

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE BRÓCOLOS EM  
FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO E ESPAÇAMENTO ENTRE  
PLANTAS**

Nome: Aparecido Alecio Schiavon Júnior  
Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL  
2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE BRÓCOLOS EM  
FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO E ESPAÇAMENTO ENTRE  
PLANTAS**

Nome: Aparecido Alecio Schiavon Júnior

Orientador: Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Dezembro de 2008

unesp



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CÂMPUS DE JABOTICABAL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE BRÓCOLOS EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO E ESPAÇAMENTO ENTRE PLANTAS

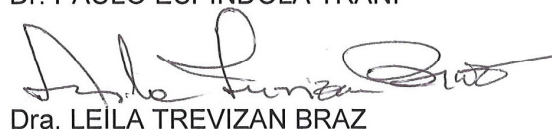
**AUTOR:** APARECIDO ALECIO SCHIAVON JUNIOR

**ORIENTADOR:** Dr. ARTHUR BERNARDES CECÍLIO FILHO

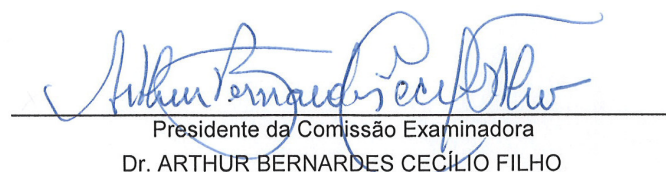
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) pela Comissão Examinadora:

  
Dr. ARTHUR BERNARDES CECÍLIO FILHO

  
Dr. PAULO ESPÍNDOLA TRANI

  
Dra. LEILA TREVIZAN BRAZ

Data da realização: 05 de dezembro de 2008.

  
Presidente da Comissão Examinadora  
Dr. ARTHUR BERNARDES CECÍLIO FILHO

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**APARECIDO ALECIO SCHIAVON JÚNIOR** nasceu em 15 de maio de 1963, em Ribeirão Preto-SP, filho de Aparecido Alecio Schiavon e Neuza Vieira Paranhos. Formou-se Engenheiro Agrônomo na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, em janeiro de 1986. Engenheiro Agrônomo da Syngenta Seeds Ltda. desde março de 1999, na área de desenvolvimento de produtos de sementes de hortaliças. Iniciou o curso de mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Câmpus de Jaboticabal, em agosto de 2006.

Aos meus pais, irmãos e amigos,  
pelo amor, carinho, apoio e amizade.

**OFEREÇO.**

À minha esposa Vivian Helena, aos meus filhos Giovanna e Enzo,  
pelo amor, amizade, ajuda e incentivo.

**DEDICO.**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por iluminar o meu caminho nos momentos difíceis da minha vida.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Câmpus de Jaboticabal, pela oportunidade de realização do presente curso.

Ao professor, orientador e amigo, Arthur Bernardes Cecílio Filho, pelo incentivo, compreensão, persistente orientação e prontamente acessível em todos os momentos solicitados.

Ao professor José Carlos Barbosa, pelo grande auxílio nas análises estatísticas.

À professora Leila Trevizan Braz, pelas valiosas sugestões na elaboração final deste trabalho.

Ao professor Edson Luiz Mendes Coutinho pelas valiosas sugestões na elaboração final deste trabalho.

Ao pesquisador Paulo Espíndola Trani pelas valiosas sugestões na elaboração final deste trabalho.

À empresa Syngenta Seeds Ltda. por ceder a área para realização do experimento e apoio na execução deste trabalho.

Aos funcionários da Estação Experimental e Centro de Pesquisa de Desenvolvimento da Syngenta Seeds Ltda, no município de Itatiba-SP, em especial Clésia, Wilson, Florinda, Maria, João Monção, Donizete pela ajuda na condução e coleta de dados do experimento, dedicação e amizade.

A todos os colegas da Syngenta Seeds Ltda., mais especificamente, a área de sementes de hortaliças pelo apoio, incentivo e auxílio durante toda fase de estudo.

Ao colega Aurélio Paes Barros Júnior pelo auxílio na elaboração de tabelas deste trabalho.

A todos os colegas do Departamento de Produção Vegetal, em especial aos da Olericultura, pela amizade, incentivo e companheirismo durante o curso.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1 A cultura do brócolos .....	3
2.2 Densidade de plantio e brócolos .....	5
2.3 Nitrogênio, potássio e brócolos .....	8
2.4 Interação da densidade de plantio e da adubação nitrogenada sobre o desenvolvimento e produtividade de brócolos.....	10
2.5 Influência das condições ambientais e nutricionais sobre a incidência de desordens fisiológicas em brócolos.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	15
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	15
3.2 Delineamento experimental, tratamentos e unidade experimental .....	16
3.3 Instalação e condução do experimento .....	16
3.4 Características avaliadas .....	18
3.5 Análise estatística.....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5 CONCLUSÕES .....	57
6 REFERÊNCIAS.....	58

## PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE BRÓCOLOS EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO E ESPAÇAMENTO ENTRE PLANTAS

**RESUMO** – No município de Itatiba-SP, no período de março a julho de 2007, foi realizado um experimento, com o objetivo de avaliar o efeito de doses de nitrogênio e potássio e espaçamento entre plantas na produtividade de brócolos. O experimento foi instalado sob delineamento de blocos ao acaso, com os tratamentos em esquema fatorial 5 x 4, e três repetições, sendo avaliadas as doses de nitrogênio-potássio: 105-105; 157,5-157,5; 210-210; 262,5-262,5 e 315-315 kg ha<sup>-1</sup> N-K<sub>2</sub>O e os espaçamentos entre plantas: 0,20; 0,30; 0,40 e 0,50 m. O espaçamento entre linhas foi de 0,80 m. As variáveis avaliadas foram: teor de nitrogênio e de potássio na folha diagnóstica do estado nutricional, massa seca do caule, massa seca da folha, área foliar, diâmetro do caule na inserção da inflorescência, comprimento do caule, distúrbios fisiológicos (caule oco, brotação lateral, folhas na cabeça e olho de gato), ciclo, massa fresca da inflorescência, produtividade de inflorescência, diâmetro da inflorescência, classificação da inflorescência (classe 10 (C10): ≤ 10 cm; classe 13 (C1013): > 10 e ≤ 13 cm; classe 16 (C1316): > 13 e ≤ 16 cm; classe 19 (C1619): > 16 e ≤ 19 cm; classe 22 (C1922): > 19 e ≤ 22 cm e classe 25 (C2225): > 22 e ≤ 25 cm), produtividade de floretes, classificação dos floretes (PF5 (≤ 5 cm); PF57 (> 5 e ≤ 7 cm); PF79 (> 7 e ≤ 9 cm) e PF9 (> 9 cm)) e rendimento industrial. A menor densidade de plantio proporcionou o maior teor de nitrogênio, massa seca do caule, massa seca da folha, área foliar, diâmetro do caule na inserção da inflorescência, os distúrbios fisiológicos caule oco e folhas na cabeça, massa fresca da inflorescência, número de inflorescência na classe 19. Enquanto que, o comprimento do caule, ciclo, produtividade de inflorescências, número de inflorescência nas classes 10 e 13, produtividade de floretes, percentagem de floretes na classe PF5 foram obtidos no menor espaçamento entre plantas. A máxima produtividade de inflorescência foi de 22.082,08 kg ha<sup>-1</sup>, que ocorreu no espaçamento de 0,20 m entre plantas com 150% da dose NK<sub>2</sub>O (315 kg ha<sup>-1</sup> de N e K<sub>2</sub>O). Para o intervalo de adubação ente 100 e 125% da dose N-K<sub>2</sub>O no espaçamento de 0,50 m entre plantas foi obtido os valores máximos de área foliar (7.152,51 cm<sup>2</sup>



planta<sup>-1</sup>), massa fresca da inflorescência (564,22 g), massa seca da folha (125,86 g) e o teor de nitrogênio (43,2 g kg<sup>-1</sup>). O fator dose N-K<sub>2</sub>O foi superior à densidade entre plantas somente para o teor de nitrogênio e percentagem de floretes na classe PF5. As doses N-K<sub>2</sub>O e os espaçamentos entre plantas utilizados não apresentaram efeitos sobre o teor de potássio, número de inflorescência nas classes 16, 22 e 25, percentagem de floretes nas classes PF79 e PF9 e o rendimento industrial.

**Palavras-chave:** *Brassica oleracea* var. *italica*, nutrição mineral, densidade de plantas, classificação, produtividade comercial.

## EFFECT OF FERTILIZING AND SPACING BETWEEN PLANTS ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF BROCCOLI

**ABSTRACT** – In Itatiba city, SP state, during the period between March and July of 2007, a study was carried out aiming to appraise the effect of doses of nitrogen and potassium and spacing between plants on the productivity of broccoli. The experiment was carried out in a randomized block design, with the treatments in a 5 x 4 factorial scheme and three replications. The following treatments were studied: doses of nitrogen-potassium of 105-105, 157.5-157.5, 210-210, 262.5-262.5 and 315-315 kg ha<sup>-1</sup> N-K<sub>2</sub>O; the spacing between plants were 0.20, 0.30, 0.40 and 0.50 m. Rows of plants were 0.80 m apart. The characteristics evaluated were: levels of nitrogen and potassium in leaves, stem dry weight, leaf dry weight, leaf area, stem diameter at the height of inflorescence, stem length, physiological disturbances (hollow stem, lateral budding, leaves on head and cat's eye), cycle, fresh weight of inflorescence, head productivity, diameter of inflorescence, classification of inflorescence based on diameter ( $\leq 10$  cm;  $> 10$  and  $\leq 13$  cm;  $> 13$  and  $\leq 16$  cm;  $> 16$  and  $\leq 19$  cm;  $> 19$  and  $\leq 22$  cm; and  $> 22$  and  $\leq 25$  cm), productivity of florets based on length ( $\leq 5$  cm;  $> 5$  and  $\leq 7$  cm;  $> 7$  and  $\leq 9$  cm; and  $> 9$  cm) and commercial yield. The largest spacing between plants provided the highest nitrogen level, stem dry weight, leaf dry weight, leaf area, stem diameter at the height of inflorescence, the physiological disturbances hollow stem and leaves in head, fresh weight of inflorescence and inflorescences with diameter  $> 16$  and  $\leq 19$  cm. On the other hand, stem length, cycle, head productivity, number of inflorescences  $\leq 13$  cm, productivity of florets and percentage of florets in class  $< 5$  cm were obtained with smaller spacing between plants. The maximal head productivity was 22,082 kg ha<sup>-1</sup>, obtained with 0.20 m between plants and 150% N-K<sub>2</sub>O dose (315 kg ha<sup>-1</sup> of N and K<sub>2</sub>O). For the fertilizing range of 100 to 125% of the N-K<sub>2</sub>O dose with spacing of 0.50 m between plants, maximum values were obtained for leaf area (7152 cm<sup>2</sup> plant<sup>-1</sup>), fresh weight of inflorescence (564 g), leaf dry weight (126 g) and nitrogen level (43.2 g kg<sup>-1</sup>). N-K<sub>2</sub>O dose and spacing between plants did not influence significantly the level of leaf potassium, number of inflorescences with diameters  $> 13$  and  $\leq 16$  cm,  $> 19$  and  $\leq 22$

cm and  $> 22$  and  $\leq 25$  cm, percentage of florets with lengths greater than 7 cm and commercial yield.

**Key words:** *Brassica oleracea* var. *italica*, mineral nutrition, planting density, classification, commercial yield.

## 1 INTRODUÇÃO

O brócolos é importante hortaliça dentre as brassicáceas cultivadas no Brasil e apresentou incremento de consumo nos últimos anos. Dois grupos de brócolos são cultivados: o ramoso, que apresenta várias pequenas inflorescências, que se formam em brotações laterais e o de cabeça única ou central, formada no ápice caulinar.

O cultivo está mais concentrado na região Centro-Sul do Brasil com destaques para o Distrito Federal e os Estados do Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo. A comercialização, no Brasil, tem sido feita *in natura* ou processada, sendo esta principalmente na forma congelada, que possui vantagens em relação à primeira, dentre elas a de proporcionar a oferta regular do produto ao longo do ano, em quantidade e preço. As principais indústrias brasileiras estão localizadas nos Estados de São Paulo e Rio Grande do Sul.

Embora o consumo de brócolos congelado tenha aumentado nos últimos anos (PIERRO, 2001) a participação dos congelados e supercongelados na cesta de alimentos dos brasileiros é, em média, de apenas 2,5%, enquanto nos EUA e na Europa alcançam 20 e 18%, respectivamente (VILELA & HEINZ, 2000).

Entre os dois grupos de brócolos, o de cabeça única tem melhor qualidade para congelamento e, conseqüentemente, deve ganhar preferência para cultivo em relação ao brócolos ramoso. Entretanto, por ser de cultivo recente no Brasil, há pequena disponibilidade de informações técnicas para o manejo cultural do brócolos de cabeça única, demandando estudos, dentre outros fatores de produção, sobre nutrição, adubação e densidade populacional.

Nitrogênio e potássio são demandados em grandes quantidades pelo brócolos (SEABRA JR, 2005). Tanto a qualidade do brócolos quanto a ocorrência de distúrbios fisiológicos têm sido associados à deficiência ou ao excesso de nutrientes (VIGIER & CUTCLIFFE, 1985 e WYATT et al., 1989).

Outro fator que pode influenciar substancialmente a fisiologia do brócolos e, conseqüentemente, a produtividade de floretes, a qualidade destes e o rendimento industrial é a densidade populacional. Enquanto no Brasil, cultiva-se brócolos com,

aproximadamente, 25.000 a 32.000 plantas por hectare, nos Estados Unidos as culturas são superadensadas, com o dobro de plantas, podendo atingir quatro vezes mais. Certamente, alterações na densidade populacional correspondem a modificações na demanda por nutrientes.

O trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento, a produtividade, a classificação da produção e o rendimento industrial do brócolos em função da densidade populacional e dose de nitrogênio e potássio.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura do brócolos

Diversas espécies de família Brassicaceae são cultivadas no mundo. No Brasil, destacam-se em importância econômica o repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.), a couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.), a couve-manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala* DC.) e o brócolos (*Brassica oleracea* var. *italica*).

No Brasil, cultiva-se brócolos do grupo ramoso e de cabeça. O primeiro caracteriza-se por apresentar grande número de inflorescências pequenas e com botões florais grandes. As colheitas são parceladas e as inflorescências comercializadas em maços. O segundo grupo, conhecido como de cabeça, apresenta uma inflorescência central de interesse comercial com poucas ramificações laterais. A inflorescência central é de tamanho grande, mais compacta, com botões florais menores do que os do grupo ramoso. O ponto de colheita ocorre quando a cabeça central ou as ramificações laterais apresentam-se com botões florais bem desenvolvidos, com coloração verde-escura, porém antes da abertura das flores (FILGUEIRA, 2000).

