa de produção de matéria seca (TPMS), em g/m²/dia

Tratamento	Planta /ha	Período analisado					
		23/7-5/8	5/8-19/8	19/8-2/9	2/9-16/9	16/9-30/9	30/9-14/10 14/10-28/10
T ₁	12048	0.2702	2.1557	6.2814	8.1819	2.6962	2.4946 -5.5251
T ₂	14705	0.5596	3.2974	6.1908	7.7520	6.3201	2.5714 -7.0133
T ₃	19607	0.6346	3.7622	8.0664	12.5454	2.6586	2.7037 -4.4177
T ₄	27777	1.0186	4.8561	11.0530	18.7033	3.3506	0.5297 2.6151

Figura 15. Regressão polinomial da variável TPMS, g/m²/dia, para os níveis do fator datas

$$Y = -3.518128 + 3.790485X$$

A evolução da TPMS no experimento, no período avaliado, 23/7 - 16/9, foi sempre crescente até atingir o valor máximo no intervalo 2/9 - 16/9, acompanhando a evolução do IAF (Tabela 10), o que coincide com ALVIM & ALVIM (1969).

Quando analisado o período 23/7 - 28/10 pode-se perceber que após os diferentes tratamentos terem atingido esse valor de TPMS máximo, no intervalo 2/9 - 16/9, houve uma redução constante da TPMS, até que no último período, 14/10 - 28/10, houveram para os tratamentos T1, T2 e T3, valores de TPMS menores que zero (Tabela 20).

Observações semelhantes foram feitas em berinjela por MINAMI (1977). A TPMS aumentou junto com a idade da planta, até certo limite, coincidente com o início da senescência, momento a partir de onde o valor dessa variável começou a diminuir.

Feita a regressão polinomial para o fator datas, no período 23/7 - 16/9, a mesma ajustou-se a uma regressão de tipo linear, $Y = -3.518128 + 3.7904844 x$, com um coeficiente de determinação de 99,39%, sendo o F altamente significativo.

Quando avaliado o fator tratamentos, houve um incremento da TPMS com o aumento da densidade de população, sendo que os valores médios mais altos foram alcançados pe-

pelos tratamentos com a maior densidade (T3 e T4).

Na avaliação de MS, não houve diferenças entre tratamentos, no entanto a TPMS apresentou diferenças significativas para as diferentes densidades avaliadas. Acontece que esta variável não considera a evolução da matéria seca para a planta individual, mas, a produção por unidade de superfície. Incrementos na densidade de população, para uma mesma produção de matéria seca por planta, determinaram uma maior TPMS.

Os resultados da evolução da TPMS coincidem com aqueles apresentados por MINAMI (1977) em berinjela, LUCCHESI & MINAMI (1980) em morango, SAKAMOTO (1984) em repolho e ALVIM & ALVIM (1969) em feijoeiro e milho.

4.2.10. Eficiência de conversão de energia (EC)

Os dados referentes a esta variável encontram-se nas Tabelas 21 e 22 e a evolução da variável na Figura 16.

A eficiência de conversão de energia avalia a produção de matéria orgânica em unidades de energia, considerando-se que a radiação solar é transformada em biomassa.

Na avaliação estatística da variável, houve

Tabela 21. Efeito da densidade de população sobre a eficiência de conversão de energia (EC), em porcentagem

Tratamento	Planta /ha	Período avaliado			
		23/7-5/8	5/8-19/8	19/8-2/9	2/9-16/9
T ₁	12048	0.1020	0.5546	1.5348	2.0492
T ₂	14705	0.1358	0.8483	1.5126	1.9415
T ₃	19607	0.1540	0.9679	1.9709	3.1420
T ₄	27777	0.2473	1.2484	2.7007	4.6843
	Média	0.1598 d	0.9050 c	1.9297 b	2.9543 a

CV = 28,16%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Dados analisados como arco seno $\sqrt{x/100}$.