Apesar de predominar o cultivo do tipo ramoso, no Brasil, vem crescendo o plantio de brócolos de cabeça única, principalmente devido ao crescimento do segmento de congelados (KIMOTO, 1993; SEABRA JR, 2005). A predominância do tipo ramoso deve-se a diversos fatores: a grande maioria das cultivares disponíveis são de polinização aberta, a produção de sementes é feita no Brasil, permitindo o baixo custo de sementes, a possibilidade de múltiplas colheitas e a melhor adaptação das cultivares às condições tropicais brasileiras. No segmento de brócolos de cabeça única, tem-se, na quase totalidade, a utilização de híbridos importados, que apresentam um custo de sementes mais elevado, além da menor adaptação climática às condições de cultivo de verão.

De maneira geral, o cultivo mundial de brócolos é crescente. A área mundial cultivada de brócolos e couve-flor atingiu 973.452 ha, para uma produção de

17.662.424 t, tendo a Índia como o maior produtor mundial (FAOSTAT, 2006).

O cultivo comercial de brócolos nos Estados Unidos iniciou-se com os imigrantes italianos procedentes de Messina, com o plantio em San Jose, Califórnia, em 1922. Naquele país apesar da área ter permanecido estável no período de 1984 a 1994, houve um incremento de mais de 40% no preço do produto (LeSTRANGE et al., 1996). Em 2000, o brócolos *in natura* foi o quarto produto exportado nos Estados Unidos, dentre as hortaliças (BRUNKE, 2002). Ainda hoje neste país, o consumo de brócolos *in natura* é considerado crescente. Em 1960 era de 0,18 kg o consumo *per capita*, passando para 2,35 kg em 2001. Quanto ao brócolos congelado, o crescimento foi mais lento. O consumo em 1970 era de 453 g *per capita* dobrando-se a quantidade em 2001 (BRUNKE, 2002).

Segundo TAN et al. (2004), a cultura do brócolos está crescendo em importância na Austrália, principalmente na região sudeste de Queensland, onde os olericultores precisam manter um suprimento regular de brócolos de boa qualidade para atender o mercado em expansão.

No Brasil, o cultivo de brócolos está mais concentrado nas regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste. Brócolos do tipo ramoso encontra-se cultivado em todas essas regiões, enquanto o de cabeça concentra-se no Distrito Federal e nos Estados de São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul.

No período de 2001 a 2004, a área de brócolos no estado de São Paulo cresceu mais de 100%, passando de 1.621 ha para 3.270 ha, com uma produção de 4.308.236 engradados de 15 kg. Os principais municípios produtores foram Mogi das Cruzes, São Paulo, Ibiúna, Suzano, Piedade e Itaquaquecetuba (IEA, 2006).

Na CEASA-Campinas/SP, no período de 1998-2005, houve um incremento de 286% no volume comercializado, atingindo 3.144 t, em 2005.

Entre todas as brássicas, o brócolos destaca-se por ser uma das mais ricas em proteínas, em cálcio e em pró-vitamina A (beta-caroteno) e vitamina C que, infelizmente, se perde, em parte, durante o cozimento. Em 100 gramas da inflorescência contêm 3,8% de fibras; 29,4 calorias; 90,69% de água; 350 µg de Vitamina A; 54 µg de Vitamina B; 350 µg de Vitamina B2; 1,681 µg de Vitamina B5; 82,7 mg de Vitamina C;

0,045 mg de cobre; 25 mg de magnésio; 0,229 mg de manganês; 0,400 mg de zinco; 325 mg de potássio; 27 mg de sódio; 400 mg de cálcio; 15 mg de ferro; 70 mg de fósforo. Entre 62 espécies de hortaliças, o brócolos ocupa o primeiro lugar na concentração relativa de vitaminas A e B2 e dos minerais cálcio e ferro (LUENGO et al., 2007).

Diversos estudos têm associado a eficiência das brassicáceas na diminuição do risco de câncer (FAHEY et al. 1997; VERHOEVEN et al. 1997; STEINKELLNER et al. 2001; JOHNSON, 2002). VERHOEVEN et al. (1996), em revisão de literatura realizada sobre o assunto, constataram que a porcentagem dos estudos que mostraram a associação entre o maior consumo de repolho, brócolos, couve-flor e couve-de-Bruxelas e menor ocorrência de câncer foi de 70, 56, 67 e 29%, respectivamente. KRISTAL & LAMPE (2002) verificaram que a redução do risco de câncer de próstata pelas brássicas, incluindo brócolos, foi devido à presença de glucosinolatos.

No Brasil, observa-se uma diversificação e estruturação do mercado de hortaliças, com a introdução de produtos e a segmentação de mercados. Recentemente, novos produtos se tornaram acessíveis ao consumidor, entre os quais podem ser citados a mini-melancia, tomate em cacho, milho doce e produtos processados ao consumidor. Todo este processo vem agregando valor ao setor olerícola. Nessa nova realidade do mercado, a indústria de processamento vem ampliando a oferta de produtos ao consumidor, seja na forma de hortaliças conservadas, gelados ou supergelados, desidratados, liofilizados e minimamente processadas. Neste segmento de processados, o brócolos tem importante participação.

## **2.2 Densidade de plantio e brócolos**

O espaçamento de plantio de brócolos é estabelecido, principalmente, em razão do segmento de mercado, ou seja, para consumo *in natura* ou processamento. Tradicionalmente, têm-se adotado o espaçamento de 0,80 m x 0,50 m, ou seja, 25.000 plantas ha<sup>-1</sup>, quando destinado ao mercado *in natura*. Com vistas ao mercado de processamento, uma população de 31.250 plantas ha<sup>-1</sup> é mais utilizada,



correspondendo ao espaçamento de 0,80 m x 0,40 m.

No estado da Califórnia, EUA, responsável por 90% da quantidade produzida naquele país, a densidade populacional dos cultivos de brócolos pode chegar a 127.000 plantas/ha (LeSTRANGE et al., 1996). Porém, em Oklahoma, KAHN et al. (2004) recomendam o plantio em filas duplas com uma população de 64.600 a 95.700 plantas ha<sup>-1</sup>. Outros pesquisadores, também norte-americanos, recomendam densidade entre 34.600 a 51.900 plantas ha<sup>-1</sup> (DAVIS, 1998) e entre 73.805 a 107.635 plantas ha<sup>-1</sup> (SANDERS, 2001). As razões para as diferentes propostas não foram apresentadas mas, provavelmente, se devem às diferentes regiões produtoras e cultivares empregadas.

O aumento da densidade de plantio, da cultivar Premium Crop, de 40.000 para 125.000 plantas ha<sup>-1</sup> proporcionou aumento na produtividade total de 64 para 113 t ha<sup>-1</sup>, porém com redução no diâmetro da planta (PASCHOLD, 1986).

O efeito de cinco densidades de plantio (15 x 15 cm; 30 x 30 cm; 45 x 45 cm; 60 x 60 cm e 75 x 75 cm) em cinco sub-populações de brócolos, oriundos de um programa de pesquisa de ampla base genética e uma cultivar, Corvet, foi avaliado por CRISP et al. (1986). Os autores verificaram a interação dos espaçamentos e genótipos sobre as características avaliadas. A coloração da cabeça mostrou-se mais escura, a massa e o diâmetro aumentaram, a uniformidade dos botões diminuiu com o aumento do espaçamento, enquanto a produtividade diminuiu. O ciclo também foi afetado pela interação genótipo e espaçamento. Com o aumento do espaçamento houve redução do ciclo até o espaçamento de 60 x 60 cm; porém, no espaçamento de 75 x 75 cm houve um pequeno acréscimo no ciclo.

LANCASTER et al. (1985) avaliaram em brócolos: (1) fila simples com 15,24 cm entre plantas; (2) fila simples com 30,48 cm entre plantas; (3) filas duplas com 15,24 cm entre plantas e 30,48 cm entrelinhas e (4) filas duplas com 30,48 cm entre plantas e entrelinhas. Estes espaçamentos representaram 64.583, 32.292, 129.167 e 64.583 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente, e as produtividades obtidas foram 10.837 kg ha<sup>-1</sup>, 9.641 kg ha<sup>-1</sup>, 11.659 kg ha<sup>-1</sup> e 12.407 kg ha<sup>-1</sup>, com massas de 1,28 kg; 1,87 kg, 0,91 kg e 1,31 kg, respectivamente. Os autores recomendaram os espaçamentos de fileira

simples, 1,02 x 0,1524 m e de fileira dupla 0,71 x 0,3048 x 0,3048 m, uma vez que a massa ideal de mercado é de 0,98 kg a 1,48 kg por cabeça.

A distribuição de plantas de brócolos em fila simples e duplas com cinco densidades de plantio (10,8; 7,2; 5,4; 4,3 e 3,6 plantas  $m^{-2}$ ) foram estudadas por JETT et al. (1995). Não foram observadas diferenças quanto a distribuição das plantas, porém filas duplas proporcionaram menos danos durante a colheita. Os autores recomendaram, para alta produtividade de floretes comerciais, a densidade de 3,6 plantas  $m^{-2}$ , ou seja, 36.000 plantas por hectare.

A produtividade total incluindo inflorescências central e laterais de três híbridos de brócolos em três densidades de plantio (2,8; 8,3 e 16,7 plantas  $m^{-2}$ ) foi avaliada por CHUNG (1985). A densidade de plantio com 8,3 plantas  $m^{-2}$  apresentou a maior produtividade, 23 t  $ha^{-1}$ , enquanto a densidade 2,8 (considerada de uso tradicional) e 16,7 plantas  $m^{-2}$  apresentaram 12 e 16 t  $ha^{-1}$ , respectivamente.

FRANCESANGELI et al. (2006) estudaram o efeito da interceptação da atividade da radiação fotossintética na cultura do brócolos, cultivar Legacy. O experimento foi conduzido em duas épocas, em 2002, com três densidades de plantio de (2; 4 e 6 plantas  $m^{-2}$ ) e, em 2003, com quatro densidades de plantio (2; 4; 6 e 8 plantas  $m^{-2}$ ). Segundo os autores, a densidade de plantas poderia ser maior que 8 plantas  $m^{-2}$  sem perdas na produtividade, uma vez que o incremento na produtividade compensou o decréscimo na massa da inflorescência (0,36 kg  $m^{-2}$  com 2 plantas  $m^{-2}$  em relação a 1,16 kg  $m^{-2}$  com 8 plantas  $m^{-2}$ ). Conclusão semelhante foi obtida por TREVISAN et al. (2003), que avaliaram, em 2001 e 2002, a produtividade do brócolos 'Legacy' sob nove densidades de plantio: três espaçamentos entre filas (60, 80, 100 cm) combinados a três espaçamentos entre plantas nas filas (30, 50, 70 cm). Não verificaram a repetição do efeito do espaçamento no segundo ano, devido às adversidades climáticas. Mas, os autores afirmam que é possível a obtenção de maior produtividade do brócolos de cabeça única, com adensamento de plantas nas linhas de plantio, embora com menor massa de cabeça.

### 2.3 Nitrogênio, potássio e brócolos

KOWALENKO (1983) verificou que a produtividade de cabeças de brócolos aumentou linearmente em resposta a doses maiores que  $250 \text{ kg ha}^{-1}$ , sem, contudo, aumentar o crescimento da parte vegetativa da planta. RAMOS (1998), avaliando doses de N e K no brócolos, verificou efeito significativo apenas do N sobre a produtividade, que foi máxima ( $25 \text{ t ha}^{-1}$ ) com  $426 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. O autor atribuiu à ausência de efeito do K, o alto teor do nutriente no solo. RILEY & VAGEN (2003), por outro lado, não verificaram aumento de produtividade de brócolos para doses maiores que  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

Durante três anos, VAGEN & SKJELVAG (2004) avaliaram o efeito da aplicação de doses de nitrogênio (0, 120 e  $240 \text{ kg ha}^{-1}$ ) na produção de biomassa de brócolos. Houve aumento na biomassa da cultura, no índice de área foliar e no acumulado da radiação fotossintética com o aumento da dose de nitrogênio.

EVERAARTS (1994) avaliou cinco doses de nitrogênio (0, 49, 98, 147 e  $196 \text{ kg ha}^{-1}$ ) na cultura do brócolos, híbrido Emperor. Verificou maior incidência de podridão de inflorescências e maior descarte de inflorescências devido à podridão com o aumento da aplicação de nitrogênio, em épocas mais favoráveis ao desenvolvimento da doença. Por outro lado, o autor observou aumento na massa da inflorescência.

As doses recomendadas de nitrogênio para o Estado de São Paulo por TRANI et al. (1997) são de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  no plantio e de 150 a  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de cobertura, totalizando de 210 a  $260 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Conduzindo um experimento com brócolos, em cultivo protegido, DUFAULT (1988) avaliaram a interação de doses de nitrogênio (1,9; 3,7 e  $5,6 \text{ g vaso}^{-1}$  de  $15 \text{ dm}^3$ ) e dosagens de fósforo (0,07; 0,14 e  $0,21 \text{ g vaso}^{-1}$ ). A dose de potássio foi mantida constante em  $1,6 \text{ g vaso}^{-1}$ . O autor concluiu que aumentando a dose de nitrogênio houve aumento da cabeça, diâmetro do caule, total de floretes, clorofila, altura da planta e qualidade da cabeça e redução do período entre a formação da cabeça e a colheita. O aumento na dose de fósforo proporcionou aumento no total de floretes, clorofila e altura da planta. Para produção de brócolos com qualidade em cultivo protegido, o autor

recomendou a aplicação de 5,6 g de N; 0,21 g de P e 1,6 g de K.

KARITONAS (2003) verificou que elevadas produtividades em brócolos podem ser obtidas quando do fornecimento de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N. Esta quantidade foi estabelecida com base em plantas que apresentaram teores de nitrogênio total nas folhas entre 26,1 e 31,3 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca; fósforo entre 3,3 e 4,6 g kg<sup>-1</sup>; potássio: 23,6 e 31,1 g kg<sup>-1</sup>; cálcio: 34,6 e 55,9 g kg<sup>-1</sup> e magnésio: 5,0 e 7,9 g kg<sup>-1</sup>, e produtividade de brócolos superior a 10 t ha<sup>-1</sup>.