Tabela 22 . Efeito da densidade de população sobre a eficiência de conversão de energia (EC), em porcentagem

Tratamento	Planta /ha	Período analisado							
		23/7-5/8	5/8-19/8	19/8-2/9	2/9-16/9	16/9-30/9	30/9-14/10	14/10-28/10	
T ₁	12048	0.1020	0.5546	1.5348	2.0492	0.6257	0.4955	-1.2805	
T ₂	14705	0.1358	0.8483	1.5126	1.9415	1.4668	0.5108	-1.6254	
T ₃	19607	0.1540	0.9679	1.9709	3.1420	0.6170	0.5371	-1.0238	
T ₄	27777	0.2473	1.2494	2.7007	4.6843	0.7776	0.1052	0.6060

Figura 16. Regressão polinomial da variável EC, em porcentagem, para os níveis do fator datas

$$Y = 1.175785E-02 + 2.453214X$$

Dados analisados como arco seno $\sqrt{x/100}$

diferenças significativas para os fatores datas (intervalos de avaliação) e tratamentos. Não foi observado efeito significativo para a interação datas x tratamentos.

Considerando o fator datas no período onde foi feita a avaliação, 23/7 - 16/9 (14 - 70 dias após o transplante), houve um incremento constante da EC desde o primeiro até o último intervalo, onde foi atingido para todos os tratamentos o valor máximo.

Quando considerada a totalidade do período analisado, 23/7 - 28/10 (Tabela 22), após ter alcançado esse valor máximo no intervalo 2/9 - 16/9, a EC cai, até que no último período, 14/10 - 28/10 (98 - 112 dias após o transplante), três dos quatro tratamentos apresentaram valores menores que zero.

Feita a regressão polinomial para o fator datas, no período 23/7 - 16/9, o ajuste correspondeu a uma regressão de tipo linear, $Y = 0.011758 + 2.4532134x$, com um coeficiente de determinação de 99,21%, sendo o F altamente significativo.

Na análise do fator tratamentos, foram encontradas diferenças significativas para as densidades avaliadas no período 23/7 - 16/9.

A EC aumentou com o aumento da densidade de população, sendo que o valor médio máximo correspondeu ao

tratamento T4 (maior densidade), com 2,2204%.

Os dois tratamentos com maior densidade, T3 e T4, atingiram valores máximos de EC de 3,14% e 4,68% respectivamente, o que demonstra nestas densidades uma grande eficiência na captação de energia solar, já que a EC ou energia fotossintética é uma relação entre a radiação fixada e a radiação incidente na planta.

Resultados semelhantes foram observados por ALVIM & ALVIM (1969) em feijoeiro e milho, onde a EC, também variou em proporção direta com a densidade de plantio.

Neste experimento as médias dos tratamentos para o período 23/7 - 28/10, são: 1,061%, 1,1095%, 1,5587% e 2,2204% para as densidades de 12048, 14705, 19607 e 27777 plantas/ha respectivamente, resultados que concordam com a literatura consultada.

4.2.11. Taxa de assimilação líquida (TAL)

Os dados referentes a esta variável encontram-se nas Tabelas 23 e 24.

A TAL demonstra as alterações na quantidade de matéria orgânica formada com a energia luminosa recebida, em peso de matéria seca por unidade de área foliar, por unidade de tempo.

Tabela 23 Efeito da densidade de população sobre a taxa de assimilação líquida (TAL),
em g/dm²/dia

Tratamento	Plantas /ha	Período avaliado				Médias
		23/7-5/8	5/8-19/8	19/8-2/9	2/9-16/9	
T ₁	12048	0.1350	0.1259	0.1090	0.0783	0.1120 a
T ₂	14705	0.1295	0.1376	0.0924	0.0761	0.1089 a
T ₃	19607	0.0956	0.1338	0.1007	0.1002	0.1075 a
T ₄	27777	0.1382	0.1238	0.0963	0.1044	0.1157 a
	Média	0.1245 a	0.1302 a	0.0996 a	0.0897 a	

CV = 51,90%

Médias seguidas pelas mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 24 . Efeito da densidade de população sobre a taxa de assimilação líquida (TAL)
em g/dm²/dia

Tratamento	Planta /ha	Período analisado						
		23/7-5/8	5/8-19/8	19/8-2/9	2/9-16/9	16/9-30/9	30/9-14/10	14/10-28/10
T ₁	12048	0.1350	0.1259	0.1090	0.0783	0.0273	0.0347	-0.0734
T ₂	14705	0.1295	0.1376	0.0924	0.0761	0.0493	0.0176	-0.0723
T ₃	19607	0.0956	0.1338	0.1007	0.1002	0.0217	0.0175	-0.0362
T ₄	27777	0.1382	0.1238	0.0963	0.1044	0.0142	0.0044	0.0201

Em base a análise estatística dos dados da TAL no período 23/7 - 16/9, observa-se que não houve diferenças significativas para os fatores datas e tratamentos. Também não foi significativa a interação datas x tratamentos.

Durante o período 23/7 - 16/9 (14 - 70 dias após o transplante), a taxa de assimilação líquida permaneceu constante. Quando analisado o período 23/7 - 28/10 (14 - 112 dias após o transplante), observa-se a tendência decrescente dos valores de TAL, para todos os tratamentos, a partir do intervalo 2/9 - 16/9 (Tabela 24).

De acordo com MINAMI (1977), a medida que a população aumenta, as plantas diminuem a produção de matéria seca, embora haja um aumento do IAF. EDDOWES (1969) observou em milho que a TAL era afetada inversamente pela população de plantas, sofrendo uma redução na medida que a cultura envelheceu. Segundo LUCCHESI (1984), a causa da diminuição da TAL deu-se ao sombreamento mútuo que passa a existir com o aumento da densidade de população, ou com o crescimento e desenvolvimento das plantas.

A causa também pode ser atribuída à redução na área foliar, já que ela pode ser afetada pela redução no número de folhas. Alguns autores, citados por MINAMI (1977), acreditam que a diminuição da TAL com a idade, se

deve ao aumento da massa não fotossintetizante, como raízes, caules, frutos, flores e tecidos em senescência.

Neste experimento, considerando que houve diferenças significativas no IAF, para os diferentes tratamentos, porém, não houve para a variável TAL, a redução desta, no final do ciclo, deve ter sido mais influenciada pela própria idade da planta, que pelo efeito de sombreamento provocado pela competição entre plantas.

5. CONCLUSOES

Para as condições do presente experimento, através dos resultados obtidos, pode-se chegar às seguintes conclusões:

- 1) A produção total de botões florais aumenta com o incremento na densidade de população.

A maior produtividade dos tratamentos T₃ (19607 plantas/ha) e T₄ (27777 plantas/ha) deve-se ao maior número de flores produzidas por hectare, já que não foram encontradas diferenças no número de flores/planta, nem no tamanho médio das flores nos diferentes tratamentos avaliados.

- 2) Embora não muito acentuada, há uma maior precocidade da produção de flores principais naqueles tratamentos com a maior densidade de população; T₂ (14705 plantas/ha); T₃ (19607 plantas/ha) e T₄ (27777 plantas/ha), em relação ao T₁.

- 3) A densidade T₃ (19607 plantas/ha) pode ser considerada como a mais apropriada na produção de brócolo 'Ramoso Santana'.

- 4) Não há diferenças no crescimento individual das plantas para as diferentes densidades, quando avaliadas através das variáveis: número de flores/planta, tamanho médio das flores, área foliar (AF), razão de área foliar (RAF), duração da área foliar (DAF) através da área foliar, altura das plantas, número de folhas/planta, peso da matéria seca da parte aérea e a taxa de assimilação líquida (TAL).
- 5) Há diferenças para as diferentes densidades, naquelas variáveis de crescimento que relacionam ao desenvolvimento da planta com a superfície que a mesma ocupa, portanto, com a densidade e população. A eficiência da conversão de energia, taxa de produção de matéria seca (TPMS), duração da área foliar (DAF) na base do IAF, índice de área foliar (AF) e o número de flores/hectare, alcançam valores maiores, quando maior a densidade de população.

6. BIBLIOGRAFIA CITADA

- AKRATANAKUL, N.; BAGGETT, J.R.; MACK, H.J. Effects of plant spacing, fertilizer and transplanting on axillary heading in cabbage, *Brassica oleracea* L. (Capitata group). Hort-Science, Alexandria, 12(1): 56-7, 1977.
- ALVIM, R. & ALVIM, P. de T. Efeito da densidade de plantio no aproveitamento da energia luminosa pelo milho (*Zea mays*) e pelo feijão (*Phaseolus vulgaris*), em culturas exclusivas e consorciadas. Turrialba, Costa Rica, 19: 389-93, 1969.
- ARJONA, H. & GREIG, J. Estudio del efecto de cuatro distancias de siembra y cuatro niveles de fertilización nitrogenada en el rendimiento, contenido de clorofila y actividad de la nitrato reductasa en Brocoli. Agronomia Colombiana, 2(1/2): 71-84, 1984.
- BLACKMAN, G.E. & WILSON, G.L. Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment. Annals of Botany, London, 15(59): 63-84, 1951a.