FELLER & FINK (2005) concluíram que houve um aumento significativo na produtividade comercial e total de brócolos quando do aumento da dose de N no plantio. Os tratamentos receberam a mesma quantidade de N (270 e 272 kg ha<sup>-1</sup>) nos anos de 2001 e 2002 respectivamente, mas com diferentes doses no plantio (0 e 90 kg ha<sup>-1</sup>). Neste total de N estão incluídos 30 e 28 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral do solo em 2001 e 2002, respectivamente. A necessidade de nitrogênio pela cultura do brócolos, segundo FELLER & FINK (2005) está compreendida entre 300 a 465 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que no estágio inicial de desenvolvimento da cultura, 25 dias após o transplante a demanda foi considerada baixa. No entanto, VAGEN (2003) verificou que a aplicação de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N mostrou-se não limitante nem excessiva ao brócolos, e que a maior demanda de nitrogênio iniciou-se no momento que as pequenas cabeças tornaram-se visíveis. Segundo o autor isto seria um indicador prático do momento correto de aplicação suplementar de nitrogênio.

A irrigação e altas doses de nitrogênio (400 e 600 kg N ha<sup>-1</sup>) aumentaram a massa de plantas e a produtividade de brócolos, bem como anteciparam a formação da cabeça e o tempo de colheita (BABIK & ELKNER, 2002).

Para a cultura do brócolos, MALAVOLTA et al. (1997) consideram como valores adequados, os teores foliares de nitrogênio de 9.000 N-NO<sub>3</sub> mg kg<sup>-1</sup> e potássio 50 g kg<sup>-1</sup> na matéria seca.

O potássio é muito importante para a obtenção de uma inflorescência de qualidade, sendo especialmente importante sua disponibilidade a partir da formação da cabeça. Está associado, segundo FAQUIN (1994), com ativação enzimática e, entre tantas, com a síntese protéica, que está correlacionada com melhor eficiência da

adubação nitrogenada. Mais de 60 enzimas necessitam de um cátion monovalente para sua ativação e, para a grande maioria, o potássio é esse cátion. Também, participa no transporte através das membranas, neutralização de ânions e manutenção do potencial osmótico. Estas funções fazem com que o K seja o cátion mais abundante no vegetal (EPSTEIN & BLOOM, 2006). Além disso, o potássio confere resistência a condições ambientais adversas, por exemplo, seca e ataque de enfermidades (MALAVOLTA, 1985; FILGUEIRA, 2000).

Em cultivo protegido, WYATT et al. (1989) verificaram que a fertilização suplementar de brócolos com potássio aumentou significativamente a matéria fresca e seca, área foliar, diâmetro do caule e altura da planta em comparação com a testemunha.

Para o Estado de São Paulo, TRANI et al. (1997) apresentam recomendação de adubação potássica que varia de 120 a 240 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no plantio e de 60 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na cobertura, totalizando 180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para solos com altos teores de K e 360 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para solos com baixos teores de potássio. Na proposta dos autores, a densidade populacional varia de 20.000 a 31.250 plantas ha<sup>-1</sup>.

#### **2.4 Interação da densidade de plantio e da adubação nitrogenada sobre o desenvolvimento e produtividade de brócolos**

Em solos com teor baixo de nitrogênio, ARJONA & GREIG (1984) estudaram o efeito de quatro espaçamentos (22 x 60 cm, 30 x 60 cm, 38 x 60 cm e 46 x 60 cm) em interação com quatro doses de nitrogênio (0; 56; 112 e 168 kg ha<sup>-1</sup>), na cultivar de brócolos Green Comet. Estes autores verificaram que a produtividade, número de inflorescências grandes (> 5 cm de diâmetro), a massa da inflorescência principal e menores, o número e massa das inflorescências laterais, o teor de clorofila e a atividade da enzima redutase do nitrato aumentaram com o aplicação de nitrogênio até 112 kg ha<sup>-1</sup>. Com a redução no espaçamento entre plantas, houve redução na massa da inflorescência principal e menores, e na massa das inflorescências laterais; porém, em contrapartida, verificou-se aumento da produtividade.

O comportamento de diversas cultivares de brócolos foi estudado por GORSKI & ARMSTRONG (1985). O experimento foi conduzido em cultivo protegido, e foram avaliados três espaçamentos entre plantas (20, 30 e 40 cm) e quatro doses de nitrogênio (0, 112, 168 e 224 kg ha<sup>-1</sup>). Menores espaçamentos e elevada densidade de plantas aumentaram a produtividade enquanto houve um decréscimo no tamanho da inflorescência e incidência de caule oco. Aumentando a dose de nitrogênio verificou-se aumento na produtividade, no tamanho da cabeça e na incidência de caule oco. Não houve diferença entre as cultivares.

A interação de espaçamento de plantio em brócolos e doses de nitrogênio em duas épocas na primavera e duas épocas no outono foi estudada por KAHN et al. (1991). Os autores utilizaram dois espaçamentos (15 e 30 cm entre plantas) respeitando 30 cm entre fileiras e 90 cm entre as fileiras duplas. No cultivo de primavera, utilizaram as seguintes doses de nitrogênio: 112, 168, 224 e 280 kg ha<sup>-1</sup>; enquanto, no primeiro cultivo no outono, as doses variam de 37 a 219 kg ha<sup>-1</sup>. A cultivar utilizada foi Premium Crop. Segundo os autores, no espaçamento de 15 cm observou-se atraso na colheita em 2,3 dias, em média, em relação a 30 cm entre plantas, menor diâmetro do caule, menor massa da inflorescência e maior número de inflorescências descartadas. O nitrogênio não teve efeito no diâmetro do caule, exceto em uma época de cultivo no outono. No cultivo de primavera, não houve efeito do nitrogênio no número total de cabeças comerciais ou na massa de cabeças comerciais.

## **2.5 Influência das condições ambientais e nutricionais sobre a incidência de desordens fisiológicas em brócolos**

O cultivo de brócolos realiza-se, principalmente, durante as estações de outono e inverno. Durante a fase de crescimento, temperaturas entre 20 e 24°C proporcionam um desenvolvimento normal da planta. Para indução floral, durante várias horas do dia, a temperatura deve situar-se entre 10 e 15°C. A umidade relativa considerada ótima oscila entre 60 e 75%. (INFOAGRO, 2007).

Brócolos é muito sensível á temperaturas elevadas. O desenvolvimento floral do

brócolos é interrompido por temperaturas acima de 28°C, especialmente se ocorrerem nos primeiros estádios do desenvolvimento das flores.

Em experimento na Austrália, avaliando três cultivares de brócolos TAN et al. (2004) verificaram que a produtividade e a qualidade não foram influenciadas pelo fotoperíodo, que variou da condição normal de cultivo até 16 horas.

No entanto, alterações nas condições climáticas e nutricionais poderão promover o aparecimento de desordens fisiológicas. O brócolos está sujeito a diversas desordens fisiológicas, que depreciam comercialmente o produto. Comumente, tem sido observada a incidência de caule oco, amarelecimento dos floretes e botão marrom (brown bead), florescimento precoce (buttoning), formação de pelos na cabeça (riceyness).

SHATTUCK et al. (1986) verificaram diferenças entre seis cultivares de brócolos para incidência de caule oco. Segundo LOUGHTON (1988) e PETT (2001), não há correlação entre a incidência de caule oco em brócolos com a deficiência de boro. Esta anormalidade deve-se a condições climáticas e culturais que favorecem o rápido crescimento da planta, havendo diferenças entre cultivares quanto à suscetibilidade. Porém SHELPS et al. (1995) e JAMES (2000) mencionam que a ocorrência de caule oco é causada pela deficiência de boro em brócolos e em couve-flor.

VIGIER & CUTCLIFFE (1985) verificaram que a aplicação de nitrogênio aumentou a incidência de caule oco em 27%. Os autores consideram que a relação de 215:1 entre  $\text{NO}_3^-:\text{B}$ , na folha, reduz a incidência de caule oco a níveis mínimos. HIPP (1974), avaliando o efeito de quatro doses de nitrogênio (56, 112, 168 e 224 kg ha<sup>-1</sup>), em duas cultivares de brócolos, verificou o aumento da incidência de caule oco com o aumento da dose de nitrogênio.

A incidência de caule oco em brócolos foi avaliada, por CUTCLIFFE (1972), em três épocas de plantio, dez espaçamentos de plantio e três doses de nitrogênio. O autor verificou que o tratamento com o maior espaçamento utilizado (50,8 x 50,8 cm) apresentou a maior incidência de caule oco.

A interferência da temperatura na ocorrência das desordens fisiológicas em couve-flor e brócolos foi estudada por FUJIME (1983). Entre elas, verificaram-se plantas cegas, maior presença de folhas e pilosidade na cabeça. BJORKMAN & PEARSON

(1998) relatam que os meristemas somente serão afetados se a incidência de altas temperaturas ocorrerem durante a produção da inflorescência ou iniciação do processo floral. Altas temperaturas causam deformação de floretes de brócolos.

JENNI et al. (2001) constataram que o fornecimento regular de água diminuiu a incidência e severidade de botão marrom (brown bead) na inflorescência de brócolos, tanto em semeadura direta quanto em transplante. Estes autores concluíram que baixos teores de cálcio e altos teores de magnésio e potássio na inflorescência de brócolos estão associados com alta incidência desta desordem fisiológica. Em geral, maior radiação solar e menor precipitação induzem sintomas de botão marrom. Por outro lado, JAMES (2000) associa o botão marrom ao fraco desenvolvimento da planta, doenças ou temperaturas excessivas. O incremento na adubação nitrogenada, em brócolos, provocou o aumento na incidência e severidade de *Pseudomonas marginalis*, na cultivar suscetível Premium Crop. Porém, não teve efeito na cultivar Shogun considerada resistente (CANADAY & WYATT, 1992).

HAYNES et al. (2003) mencionam que condições estressantes podem conduzir ao florescimento precoce (buttoning), como por exemplo a exposição prolongada à temperaturas abaixo de 10°C, déficit hídrico e solos com baixa fertilidade.

O amarelecimento dos floretes de brócolos refere-se à senescência do botão floral sendo causada pelo atraso na colheita, elevadas temperaturas no armazenamento e exposição ao etileno (CANTWELL & SUSLOW, 2005).

A formação de brácteas emergindo entre os floretes e aparecendo acima do topo da cabeça é considerada uma desordem fisiológica. Esta é causada pelo estresse ao calor. Segundo HAINE (1951), as brácteas desenvolvem-se rapidamente quando a inflorescência está sujeita às altas temperaturas no momento do florescimento.

SAN BAUTISTA et al. (2005) verificaram, em experimento com a cultivar Marathon, que o alto regime de irrigação proporcionou a maior produtividade comercial e a ocorrência de desordens fisiológicas promovidas por fatores abióticos variou. Deficiência hídrica favoreceu a deformação de botões florais e a formação de brácteas na inflorescência, mas baixa incidência de botão marrom e caule oco.

Temperaturas elevadas, rápido crescimento após formação da inflorescência,



elevada umidade ou elevada quantidade de nitrogênio causam o alongamento e separação dos floretes (ricing) tornando a cabeça não comercial (PEET, 2001). Por outro lado, os pelos na cabeça (riceyness) é causado por baixas temperaturas após a formação da cabeça (FUJIME & OKADA, 1996).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado no município de Itatiba-SP, na Estação Experimental e Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Syngenta Seeds Ltda. Geograficamente localiza-se a 23° 01' 15" Sul, 46° 45' 00" Oeste e 755 m de altitude.

No período compreendido pelos últimos 7 anos, na Estação Experimental, a temperatura média anual máxima e mínima foi de 20,5°C e 10,8°C, respectivamente. Durante a realização do experimento foram feitas coletas dos dados de temperatura máxima e mínima e umidade relativa e encontram-se apresentados na Figura 1. No período experimental a pluviometria foi de 680 mm.

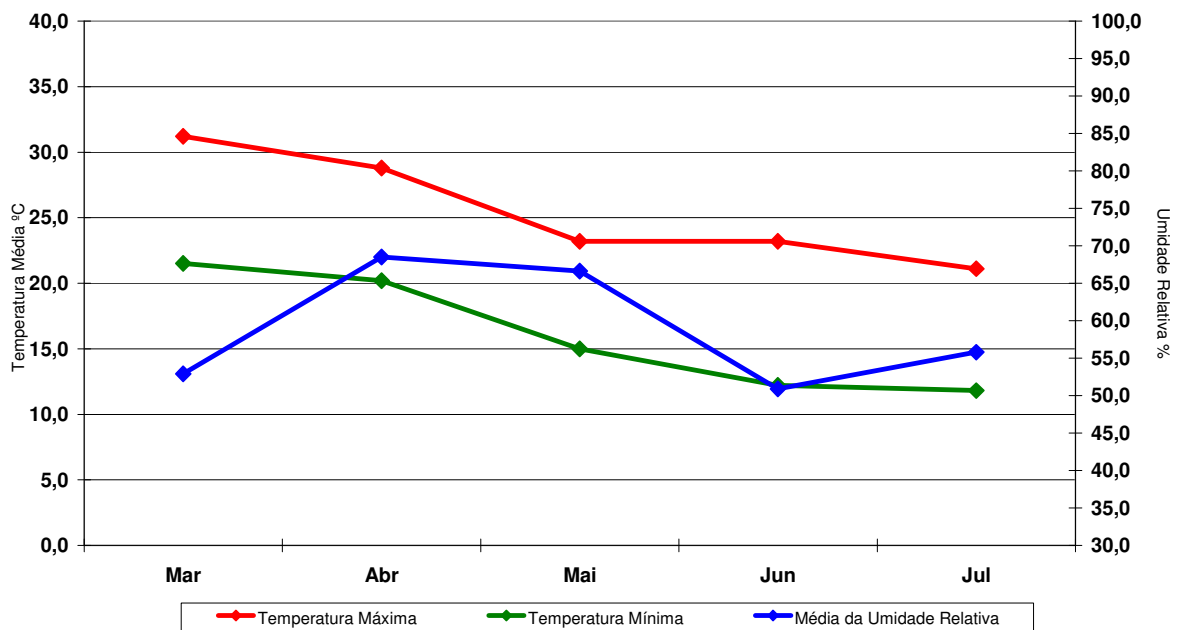


Figura 1. Médias mensais das temperaturas máximas, mínimas e umidade relativa média ocorridas no período experimental (março a julho/2007), na Estação Experimental e Centro de Pesquisa de Desenvolvimento da Syngenta Seeds Ltda., em Itatiba, SP.

### 3.2 Delineamento experimental, tratamentos e unidade experimental

O experimento foi instalado sob delineamento de blocos ao acaso, com os tratamentos em esquema fatorial 5 x 4, e três repetições. Os 20 tratamentos corresponderam à combinação dos fatores espaçamentos entre plantas (0,20; 0,30; 0,40 e 0,50 m) e doses de nitrogênio-potássio (105-105; 157,5-157,5; 210-210; 262,5-262,5 e 315-315 kg ha<sup>-1</sup> N-K<sub>2</sub>O). Essas doses correspondem a 50, 75, 100, 125 e 150% das doses de 210 kg ha<sup>-1</sup> de N e K<sub>2</sub>O. Estas foram obtidas na proposta de TRANI et al. (1997) para a cultura do brócolos, considerando-se a análise do solo da área experimental (Tabela 1).

Cada parcela foi constituída por 24 plantas (3 linhas de 8 plantas). Foram consideradas plantas úteis para avaliação das características, somente seis plantas centrais, da linha central das parcelas.

### 3.3 Instalação e condução do experimento

Do solo da área experimental, Latossolo Vermelho Amarelo, foi realizada amostragem para análise química e granulométrica. Os resultados encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Resultados das análises químicas do solo da área experimental, nas camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm.

Camada (cm)	pH CaCl <sub>2</sub>	MO g/dm <sup>3</sup>	P mg/dm <sup>3</sup>	K	Ca	Mg mmolc/dm <sup>3</sup>	H+Al	Al	V %
0-20	5,7	16	113	4,9	34	12	18	0	74,4
20-40	5,5	14	31	3,6	22	9	21	0	62,9
Camada (cm)	S-SO <sub>4</sub>	B	Cu mg/dm <sup>3</sup>	Fe	Mn	Zn	SB mmolc/dm <sup>3</sup>	CTC	
0-20	27	0,91	7,5	18	35	3,2	51	68	
20-40	106	0,75	4,2	13	26,8	1,4	35	55	

Tabela 2. Resultados das análises granulométricas do solo da área experimental, nas camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm.

Camada (cm)	areia total	areia grossa	areia fina g/kg	argila	Silte	Classificação
0–20	358	241	117	355	287	franco argiloso
20–40	308	205	103	424	268	argila

O preparo do solo foi realizado com roçadeira, aração e duas gradagens e os sulcos abertos com 20 cm de profundidade. O terreno apresenta declividade de 3%.

A calagem e as adubações de fósforo (superfosfato simples), boro (ácido bórico) e foliares de boro e molibdênio (molibdato de amônio) foram realizadas conforme recomendação de TRANI et al. (1997) para a cultura do brócolos.

O nitrogênio foi fornecido pelo fertilizante uréia e o potássio pelo cloreto de potássio. No plantio, foram aplicados 28,6% da dose de cada tratamento e o restante (71,4%) aplicado em cobertura, parcelado aos 15, 30, 45 e 60 dias após o transplante (DAT), épocas propostas por TRANI et al. (1997). Do total em cobertura, foram aplicados 20%, 30%, 30% e 20% na primeira, segunda, terceira e quarta épocas, respectivamente.

Fez-se a sementeira no dia 20 de março de 2007, em bandejas de poliestireno expandido de 200 células, utilizando-se substrato fibra de côco AMAFIBRA – tipo 11, pH = 5,8; condutividade elétrica = 1,1 dS m<sup>-1</sup>, densidade = 89 kg m<sup>-3</sup> e capacidade de retenção de umidade = 308 ml L<sup>-1</sup>.

Utilizou-se a cultivar Monaco, híbrido F<sub>1</sub>, que se caracteriza por apresentar planta ereta, ausência de brotação lateral, inflorescência com formato globular e granulação pequena, com diâmetro médio de 17,8 cm e altura de planta de 61 cm e ciclo de 100 a 110 dias. Recomendado para cultivo no outono-inverno este híbrido foi lançado no mercado brasileiro em 2002 (SYNGENTA SEEDS LTDA, 2006). A cultivar tem cerca de 25% no mercado de brócolos destinado à indústria.

O transplante foi realizado quando as mudas apresentaram quatro folhas além das cotiledonares, aos 30 dias após a sementeira. O espaçamento entrelinhas foi de 0,80 m.

O controle de plantas daninhas foi feito por meio de capinas manuais, de acordo com a necessidade, sem que houvesse competição com o brócolos. Os controles de pragas (traça das crucíferas e curuquerê) e doenças (podridão negra, míldio) foram feitos de maneira preventiva com aplicação de deltametrina, acefato, methomyl, oxiclreto de cobre+mancozeb, mancozeb. A irrigação por aspersão foi feita com aspersores AGROPOLO NY 30 ERL com lâmina de 15,9 mm, turno de rega de 45 minutos a cada 2 dias.

### **3.4 Características avaliadas**

#### 3.4.1 Estado nutricional, crescimento e ciclo

##### 3.4.1.1 Teor de nitrogênio e de potássio na folha diagnóstica do estado nutricional

Foi realizada amostragem da folha diagnóstica conforme recomendação de TRANI & RAIJ (1997), coletando-se a folha intermediária da planta, no início de visualização da inflorescência. As análises para determinação dos teores ( $\text{g kg}^{-1}$ ) de N e K seguiram os métodos descritos por BATAGLIA et al. (1983).

##### 3.4.1.2 Massa seca do caule (MSC)

Coletou-se o caule de uma planta, no início de visualização da inflorescência, e foi colocado em estufa com circulação forçada de ar a  $65^{\circ}\text{C}$  até atingir a massa constante, quando foi pesada e a massa expressa em  $\text{g planta}^{-1}$ .

##### 3.4.1.3 Massa seca da folha (MSF)

As folhas de uma planta, no início de visualização da inflorescência, foram secas em estufa com circulação forçada de ar a  $65^{\circ}\text{C}$  até atingir a massa constante, quando foram pesadas e a massa expressa em  $\text{g planta}^{-1}$ .

#### 3.4.1.4 Área foliar (AF)

Foi determinado no início da visualização da inflorescência, passando-se as folhas de uma planta em medidor eletrônico de área foliar, marca LICOR, modelo 3100. Expresso em  $\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ .

#### 3.4.1.5 Diâmetro do caule na inserção da inflorescência (DC)

Foi determinado no momento da colheita da inflorescência, com paquímetro, medindo-se o diâmetro do caule na região do corte da inflorescência. Expresso em centímetros.

#### 3.4.1.6 Comprimento do caule (CC)

No momento da colheita da inflorescência, com trena, mediu-se o comprimento do caule a partir do solo até a região ao corte da inflorescência. Expresso em centímetros.

#### 3.4.1.7 Distúrbios fisiológicos

Informação e quantificação da ocorrência dos distúrbios: caule oco (“hollow stem”), brotação lateral (“side shoot”), folhas na cabeça (“bracts in curd”) e olho de gato (“cat eye”) (Figura 2). Estas avaliações foram feitas no momento da colheita da inflorescência, avaliando-se cinco plantas por parcela.

#### 3.4.1.8 Ciclo (C)

Considerou-se o período compreendido entre o transplante e a colheita. A colheita ocorreu quando a inflorescência apresentava o máximo desenvolvimento antes da abertura dos botões florais. Expresso em dias.

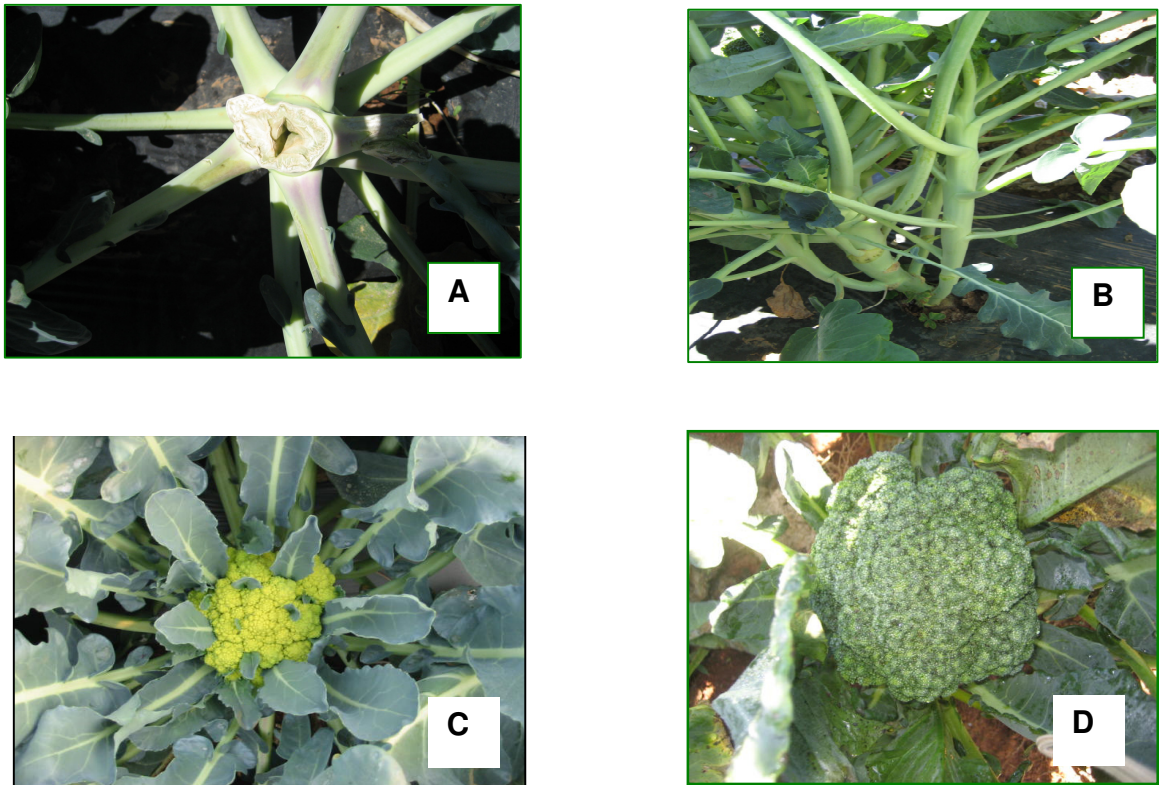


Figura 2. Distúrbios fisiológicos: caule oco (A), brotação lateral (B), folhas na cabeça (C) e olho de gato (D).

### 3.4.2 Produção

#### 3.4.2.1 Massa fresca da inflorescência (MFI)

No momento da colheita foram coletadas cinco inflorescências, pesadas individualmente e obteve-se o valor médio. Expresso em gramas.

#### 3.4.2.2 Produtividade: inflorescência (PI)

As inflorescências das plantas da área útil foram colhidas quando se apresentavam em ponto de colheita. Foram eliminadas as folhas protetoras da

inflorescência, de modo que a produtividade refere-se somente ao produto entre as massas das inflorescências e as densidades populacionais. Expresso em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

#### 3.4.2.3 Diâmetro da inflorescência (DI)

No momento da colheita da inflorescência, antes da abertura dos botões florais, mediu-se com paquímetro o diâmetro da inflorescência tomando-se a maior distância entre dois pontos na cabeça. Expresso em centímetros.

#### 3.4.2.4 Classificação da inflorescência

Devido à indisponibilidade de um padrão oficial por parte do Ministério da Agricultura/CEAGESP, e baseando-se na proposta de PIZETTA et al. (2005), que apresenta classes com abrangência de 3 cm, a produção foi classificada quanto ao diâmetro (cm) da inflorescência em: classe 10 (C10):  $\leq 10$  cm; classe 13 (C1013):  $> 10$  e  $\leq 13$  cm; classe 16 (C1316):  $> 13$  e  $\leq 16$  cm; classe 19 (C1619):  $> 16$  e  $\leq 19$  cm; classe 22 (C1922):  $> 19$  e  $\leq 22$  cm e classe 25 (C2225):  $> 22$  e  $\leq 25$  cm.

#### 3.4.2.5 Produtividade de floretes (PF)

Após a colheita, os floretes foram destacados da inflorescência e medidos o comprimento (base ao topo do florete). De acordo com o comprimento, os floretes foram classificados em: PF5 ( $\leq 5$  cm); PF57 ( $> 5$  e  $\leq 7$  cm); PF79 ( $> 7$  e  $\leq 9$  cm) e PF9 ( $> 9$  cm). Estas classes foram propostas baseando-se nas empresas ATI-GEL Vegetais Congelados e NUTRIZ Indústria e Comércio de Alimentos, as quais adotam como tamanho padrão<sup>1</sup> de floretes os de comprimento entre 7 a 10 cm e 4 a 6 cm, respectivamente.

---

<sup>1</sup> Informações prestadas por Fábio Mendes e Flávio Ressler, respectivamente engenheiro agrônomo e técnico agrícola das empresas ATI-GEL e NUTRIZ.



#### 3.4.2.6 Rendimento industrial (RI)

Resultado da relação entre produtividade de floretes (PF) e produtividade de inflorescência (PI).

### 3.5 Análise estatística

Foi realizada análise de variância pelo teste F, segundo o delineamento proposto, utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE INC., 1993). Na análise de variância, para as características avaliadas, considerou-se o delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 x 5. Para as características caule oco, brotação lateral, folhas na cabeça e olho de gato, e as classificações de inflorescências, os dados foram previamente transformados por raiz de  $X + 1$ .

Para melhor interpretação do efeito conjunto dos fatores densidade de plantio e adubação NK, independentemente de ter havido interação significativa dos fatores na análise de variância, foi realizada a análise de superfície de resposta polinomial quadrática. Quando este modelo apresentou ajuste significativo (teste F,  $P < 0,05$ ), a superfície de resposta foi utilizada para interpretar e discutir o efeito dos fatores. O estudo de regressão polinomial somente foi utilizado quando um fator foi influenciado significativamente, sem constatação de ajuste significativo da superfície de resposta.

Para a confecção dos gráficos de isolinhas, utilizou-se o programa estatístico Statistica (STATSOFT, 1995).

A equação que rege a regressão polinomial múltipla na superfície de resposta de segunda ordem segue o modelo:

$$Y = b_0 + b_1(\text{dose } \text{NK}_2\text{O}) + b_2(\text{espaçamento}) + b_3(\text{dose } \text{NK}_2\text{O})^2 + b_4(\text{dose } \text{NK}_2\text{O}) * (\text{espaçamento}) + b_5(\text{espaçamento})^2$$

Sendo:  $b_0$  = intercepto;  $b_1$  = coeficiente linear para o dose  $\text{NK}_2\text{O}$ ;  $b_2$  = coeficiente linear para o espaçamento;  $b_3$  = coeficiente quadrático para o dose  $\text{NK}_2\text{O}$ ;  $b_4$  = coeficiente da interação entre os fatores dose  $\text{NK}_2\text{O}$  e espaçamento;  $b_5$  = coeficiente quadrático para o espaçamento.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Estado nutricional, crescimento e ciclo

O teor de nitrogênio (N) na folha diagnóstica foi influenciado significativamente somente pela adubação  $NK_2O$  (Tabela 3). Porém, houve ajuste significativo da superfície de resposta em função da interação dose  $NK_2O$  e espaçamento (Tabela 4).

Tabela 3. Valores de F, significâncias e coeficientes de variação das características: teor de nitrogênio (N) e de potássio (K) na folha diagnóstica, massa seca do caule (MSC) e massa seca da folha (MSF). UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2007.