- BLACKMAN, G.E. & WILSON, G.L. Physiological studies in the analysis of differential effects of light intensity on the net assimilation rate, leaf area ratio and relative growth rate of different species. *Annals of Botany, London*, 15(59): 373-408, 1951b.
- BRADKEY, G.A.; SMITTLE, D.; VOSE, H.H. Broccoli production practices. *Ackansas Farm Research, Fayetteville*, 14(1): 5, 1965.
- BRANDES, D.; MAESTRI, M.; VIEIRA, C.; GOMES, F.B. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). II Análise de crescimento. *Experientiae, Viçosa*, 15(1): 1-21, 1973a.
- BRANDES, D.; MAESTRI, M.; VIEIRA, C.; GOMES, F.B. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). III Intercepção de luz e eficiência de conversão da energia solar. *Experientiae, Viçosa*, 15(1): 23-30, 1973b.
- CAMARGO, L.S. As hortaliças e seu cultivo. 2.ed. Campinas, Fundação Cargill, 1984. 448p.
- CAMPOS, H. de. Estatística aplicada a experimentação com cana-de-açúcar. Piracicaba, FEALQ, 1984. 292p.
- CAMPOS, J.P. de. Produção de mudas das brássicas. In: *Cultura de brássicas*, 1983. p.25-7.

- CASALI, V.W.D. & SILVA, R.F. Cultivares de brássicas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, **9**(98): 14-6, 1983.
- COLAFRANCESCHI, C. Fisiologia de hortaliças. Montevideo, Facultad de Agronomía/Deptº de Producción Vegetal, 1987. 23p.
- CUTCLIFFE, J.A. Effects of plant population, nitrogen, and harvest date on yield and maturity of single harvested broccoli. Hortscience, Alexandria, **6**(5): 482-4, 1971.
- CUTCLIFFE, J.A. Effect of plant spacing on single harvest yields of several broccoli cultivars. Hortscience, Alexandria, **10**(4): 417-9, 1975a.
- CUTCLIFFE, J.A. Cultivar and spacing effects on incidence of hollow stem in broccoli. Canadian Journal of Plant Science, Ottawa, **55**: 867-9, 1975b.
- CSIZINSZKY, A.A. & SCHUSTER, D.J. Response of cabbage to insecticide schedule plant spacing and fertilizer rates. Journal of American Society for Horticultural Science, Michigan, **110**(6): 888-93, 1985.
- CHUNG, B. Effects of plant density on the maturity and once over harvest yields of broccoli. Journal Horticultural Science, London, **57**(3): 365-72, 1982.

- CHUNG, B. The effects of sowing time and plant density on the once over harvested yields of broccoli. *Journal of Horticultural Science*, London, **60**(1): 57-64, 1985a.
- CHUNG, B. Effect of plant density on the sequential harvest yield of broccoli. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, East Melbourne, **25**(4): 959-62, 1985b.
- DUFAULT, R.J. & WATERS, L. Container size influences broccoli and cauliflower transplant growth but not yield. *Hortscience*, Alexandria, **20**(4): 682-4, 1985a.
- DUFAULT, R.H. & WATERS, L. Interaction of nitrogen fertility and plant populations on transplanted broccoli and cauliflower yields. *Hortscience*, Alexandria, **20**(1): 127-8, 1985b.
- EDDOWES, M. Physiological studies of competition in *Zea mays* L. I. Vegetative growth and ear development in maize. *Journal of Agriculture*, Cambridge, **72**: 185-93, 1969.
- FILGUEIRA, F.A.R. Manual de olericultura; cultivo e comercialização de hortaliças. 2.ed. São Paulo, CERES, 1982. 347p.
- GARDINER, T.R.; VIETOR, D.M.; CRAKER, L.E. Growth habit and row width effects on leaf area development and light interception on field beans. *Canadian Journal of Plant Sci*

ence, Ottawa, 59: 191-9, 1979.

GARRISON, S.A. Commercial vegetable production recommendations. Rutgers, The State University of New Jersey, 1988. 104p.

GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 11.ed. Piracicaba, ESALQ, 1985. 466p.

GORSKI, S.F. & ARMSTRONG, D.M. The influence of spacing and nitrogen rate on yield and hollow stem in broccoli. Research circular. Ohio, Agricultural Research and Development Center, (288): 16-8, 1985.