Causas de variação	N	K	MSC	MSF
Adubação (A)	9,92**	0,33 <sup>NS</sup>	0,56 <sup>NS</sup>	1,05 <sup>NS</sup>
Espaçamento (E)	2,65 <sup>NS</sup>	1,65 <sup>NS</sup>	6,64**	9,91**
A x E	0,58 <sup>NS</sup>	1,18 <sup>NS</sup>	0,54 <sup>NS</sup>	0,66 <sup>NS</sup>
CV (%)	9,30	19,20	25,04	30,04

\*\* e NS, respectivamente, linha sob linha, corresponde a significativo pelo teste F a 1% e não significativo.

Tabela 4. Análise da superfície de resposta para as características teor de N e de K na folha diagnóstica, massa seca do caule (MSC) e da folha (MSF) da cultivar de brócolos Monaco. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2007.

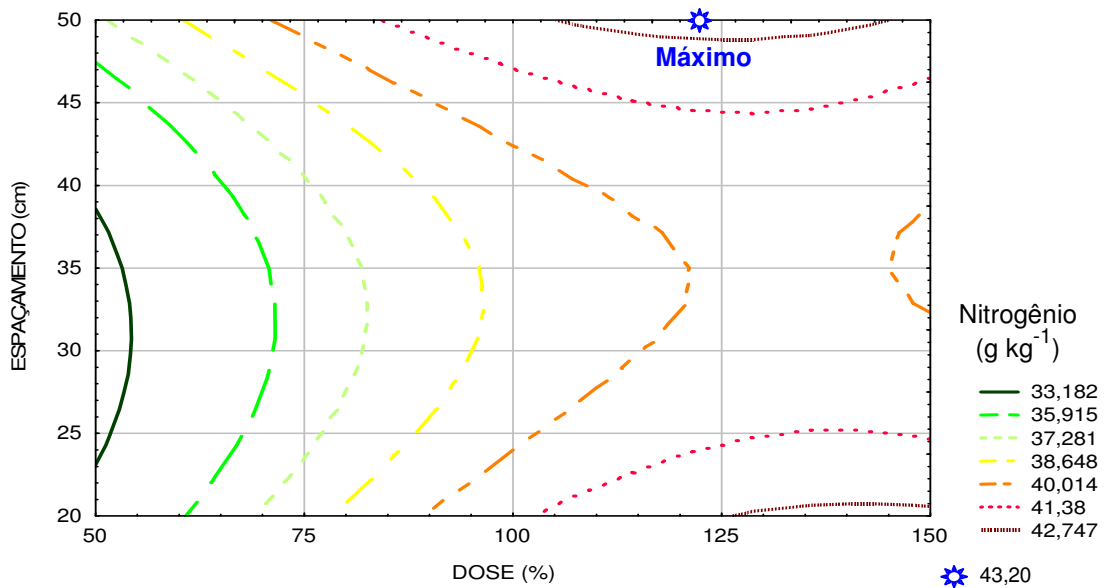
Parâmetros do modelo	Variável	Teor		MSC	MSF
		N	K		
$b_0$	Intercepto	30,5810	13,3808	6,9036	-15,7006
$b_1$	Dose	0,3323	0,0425	0,0469	1,1174
$b_2$	Espaçamento	-0,7224	0,0827	0,1813	1,0461
$b_3$	Dose x Dose	-0,0011	0,0002	0,0001	-0,0045
$b_4$	Dose x Esp.	-0,0012	-0,0021	-0,0016	0,0019
$b_5$	Esp. x Esp.	0,0127	0,0011	0,0028	0,0125
Teste F para o modelo		8,99**	1,42 <sup>NS</sup>	4,31**	5,42**
$R^2$		0,45	0,12	0,29	0,34
CV(%)		9,30	18,98	24,40	33,29
Ponto Crítico Dose		133,36	-	482,92	130,74
Ponto Crítico Espaçamento		34,79	-	108,16	-32,06
Tipo	Ponto de sela	-	-	Ponto de sela	Ponto de sela
Valor predito no ponto crítico		40,17	-	28,03	40,57

\*\* e NS, respectivamente, na linha Teste F para o modelo, corresponde a significativo pelo teste F a 1% e não significativo.

Maior teor de N na folha diagnóstica ( $43,2 \text{ g kg}^{-1}$ ) foi observado com  $0,50 \text{ m}$  entre plantas e  $125\%$  da dose  $\text{NK}_2\text{O}$  (Figura 3), que equivale a  $262,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e de  $\text{K}_2\text{O}$ . Na mesma Figura, nota-se que o teor de N foi incrementado com o aumento na adubação, visto que sob menor espaçamento,  $0,20 \text{ m}$  entre plantas, foi constatado plantas com teores entre  $42,7$  e  $43 \text{ g kg}^{-1}$ , quando a adubação foi realizada com  $125\%$  a  $150\%$  de  $\text{NK}_2\text{O}$ . O maior efeito da adubação em relação ao espaçamento pode, também, ser notado ao se reduzir em  $50\%$  a dose que maximizou o N, porém mantendo-se o espaçamento de  $0,50 \text{ m}$  entre plantas. Nesta condição, o teor de N diminuiu para  $38,9 \text{ g kg}^{-1}$ , o que corresponde a uma redução de  $10\%$  do máximo. Por outro lado, o valor de N seria de  $41,2 \text{ g kg}^{-1}$  ao se reduzir em  $50\%$  o espaçamento, que maximizou o N e mantendo-se  $125\%$  da dose  $\text{NK}_2\text{O}$ , o que equivale a uma redução de  $4,6\%$  no teor do nutriente.

Embora a interação significativa dos fatores (Figura 3) denota que plantas espaçadas em  $0,20 \text{ m}$  necessitam de maior dose  $\text{NK}_2\text{O}$  para expressarem o mesmo teor de N foliar do que quando em  $0,50 \text{ m}$ , percebe-se na mesma Figura que há predominância do fator adubação sobre o espaçamento para modificar o teor de N foliar do brócolos, o que foi atestado pela análise de variância, teste F (Tabela 3). Assim, o teor foliar de N poderia ser expresso pelo efeito isolado do fator dose de  $\text{NK}_2\text{O}$  ( $Y = 22,25 + 0,3x - 0,00116x^2$ ,  $R^2 = 0,93^*$ ), visto que se têm respostas semelhantes para expressão do teor foliar de N em função do aumento da adubação nos diferentes espaçamentos.

O menor teor de N ( $32,4 \text{ g kg}^{-1}$ ) foi obtido no espaçamento entre plantas de  $0,31 \text{ m}$  e com  $50\%$  da dose de  $\text{NK}_2\text{O}$ , que equivale a  $105 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e  $105 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . TRANI & RAIJ (1997) consideram teores de N foliar entre  $30$  e  $55 \text{ g kg}^{-1}$  como valores adequados para o brócolos. Sendo assim, o valor máximo obtido de  $43,2 \text{ g kg}^{-1}$  de N está dentro da faixa considerada adequada, assim como o valor mínimo de  $32,4 \text{ g kg}^{-1}$  de N.



$$z = 30,581000 + 0,332331x - 0,722467y - 0,001089x^2 - 0,001201xy + 0,012687y^2 \quad R^2 = 0,45^{**}$$

Figura 3. Isolinhas da superfície de resposta para teor (g kg<sup>-1</sup>) de nitrogênio (N) em brócolos, em função do espaçamento entre plantas, na linha, e percentagem da dose N (210 kg ha<sup>-1</sup>) e K<sub>2</sub>O (210 kg ha<sup>-1</sup>).

O teor de potássio (K) não foi influenciado significativamente pelos fatores estudados, espaçamento e adubação (Tabela 3). Também não houve ajuste significativo da superfície de resposta. Possivelmente, a ausência de resposta à variação nos fatores deve-se ao teor elevado de K no solo (Tabela 1), conforme limites de interpretação para o nutriente no solo, citados por RAIJ et al. (1997). No entanto, para o Estado de São Paulo, TRANI et al. (1997) recomendam 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no plantio e de 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em cobertura, totalizando 180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para solos com altos teores de K.

O teor médio observado de K na folha diagnóstica do brócolos foi de 16,8 g kg<sup>-1</sup>, teor que encontra-se abaixo da faixa de 20 a 40 g kg<sup>-1</sup> considerada adequada por TRANI & RAIJ (1997) para brócolos.

A característica massa seca do caule (MSC) foi influenciada significativamente somente pelo fator espaçamento (Tabela 3). Porém, houve ajuste significativo da superfície de resposta em função da interação dose  $NK_2O$  e espaçamento entre plantas (Tabela 4).

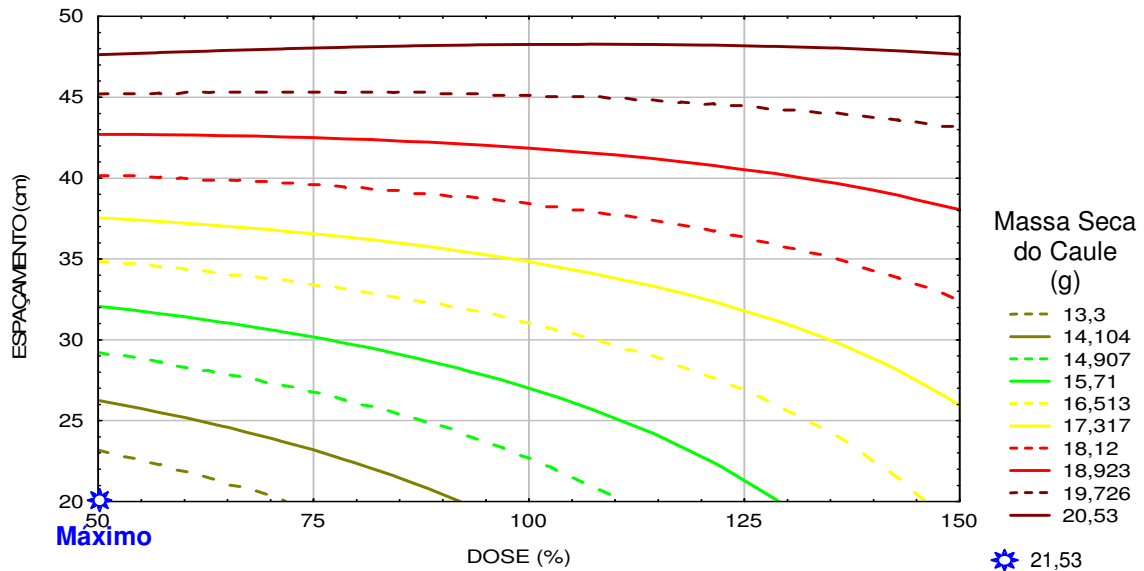
O valor máximo de MSC foi de 21,53 g, obtido na menor densidade de plantas, 25.000 plantas  $ha^{-1}$ , 0,50 m entre plantas, e menor dose de N e  $K_2O$  (105  $kg\ ha^{-1}$ ). Menor quantidade de MSC, 12,69 g, foi verificada na maior densidade de plantas (0,20 m entre plantas) e, também com a menor dose de N e  $K_2O$  (Figura 4).

O efeito do espaçamento foi marcante na MSC. Conforme Figura 4, menores espaçamentos entre plantas reduziram a MSC para uma mesma dose de N e  $K_2O$ . Interessante notar, também, que quanto menor o espaçamento entre plantas, o aumento na dose de  $NK_2O$  causou maior redução no acúmulo de MSC, efeito que se atenua ou praticamente não é mais observado a partir de 0,47 m entre plantas.

Na Tabela 3 verifica-se que não houve interação significativa entre os fatores avaliados, doses de  $NK_2O$  e espaçamentos, para a característica massa seca de folhas (MSF). Esta característica foi influenciada significativamente somente pelo fator espaçamento, assim como verificado para a MSC. Porém, houve ajuste significativo da superfície de respostas em função da interação dose  $NK_2O$  e espaçamento entre plantas (Tabela 4).

À medida que maior foi o espaçamento entre plantas obteve-se maior MSF, atingindo o máximo de 125,86 g com 0,50 m entre plantas e 114% da dose  $NK_2O$  (239,4  $kg\ ha^{-1}$  de N e de  $K_2O$ ) (Figura 5). Houve redução de 35,1% na MSF ao se reduzir em 50% o espaçamento que maximizou a MSF, 0,25 m entre plantas, mantendo-se a mesma dose  $NK_2O$  que maximizou a MSF. Observa-se uma redução de somente 11,4% no máximo quando se reduziu 50% da dose  $NK_2O$  que maximizou a MSF mantendo-se o espaçamento de 0,50 m entre plantas. Isto comprova o maior efeito da variação do espaçamento sobre a MSF das plantas do que o verificado na variação da adubação, o que também foi observado para MSC. A propósito, foi constatada correlação entre a MSC e a MSF (Figura 6), o que demonstra resposta

similar da planta para acúmulo de massa no caule e nas folhas em função da variação dos fatores.

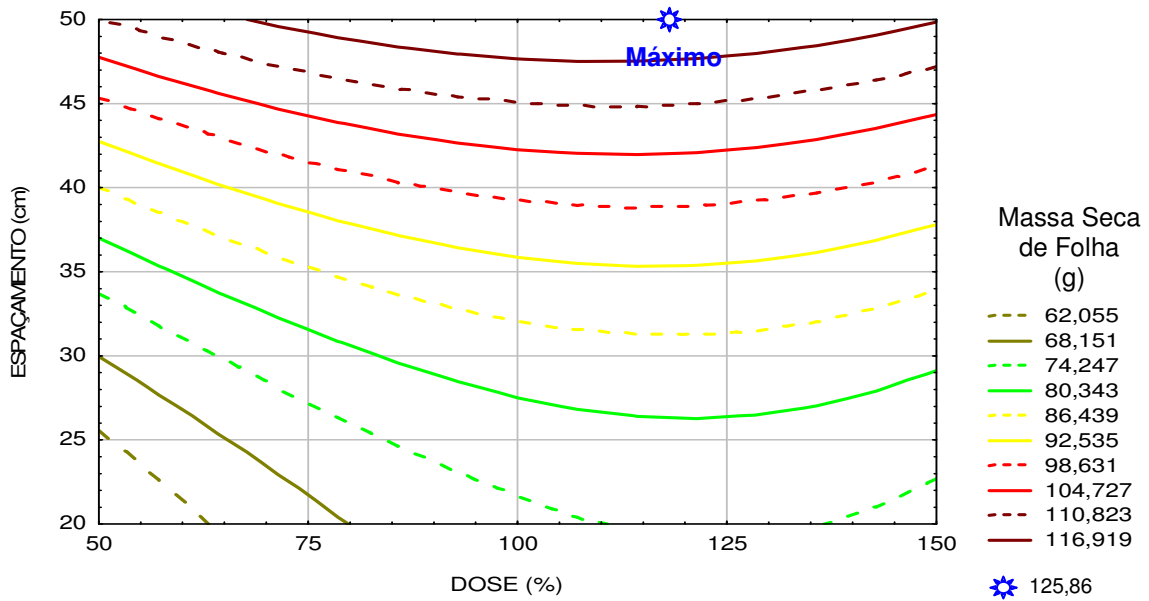


$$z = 6,903595 + 0,046931x + 0,181284y + 0,000133x^2 - 0,001618xy + 0,002773y^2 \quad R^2 = 0,28^{**}$$

Figura 4. Isolinhas da superfície de resposta para massa seca de caule (g) em brócolos, em função do espaçamento entre plantas na linha e percentagem da dose N ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e  $\text{K}_2\text{O}$  ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

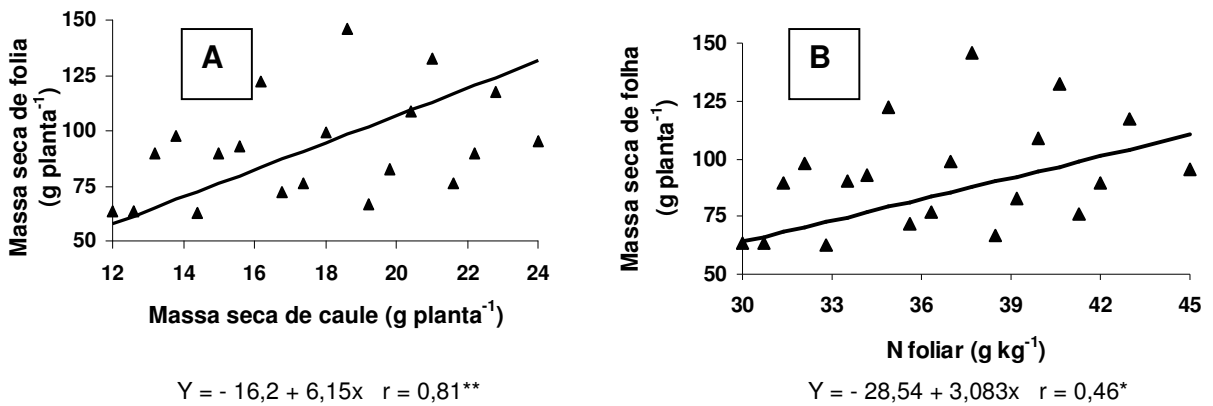
A menor MSF (52,92 g) foi verificada na maior densidade de plantas,  $62.500 \text{ plantas ha}^{-1}$ , cuja densidade é obtida com o menor espaçamento entre plantas, 0,20 m entre plantas, e com a menor dose de N e  $\text{K}_2\text{O}$  ( $105 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e de  $\text{K}_2\text{O}$ ). Este valor refere-se à redução de 57,9% no máximo da MSF.

O máximo da MSF foi obtido com o mesmo espaçamento entre plantas (0,50 m) e quase a mesma dose  $\text{NK}_2\text{O}$  ( $240 \text{ kg ha}^{-1}$ ) que proporcionaram o máximo teor foliar de N (0,50 m e  $262,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Observou-se correlação entre MSF e teor de N na folha diagnóstica (Figura 6).



$$z = -15,700638 + 1,117378x + 1,046108y - 0,004505x^2 + 0,001886xy + 0,012470y^2 \quad R^2 = 0,34^{**}$$

Figura 5. Isolinhas da superfície de resposta para massa seca de folhas (g) em brócolos, em função do espaçamento entre plantas na linha e percentagem da dose N (210 kg ha<sup>-1</sup>) e K<sub>2</sub>O (210 kg ha<sup>-1</sup>).



$$Y = -16,2 + 6,15x \quad r = 0,81^{**}$$

$$Y = -28,54 + 3,083x \quad r = 0,46^*$$

Figura 6. Correlações entre massa seca de caule e massa seca de folhas (A) e entre teor de N na folha diagnóstica e massa seca de folhas (B), em brócolos, sob diferentes espaçamentos entre plantas e doses de NK<sub>2</sub>O.

A área foliar (AF) foi influenciada significativamente somente pelo fator espaçamento (Tabela 5), assim como também foi verificado para a MSC e MSF. Contudo, houve ajuste significativo da superfície de resposta que expressa a interação dos fatores (Tabela 6).

Tabela 5. Valores de F, significâncias e coeficientes de variação das características: área foliar (AF), diâmetro do caule (DC), comprimento de caule (CC), caule oco (CO), brotação lateral (BL), folhas na cabeça (FC), olho de gato (OG) e ciclo. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2007.

Causas de variação	AF	DC	CC	CO	BL	FC	OG	C
Adubação (A)	1,51 <sup>NS</sup>	10,30 <sup>**</sup>	0,65 <sup>NS</sup>	1,75 <sup>NS</sup>	0,70 <sup>NS</sup>	2,23 <sup>NS</sup>	1,63 <sup>NS</sup>	2,48 <sup>NS</sup>
Espaçamento (E)	10,81 <sup>**</sup>	101,87 <sup>**</sup>	43,82 <sup>**</sup>	21,20 <sup>**</sup>	2,07 <sup>NS</sup>	29,79 <sup>**</sup>	3,49 <sup>*</sup>	23,51 <sup>**</sup>
A x E	0,55 <sup>NS</sup>	0,80 <sup>NS</sup>	1,11 <sup>NS</sup>	0,79 <sup>NS</sup>	0,60 <sup>NS</sup>	1,29 <sup>NS</sup>	1,08 <sup>NS</sup>	1,19 <sup>NS</sup>
CV (%)	23,77	6,85	7,14	4,64	24,57	18,62	22,94	2,46

\*, \*\* e NS, respectivamente, linha sob linha, corresponde a significativo pelo teste F a 5%, 1% e não significativo. Dados das características CO, BL, FC e OG foram transformados por raiz de  $x + 1$ .

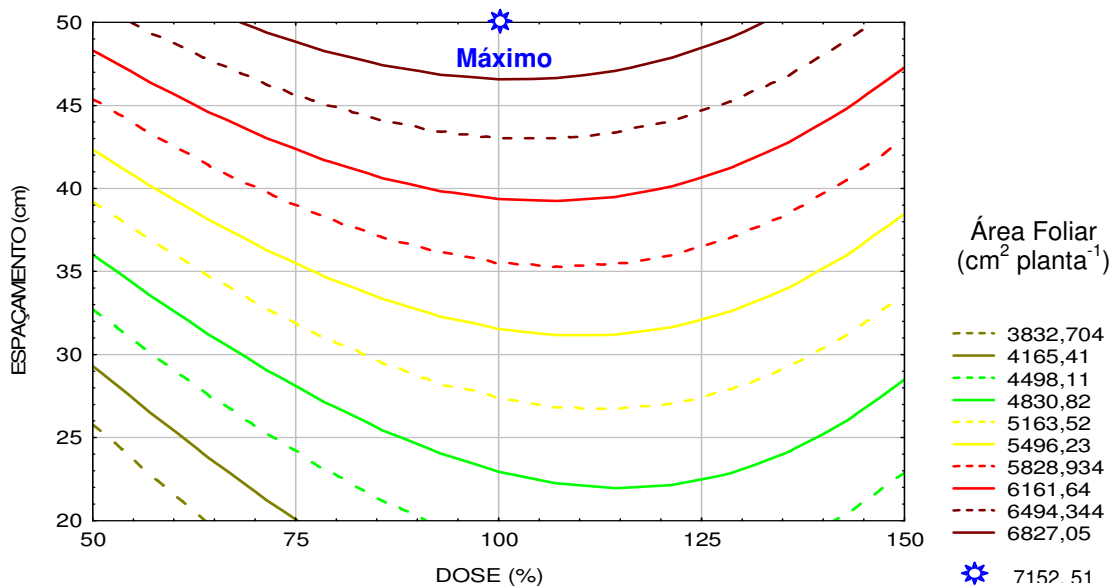
Observou-se que o aumento no espaçamento entre plantas proporcionou incrementos na AF, que foi maximizada ( $7.152 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ ) com 0,50 m entre plantas e 100% da dose  $\text{NK}_2\text{O}$  avaliada, ou seja, fornecendo-se  $210 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e de  $\text{K}_2\text{O}$  (Figura 7).

Tabela 6. Análise da superfície de resposta para as características área foliar (AF), diâmetro do caule (DC) e comprimento do caule (CC) para a cultivar de brócolos Monaco, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2007.

Parâmetros do modelo	Variável	AF	DC	CC
$b_0$	Intercepto	-1380,0939	-0,3108	45,5832
$b_1$	Dose	79,7026	0,0294	-0,0218
$b_2$	Espaçamento	81,4320	0,1256	-0,8812
$b_3$	Dose x Dose	-0,3137	-0,0001	0,00004
$b_4$	Dose x Esp.	-0,3377	-0,0001	0,0006
$b_5$	Esp. x Esp.	0,5264	-0,0008	0,0083
Teste F para o modelo		5,5 <sup>**</sup>	70,90 <sup>**</sup>	26,26 <sup>**</sup>
$R^2$		0,34	0,87	0,71
CV(%)		27,67	6,763	7,21
Ponto Crítico Dose		143,84	118,44	-166,49
Ponto Crítico Espaçamento		-31,21	74,27	58,67
Tipo		Ponto de sela	Máximo	Mínimo
Valor predito no ponto crítico		3081,73	6,09	21,55

<sup>\*\*</sup>, na linha para Teste F para o modelo, corresponde a significativo pelo teste F a 1%.





$$z = -1380,093856 + 79,702560x + 81,431974y - 0,313676x^2 - 0,337711xy + 0,526426y^2 \quad R^2 = 0,34^{**}$$

Figura 7. Isolinhas da superfície de resposta para área foliar ( $\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ ) em brócolos, em função do espaçamento entre plantas na linha e percentagem da dose N ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e  $\text{K}_2\text{O}$  ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Nota-se que tanto a AF quanto a MSF, MSC e teor de N na folha diagnóstica foram maximizados quando o brócolos encontrava-se plantado com o maior espaçamento entre plantas. Também, semelhantes foram as isolinhas observadas para MSF (Figura 5) e AF (Figura 7) em resposta aos aumentos no espaçamento entre plantas e doses  $\text{NK}_2\text{O}$ . Para MSF e AF foram observados maiores incrementos do que para MSC. No entanto, a dose  $\text{NK}_2\text{O}$  com a qual foram obtidos os máximos diferiram bastante, sendo necessários 105, 210, 240 e 262,5 kg de  $\text{NK}_2\text{O}$  para MSC, AF, MSF e teor de N, respectivamente.

Mantendo-se o espaçamento de 0,50 m entre plantas e reduzindo-se em 50% a dose  $\text{NK}_2\text{O}$  que maximizou a AF, tem-se uma redução de 12,38%, obtendo-se  $6.364,17 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ . Por outro lado, se o espaçamento que maximizou a AF fosse reduzido em 50%, portanto para 0,25 m entre plantas na linha, e se mantidas as doses  $\text{NK}_2\text{O}$  ( $210$  -

210 kg ha<sup>-1</sup>) necessárias para maximizar a AF, a AF da planta seria de 4.973,94 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>, cerca de 43,78% a menos do máximo verificado. Percebe-se, então, que o efeito na variação do espaçamento sobre a AF da planta foi muito maior do que o verificado na variação da adubação.

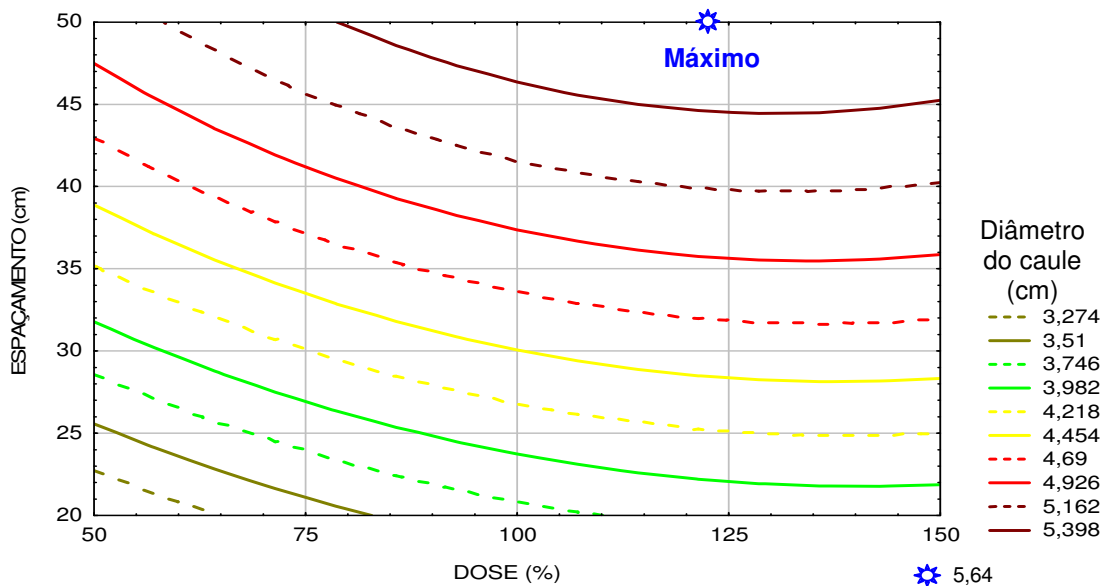
A menor AF (3.322,34 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) foi obtida com a maior densidade de plantio (62.500 plantas ha<sup>-1</sup>), ou seja, quando se utilizou 0,20 m entre plantas e adubou-se com 105 kg ha<sup>-1</sup> de N e 105 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 7). Portanto, a maior densidade de plantas proporcionou menor crescimento foliar, devido à maior competição intraespecífica por área. SINGH et al. (2006) também verificaram redução da área foliar de brócolos, cv. Fiesta, pois observaram menor número de folhas como reflexo do menor espaçamento entre plantas.

O diâmetro do caule (DC) foi influenciado significativamente pela adubação e espaçamento, não sendo observada interação dos fatores (Tabela 5). Porém, houve ajuste significativo da superfície de resposta que expressa a interação dos fatores (Tabela 6).

Com a redução na densidade de plantas, ou seja, o aumento no espaçamento entre plantas, houve incrementos no DC (Figura 8), que atingiu seu valor máximo (5,64 cm) com 0,50 m entre plantas e 128% da dose NK<sub>2</sub>O (268,8 kg ha<sup>-1</sup> de N e K<sub>2</sub>O). O valor mínimo de DC (3 cm) foi verificado ao se utilizar o espaçamento 0,20 m entre plantas e 50% da dose NK<sub>2</sub>O (105 e 105 kg ha<sup>-1</sup> de N e K<sub>2</sub>O). O aumento na densidade de plantas resultando no decréscimo do diâmetro do caule corrobora resultados observados por CHUNG (1982), KAHN et al. (1991) e SINGH et al. (2006).