HOLLIDAY, R. Plant population and crop yield. Nature, 186: 22-4, 1960.

HUNT, R. Plant growth analysis. SHEFFIELD, s.d. 67p. (studies in biology, 96).

KNAVEL, D.E. & HERRON, J.W. Influence of tillage system, plant spacing and nitrogen on head weight, yield, and nutrient concentration of spring cabbage. Journal of American Society for Horticultural Science, Michigan, 106(5): 540-5, 1981.

KRATKY, B.A.; WANG, J.K.; KUBOJIRI, K. Effects of container size, transplant age, and plant spacing on chinese

- cabbage. Journal of American Society for Horticultural Science, Michigan, **107**(2): 345-7, 1982.
- LANCASTER, D.M.; JOHNSON, C.E.; YOUNG, W.A. Double row cropping of broccoli for better yields. Louisiana Agriculture, Baton rouge, **29**(1): 15-6, 1985.
- LIETH, H. The measurement of caloric values of biological material and the determination of ecological efficiency. In: Functioning of terrestrial ecosystems at the primary production level. p.233-42, 1968.
- LUCCHESI, A.A.; MINAMI, K.; KALIL, A.N.F.; KYRIU, J.N.; JUNIOR, J.P. Produtividade do rabanete (*Raphanus sativus* L.) relacionado com a densidade de população. Anais da ESALQ, Piracicaba, **33**: 577-82, 1976.
- LUCCHESI, A.A.; MINAMI, K. Análise quantitativa de crescimento vegetal em cultivares de morangueiro (*Fragaria* spp), sob a influência de fito-reguladores de crescimento. Anais da ESALQ, Piracicaba, **37**: 555-93, 1980.
- LUCCHESI, A.A. Utilização prática da análise de crescimento vegetal. Anais da ESALQ, Piracicaba, **41**: 181-201, 1984.
- MACK, H.J. Effects of low spacings, fertilizers and harvest dates on table beets. Journal of the American Society for Horticultural Science, Michigan, **104**(5): 107-20, 1979.

MAESO, C. & VILLAMIL, J. Efecto de la distancia de plantación en la fila sobre el rendimiento de cultivares de cebolla tipo valenciano. *Investigaciones Agronômicas*, Montevideo, 2(1): 82-5, 1981.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: _____. *Fisiologia Vegetal*. 2.ed. São Paulo, EPU, EDUSP, 1985. v.1. p.333-50.

MAGNIFICO, V.; LATTANZIO, V.; SARLI, G. Growth and nutrient removal by broccoli. *Journal of American Society for Horticultural Science*, Michigan, 104(2): 201-3, 1979.

MARTINS, G.; VASCONCELLOS, E.F.C.; LUCHESI, A.A. Correlações entre parâmetros da análise de crescimento de cultivares de tomateiro. *Anais da ESALQ*, Piracicaba, 42: 401-27, 1985.

MASSEY, P.H.; EHEART, J.F.; YOUNG, R.W.; MATTUS, G.E. The effect of soil moisture, plant spacing, and leaf pruning on the yield and quality of broccoli. *Proceedings of American Society for Horticultural Science*, Michigan, 81: 316-23, 1962.

MENEZES SOBRINHO, J.A. de; NOVAIS, R.F. de; SANTOS, H.L.dos; SANS, L.M.A. Efeito da adubação nitrogenada de diferentes espaçamentos entre plantas e da cobertura morta do solo sobre a produção do alho "Amarante". *Revista Ceres*,

Viçosa, 21(115): 203-12, 1974.

MINAMI, K. A densidade e a competição em hortaliças. *Atualidades Agronômicas*, São Paulo, 1: 38-43, 1973.

MINAMI, K. Análise de crescimento e densidade de população de *Solanum melongena* L. berinjela cultivada em delineamento sistemático e convencional. Piracicaba, 1977. 81p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

MINAMI, K. & DEMÉTRIO, C.G.B. Efeito da densidade de população sobre a produção de cenoura (*Daucus carota* L.) cv. "Nantes". *Anais da ESALQ*, Piracicaba, 35: 483-90, 1978.