Para espaçamentos entre plantas de até 0,45 m, aumentos na dose NK<sub>2</sub>O proporcionaram maiores DC. Esta resposta da planta pode ser atribuída à maior demanda da parte aérea por assimilados e água, visto que o DC (4,57 cm ± 0,79) correlacionou-se positivamente com a MSC ( $Y_{MSC} = 3,31 + 3,134x$ ,  $r = 0,82^{**}$ ), MSF ( $Y_{MSF} = -21,37 + 24,75x$ ,  $r = 0,82^{**}$ ) e AF ( $Y_{AF} = -241,1 + 1244,23x$ ,  $r = 0,85^{**}$ ).

Para espaçamentos maiores que 0,45 m, os incrementos não foram percebidos quando se aplicou mais que 80% da dose NK<sub>2</sub>O, havendo, inclusive nestas doses, decréscimos no DC.



$$z = -0,310805 + 0,029390x + 0,125579y - 0,000098943x^2 - 0,000080147xy - 0,000781y^2 \quad R^2 = 0,87^{**}$$

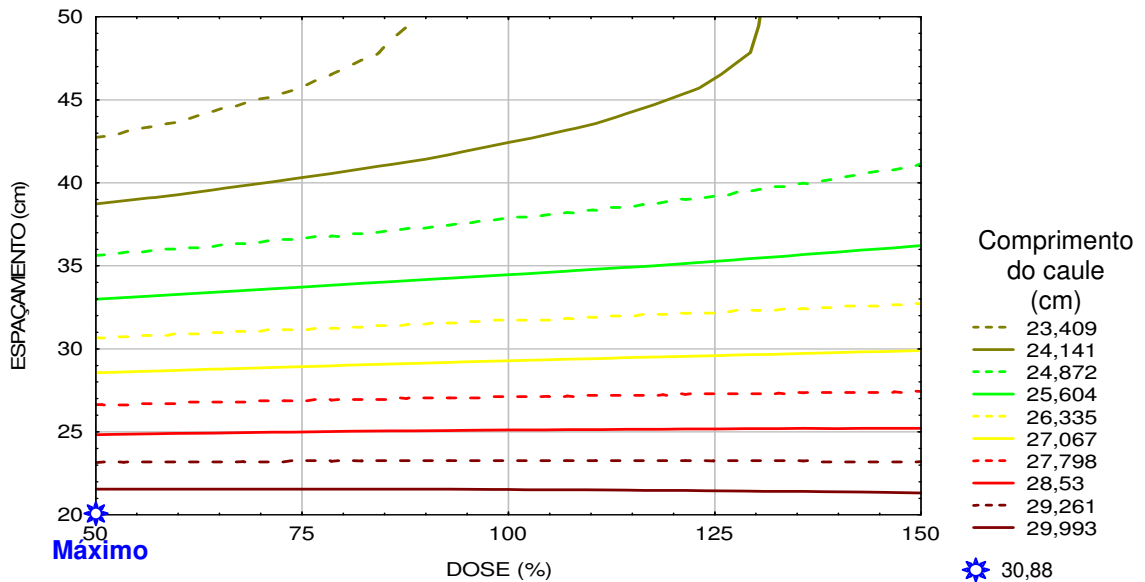
Figura 8. Isolinhas da superfície de resposta para diâmetro do caule (cm) em brócolos, em função do espaçamento entre plantas na linha e percentagem da dose N ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e  $\text{K}_2\text{O}$  ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

A princípio, maior DC é interessante, pois pode expressar maior capacidade da planta em transportar água, nutrientes e compostos orgânicos da raiz para a parte aérea. No entanto, altas doses de N são associadas ao oramento do caule (VIGIER & CUTCLIFFE, 1985), ou seja, a expectativa de maior DC por maior vascularização pode não se confirmar. TREMBLAY (1989) observou que aumentando linearmente as doses de N maiores foram o volume e o diâmetro da região oca do caule para.

A característica comprimento do caule (CC) foi influenciada significativamente somente pelo espaçamento (Tabela 5), mas houve ajuste significativo da superfície de respostas para interação dos fatores (Tabela 6).

Entre os dois fatores, verificou-se, na característica CC, maior efeito do espaçamento do que da adubação (Figura 9). O CC foi maximizado (30,88 cm) no espaçamento de 0,20 m entre plantas e 50% da dose  $\text{NK}_2\text{O}$  avaliada, ou seja, o fornecimento de  $105 \text{ e } 105 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e  $\text{K}_2\text{O}$ , quase o oposto às condições que

proporcionaram obter o máximo DC (0,5 m x 268,8 kg ha<sup>-1</sup> de NK<sub>2</sub>O).



$$z = 45,583213 - 0,021818x - 0,881232y + 0,000037517x^2 + 0,000585xy + 0,008340y^2 \quad R^2 = 0,71^{**}$$

Figura 9. Isolinhas da superfície de resposta para comprimento do caule (cm) em brócolos, em função do espaçamento entre plantas na linha e percentagem da dose N (210 kg ha<sup>-1</sup>) e K<sub>2</sub>O (210 kg ha<sup>-1</sup>).

Praticamente, pode-se afirmar que em espaçamentos entre plantas de 0,25 m ou menor, o aumento na dose NK<sub>2</sub>O não influenciou o CC. Ao contrário, o efeito da adubação pode ser mais bem notado a partir de 0,25 m, e com maiores incrementos em espaçamentos superiores a 0,40 m entre plantas (Figura 9). Resultados opostos ao deste trabalho foram obtidos por SINGH et al. (2006), que verificaram aumento na altura de plantas, de 25,22 para 30,47 cm e de 22,98 para 27,72 cm nas safras 2001-2002 e 2002-2003, respectivamente, com o aumento no espaçamento de plantas de brócolos.

Maior caule não é uma característica interessante em brócolos, pois pode favorecer à sua quebra e maior desenvolvimento de plantas daninhas. O CC (26,4 cm ± 3,0) correlacionou-se com as características de modo inversamente proporcional, sendo: MSC ( $Y_{MSC} = 37,07 - 0,607x$ ,  $r = -0,63^{**}$ ), DC ( $Y_{DC} = 40,46 - 3,08x$ ,  $r = -0,80^{**}$ ), MSF ( $Y_{MSF} = 34,8 - 0,71x$ ,  $r = -0,71^{**}$ ) e AF ( $Y_{AF} = 36,44 - 0,018x$ ,  $r = 0,70^{**}$ ) e não

correlacionou-se com o teor de N. Desta forma, pode-se inferir que as associações observadas tiveram maior contribuição do fator espaçamento entre plantas do que dos nutrientes aplicados.

Maior CC ocorreu em uma condição (espaçamento e adubação) divergente daquelas em que foram maximizadas a MSC, a DC, a MSF, a AF e o teor de N. Atribuiu-se ao aumento no CC do brócolos à maior competição entre plantas por luz. Menor espaçamento promove menor ângulo foliar em relação ao eixo da planta e maior sombreamento por plantas vizinhas, condições que causam redução da fotossíntese. Para compensar a perda, a planta alonga o caule na tentativa de situar a área foliar em plano superior à da planta vizinha e, conseqüentemente, elevar a taxa fotossintética. ALBUQUERQUE et al. (2005), que avaliaram a cultivar de brócolos Ramoso Piracicaba, em três espaçamentos de plantas (50 x 60 cm, 60 x 70 cm e 70 x 80 cm), não observaram diferença significativa na altura de plantas.

O menor CC foi de 22,83 cm, verificado no maior espaçamento estudado, 50 cm entre plantas na menor dose  $NK_2O$  (105 e 105  $kg\ ha^{-1}$  de N e  $K_2O$ ).

Quanto aos distúrbios fisiológicos, para o caule oco, verificou-se que este foi influenciado significativamente somente pelo espaçamento entre plantas (Tabela 5). No entanto, houve ajuste significativo da superfície de resposta (Tabela 7).

Tabela 7. Análise da superfície de resposta para as características caule oco (CO), brotação lateral (BL), folhas na cabeça (FC), olho de gato (OG) e ciclo (C) da cultivar de brócolos Monaco. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2007.

Parâmetros do modelo	Variável	Distúrbios Fisiológicos				
		CO	BL	FC	OG	C
$b_0$	Intercepto	-1,2900	-2,4600	-1,6633	0,3300	84,3581
$b_1$	Dose	0,0246	0,0200	0,0283	0,0295	0,0031
$b_2$	Espaçamento	0,2340	0,0993	-0,0187	-0,0596	-0,4788
$b_3$	Dose x Dose	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0002
$b_4$	Dose x Esp.	-0,0003	-0,0001	0,0002	-0,0004	0,0006
$b_5$	Esp. x Esp.	-0,0023	-0,0010	0,0013	0,0018	0,0036
Teste F para o modelo		24,45**	1,94 <sup>ns</sup>	19,38**	2,00 <sup>ns</sup>	13,63**
$R^2$		0,89	0,41	0,87	0,42	0,56
CV(%)		4,78	75,70	34,61	70,90	2,62
Ponto Crítico Dose		122,70	-	98,01	-	93,47
Ponto Crítico Espaçamento		42,03	-	-1,33	-	59,18
Tipo	Máximo		-	Ponto de sela	-	Ponto de sela
Valor predito no ponto crítico		5,14	-	-0,26	-	70,34

\*\* e NS, respectivamente, na linha Teste F para o modelo, corresponde a significativo pelo teste F a 1% e não significativo.

O número de plantas com caule oco aumentou com incrementos no espaçamento entre plantas e na dose de  $NK_2O$ , atingindo 100% das plantas com distúrbio, quando estiveram espaçadas entre si em 0,50 m e adubadas com 102% da dose  $NK_2O$  (Figura 10).

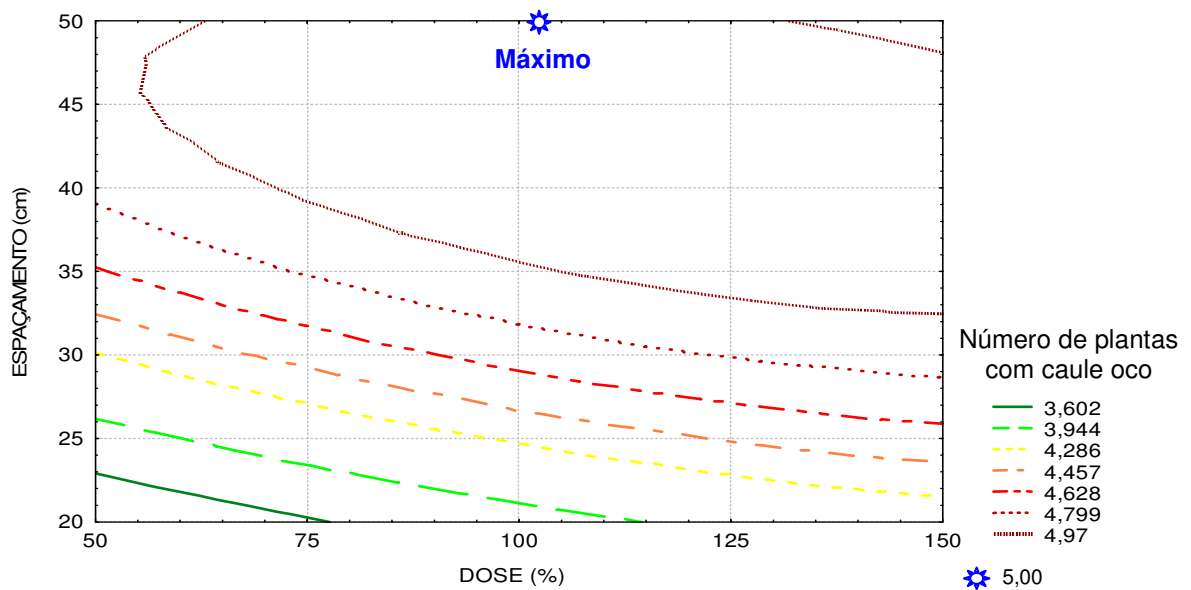
Acredita-se que entre os nutrientes N e K, que tiveram suas quantidades aumentadas na adubação em proporções iguais, o aumento do distúrbio esteja correlacionado com o N. Na literatura não foi encontrado qualquer trabalho que fizesse menção à promoção do distúrbio pelo K. Contudo, GORSKI & ARMSTRONG (1985), que avaliaram o brócolos sob três espaçamentos entre plantas (20, 30 e 40 cm) e quatro doses de nitrogênio (0, 112, 168 e 224 kg ha<sup>-1</sup>), verificaram que tanto o aumento no espaçamento quanto na dose de nitrogênio aumentou a incidência de caule oco.

VIGIER & CUTCLIFFE (1985) também verificaram que maior quantidade de nitrogênio em brócolos aumentou a incidência de caule oco. Por outro lado, TREMBLAY (1989) relaciona o aumento nas quantidades de N às plantas de brócolos com o aumento no volume e no diâmetro da região oca do caule. Aparentemente, a ocorrência do distúrbio não prejudicou o crescimento da planta, pois nas condições de espaçamento e dose de  $NK_2O$ , nas quais maximizou-se a percentagem de plantas com caule oco, também foram constatadas quantidades elevadas, quase máximas, de MSC, MSF, AF, DC e teor de N.

A menor ocorrência de caule oco foi de 65%, quando se utilizou o menor espaçamento entre plantas e a menor dose  $NK_2O$ .

O distúrbio brotação lateral não foi influenciado significativamente pelos fatores, isolados ou em interação (Tabela 5). Também não foi obtido ajuste significativo para superfície de resposta aos fatores em avaliação (Tabela 7). Em média, 10% das plantas apresentaram o distúrbio.

Quanto ao distúrbio folhas na cabeça (FC), assim como para o CO, foi influenciada significativamente somente pelo espaçamento entre plantas (Tabela 5). Contudo, houve o ajuste significativo da superfície de resposta (Tabela 7).