MINAMI, K. Relação entre sistema de plantio e densidade de população de couve-flor (*Brassica oleracea* var. botrytis) e repolho (*Brassica oleracea* var. capitata L.). Piracicaba, 1980. 80p. (Livre-Docência - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

MINAMI, K. & VÍCTORIA FILHO, R. Efeito da densidade de população de plantas sobre a cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. capitata L.). *Anais da ESALQ*, Piracicaba, 37: 517-26, 1980.

MITCHEL, R.E. Stand density, plant distribution, and crop yield. In: The Iowa State University Press, Ed. Crop

growth and culture, Ames, p.103-24, 1970.

MOHAMED, A.H.A.M. Growth, photosynthesis and yield of some snapbean (*Phaseolus vulgaris*), kharfoum, 1982. 85p.
(Doctor-Faculty of Agriculture University of khartoum).

MURAYAMA, S. Brocolos. In: _____. Horticultura. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. p. 128-35.

NELDER, J.A. New kinds of systematic designs for spacing experiments. Biometrics, Alexandria, 18: 283-307, 1962.

NIEUWHOF, M. Cole crops; botany, cultivation and utilization. London, Leonard Hill, 1969. 353p.

PALEVITCH, D. Effects of plant population and pathern on yield of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) in single harvest. Hortscience, Alexandria, 5(4): 230-1, 1970.

PASCHOLD, P.J. Improvements in production makes the cultivation of broccoli more interesting. Gartenbau, Leipzig, 33(4): 113-4, 1986.

RAO, J.V. Leaf area determination in cabbage. Current Science, Columbus, 47(9): 312-3, 1978.

- RIERACKER, J. & MOROSOLI, A. Efecto de la densidad de siembra y la dosis de nitrogeno en la producción de cebolla (*Allium cepa*). Montevideo, 1983. 134p. (Tesis Ingeniero Agrônomo - Facultad de Agronomia).
- SAKAMOTO, Y. Análise de crescimento de híbridos de repolho (*Brassica oleracea* var. capitata). Piracicaba, 1984. 53 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- SALTER, P.J. & JARES, J.M. The effect of plant density on the initiation, growth and maturity of curds of two cauliflower varieties. *Journal Horticultural Science*, London, **50**: 239-48, 1975.
- SALTER, P.J.; ANDREWS, D.J.; AKEHURST, J.M. The effects of plant density, spatial arrangement and sowing date on yield and head characteristics of a new form of broccoli. *Journal Horticultural Science*, London, **59**(1): 79-85, 1984.
- SONNENBERG, P.E. Olericultura especial. Goiania, Universidade Federal de Goiás, 1980. 143p.
- THOMPSON, R. & TAYLOR, H. Plant competition and its implications for cultural methods in calabrese. *Journal Horticultural Science*, London, **51**: 147-57, 1976.

VILLAMIL, J.M. Densidade de população como fator de produtividade de hortaliças. Piracicaba, ESALQ/Departamento de Agricultura-Horticultura, 1986. 64p.

VILLAMIL, J.M. Influência da densidade de população sobre a produção em variedades de feijão vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) de porte baixo. Piracicaba, 1987. 69p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" USP).

WALLAGE, D.H. & MUNGER, H.M. Studies of the physiological basis for yield differences. II. Variations in dry matter distribution among aerial organs for several dry bean varieties. Crop Science, Madison, 6: 503-7, 1966.

WANDERLEY, L.J. & MAFRA, R. Influência do espaçamento sobre a produção e o peso médio das cabeças de couve-flor variedade de verão "Piracicaba precoce nº 1". Revista de Olericultura, Lavras, 4: 125-9, 1964.

WARNE, L.G.G. Spacing experiments on vegetables. VII the growth and yield of globe beet, parsnips and carrots grown at several spacings in two adjacent fields of different fertility. Journal Horticultural Science, London, 28: 114-20, 1953.

WATSON, D.J. The dependence of net assimilation rate on leaf area index. Annals of botany, London, 22(85): 37-54, 1958.

- WHITE, J.M. & FORBES, R.B. Effect of spacing and fertilizer rates on cabbage yield and head weight. Proceedings of Florida State Horticultural Society; 89:118-20, 1976.
- WILLEY, R.W. & HEATH, S.B. The quantitative relationship between plant population and crop yield. Advances in Agronomy, New York, 21:281-321, 1969.
- ZINK, F.W. & AKANA, D.A. The effect of spacing on the growth of sprouting broccoli. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, Michigan, 58:160-64, 1951.