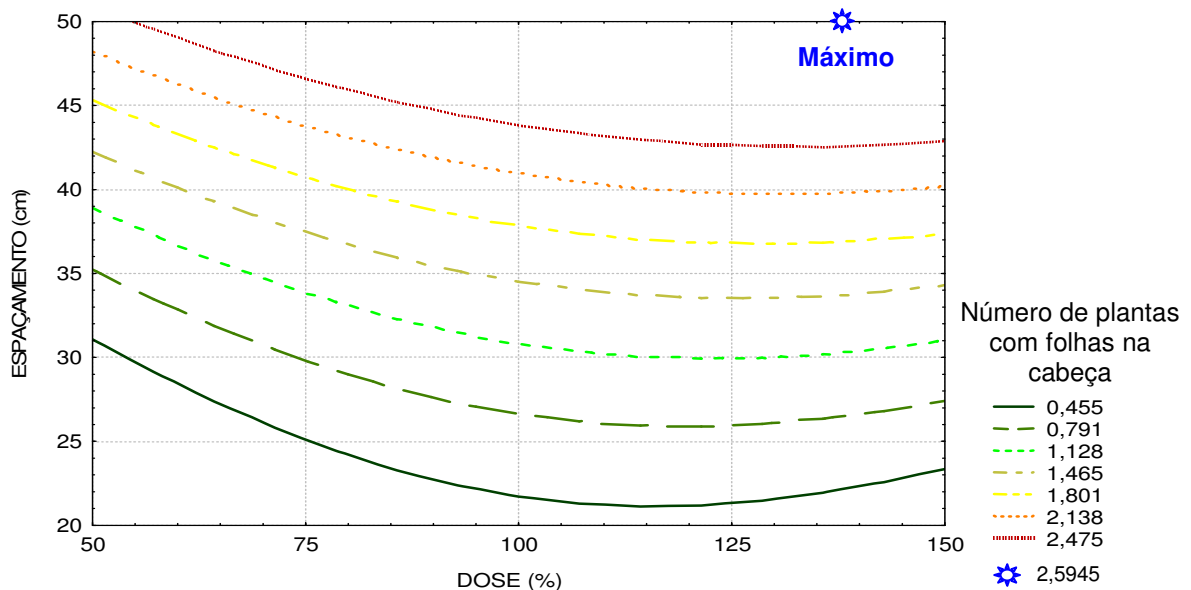


$$z = -1,290000 + 0,024590x + 0,234000y - 0,000047619x^2 - 0,000307xy - 0,002333y^2 \quad R^2 = 0,89^{**}$$

Figura 10. Isolinhas da superfície de resposta para porcentagem de plantas com caule oco em brócolos, em função do espaçamento entre plantas na linha e porcentagem da dose N ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e  $\text{K}_2\text{O}$  ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Com o aumento do espaçamento entre plantas, houve incremento na porcentagem de plantas com FC, tornando-se máxima (2,6 plantas em 5 avaliadas) com 0,50 m entre plantas e 138% da dose  $\text{NK}_2\text{O}$  avaliada, ou seja, o fornecimento de  $290 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e  $\text{K}_2\text{O}$  (Figura 11).

O efeito na variação do espaçamento entre plantas sobre a porcentagem de FC foi muito maior do que o verificado na variação da adubação. Nota-se nas isolinhas da Figura 11 que o aumento de 100 para 150% da dose  $\text{NK}_2\text{O}$  praticamente não alterou a porcentagem do distúrbio FC, para qualquer um dos espaçamentos entre plantas. Por outro lado, para qualquer dose  $\text{NK}_2\text{O}$ , o aumento do espaçamento entre plantas promoveu incrementos no número de plantas com FC.



$$z = -1,663333 + 0,028305x - 0,018667y - 0,000143x^2 + 0,000227xy + 0,001333y^2 \quad R^2 = 0,87^{**}$$

Figura 11. Isolinhas da superfície de resposta para número de plantas com folhas na cabeça em brócolos, em função do espaçamento entre plantas na linha e percentagem da dose N ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e  $\text{K}_2\text{O}$  ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Assim como constatado para os distúrbios CO e FC, somente o fator espaçamento entre plantas influenciou significativamente a característica número de inflorescências com olho de gato (OG) (Tabela 5) com maiores valores à medida que maior foi o espaçamento entre plantas ( $Y = -0,02 + 0,02867x$ ,  $R^2 = 0,75^*$ ). Não houve ajuste significativo da superfície de resposta à interação dos fatores (Tabela 7). As maiores incidências dos distúrbios fisiológicos CO, FC e OG foram observadas quando se utilizou a menor densidade de plantas ( $25.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ ) com pequena (CO e FC) ou nula (OG) influência da adubação. A menor incidência dos mesmos foi observada, principalmente, com o aumento da densidade.

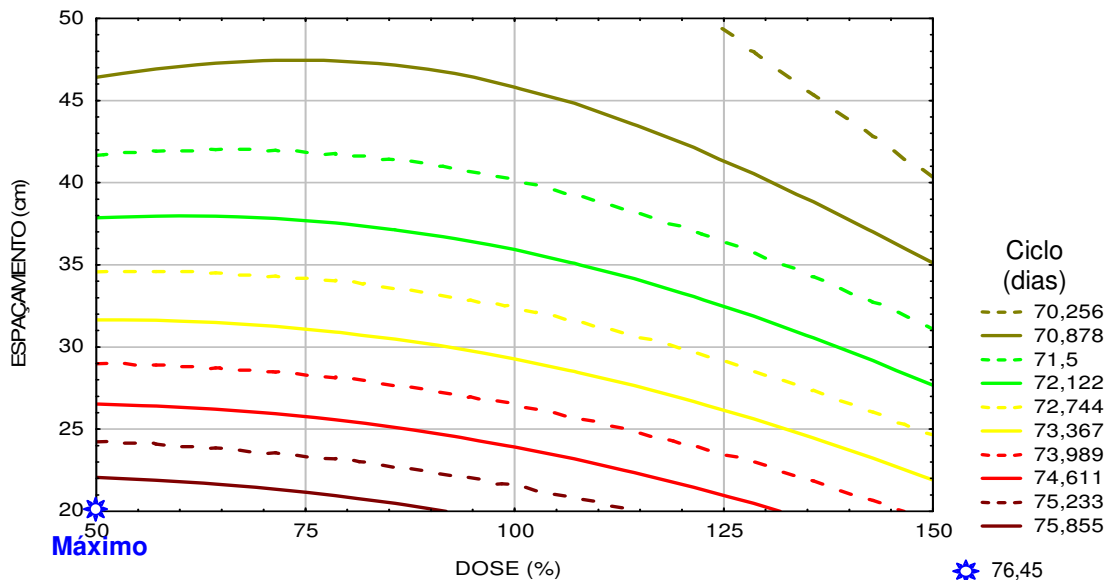
O ciclo foi influenciado significativamente somente pelo espaçamento (Tabela 5). Contudo, houve ajuste significativo da superfície de resposta em função da interação doses N- $\text{K}_2\text{O}$  e espaçamento entre plantas (Tabela 7).



Maior ciclo (77 dias) foi obtido sob maior densidade de plantio ( $62.500 \text{ plantas ha}^{-1}$ ), 0,20 m entre plantas, e menor dose  $\text{NK}_2\text{O}$  ( $105 \text{ e } 105 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e  $\text{K}_2\text{O}$ ) (Figura 12). Devido possivelmente à maior concorrência pela planta, por água, nutrientes e luz. O aumento no fornecimento de N e K de  $105 \text{ kg ha}^{-1}$  para  $315 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e  $\text{K}_2\text{O}$ , que correspondem, respectivamente a 50 e 150% da dose de  $\text{N-K}_2\text{O}$  de referência ( $210 - 210 \text{ kg ha}^{-1}$ ), mantendo-se o espaçamento entre plantas em 0,20 m, reduziu o ciclo de 77 para 74 dias. Normalmente, o aumento no fornecimento de N está relacionado com aumento do ciclo, o que não foi observado no brócolos. Provavelmente, o aumento também do K na adubação pode ter contribuído para o melhor uso do N pela planta, ou a maior dose na forma como foi parcelada não causou excesso de N na planta, o que pode, inclusive, ser comprovado pelo teor adequado do nutriente na folha diagnóstica. Por outro lado, o aumento do espaçamento entre plantas de 0,20 para 0,50 m, mantendo-se as doses de  $105 \text{ e } 105 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e  $\text{K}_2\text{O}$ , o ciclo que era de 77 dias foi reduzido para 70 dias (Figura 12).

Estes resultados concordam em parte com os obtidos por CRISP et al. (1986), que avaliaram cinco sub-populações de brócolos e a cultivar Corvet, adubados com 250 e  $230 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente. Concluíram que com o aumento do espaçamento de  $15 \times 15 \text{ cm}$  até  $60 \times 60 \text{ cm}$  houve redução no ciclo, mensurado em acúmulos de graus-dia (1096 e 958, respectivamente); porém, no espaçamento de  $75 \times 75 \text{ cm}$  houve um ligeiro acréscimo no comprimento do ciclo, atingindo 988 graus-dia.

O mesmo foi observado por KAHN et al. (1991), em um experimento em que avaliaram dois espaçamentos entre plantas (15 e 30 cm), sendo 30 cm entre fileiras simples e 90 cm entre as fileiras duplas. A colheita da cultivar Premium Crop atrasou 2,3 dias, em média, no menor espaçamento, 15 cm. SINGH et al. (2006) também verificaram que na maior densidade de plantas ( $45 \times 30 \text{ cm}$ ) o ciclo foi de 3,88 e 3,6 dias maior do que na menor densidade ( $45 \times 60 \text{ cm}$ ) de plantas, em duas safras de cultivo avaliadas, respectivamente.



$$z = 84,358129 + 0,003127x - 0,478831y - 0,000207x^2 + 0,000602xy + 0,003570y^2 \quad R^2 = 0,56^{**}$$

Figura 12. Isolinhas da superfície de resposta para ciclo (dias) em brócolos, em função do espaçamento entre plantas na linha e porcentagem da dose N ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e  $\text{K}_2\text{O}$  ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

## 4.2 Produção

A massa fresca da inflorescência (MFI) foi influenciada significativamente pelo espaçamento entre plantas e pela adubação (Tabela 8). Contudo, verificou-se ajuste significativo da superfície de resposta para interação dos fatores (Tabela 9). Houve incrementos na MFI com aumento do espaçamento (Figura 13), sendo o máximo ( $564,22 \text{ g}$ ) obtido com  $0,50 \text{ m}$  entre plantas e  $111\%$  da dose  $\text{NK}_2\text{O}$  ( $233 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e de  $\text{K}_2\text{O}$ ). Sob as mesmas condições de espaçamento e dose  $\text{NK}_2\text{O}$  têm-se  $43 \text{ g kg}^{-1}$  de N;  $126 \text{ g planta}^{-1}$  de MSF;  $7.116 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$  de AF e  $71 \text{ cm}$  de DC, os quais corresponderam a  $99,5$ ;  $99,9$ ;  $99,5$  e  $92,2\%$  dos máximos destas características. De comum a todas, tem-se o espaçamento em que foram obtidas,  $0,50 \text{ m}$  entre plantas. Quanto à dose  $\text{NK}_2\text{O}$ , os máximos de MSF e de AF foram obtidos com quantidades

muito próximas à da MSF (233 kg ha<sup>-1</sup>), a saber, 239 e 210 kg ha<sup>-1</sup> de NK<sub>2</sub>O respectivamente.

Tabela 8. Valores de F, significâncias e coeficientes de variação das características da massa fresca de inflorescência (MFI), produtividade de inflorescência (PI) e diâmetro da inflorescência (DI). UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2007.

Causas de variação	MFI	PI	DI
Adubação (A)	4,99**	8,40**	6,27**
Espaçamento (E)	68,66**	17,96**	43,36**
A x E	1,03 <sup>NS</sup>	2,05*	1,93 <sup>NS</sup>
CV (%)	11,93	11,69	6,15

\*, \*\* e NS, respectivamente, linha sob linha, corresponde a significativo pelo teste F a 5%, 1% e não significativo.

Tabela 9. Análise da superfície de resposta para as características massa fresca da inflorescência (MFI), produtividade da inflorescência (PI) e diâmetro da inflorescência (DI), para a cultivar de brócolos Monaco, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2007.

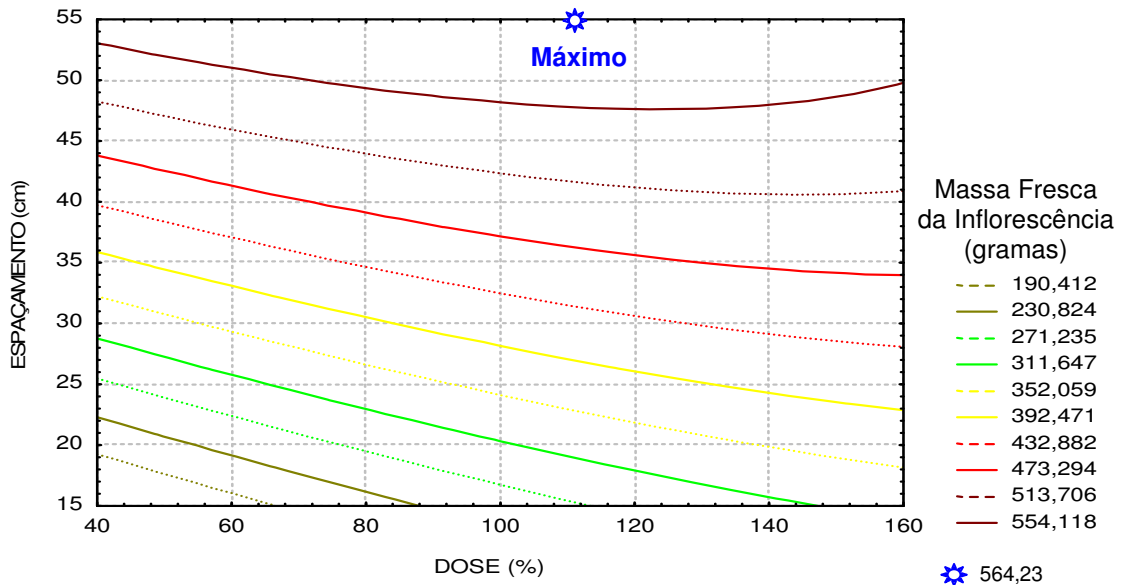
Parâmetros do modelo	Variável	MFI	PI	DI
b <sub>0</sub>	Intercepto	-228,6267	6980,7601	2,2388
b <sub>1</sub>	Dose	3,5001	198,4064	0,0613
b <sub>2</sub>	Espaçamento	18,1910	23,8103	0,4469
b <sub>3</sub>	Dose x Dose	-0,0066	-0,34571	-0,0001
b <sub>4</sub>	Dose x Esp.	-0,0394	-2,6020	-0,0009
b <sub>5</sub>	Esp. X Esp.	-0,0810	1,1220	-0,0034
Teste F para o modelo		70,56**	17,69**	25,79**
R <sup>2</sup>		0,96	0,63	0,71
CV(%)		5,55	12,62	6,84
Ponto Crítico Dose		-259,15	60,94	131,00
Ponto Crítico Espaçamento		175,33	60,06	49,14
Tipo		Máximo	Ponto de sela	Máximo
Valor predito no ponto crítico		913,02	13,74	17,24

\*\* na linha Teste F para o modelo, corresponde a significativo pelo teste F a 1%.

Na maior densidade de plantas avaliada (0,20 m entre plantas) e 50% da dose NK<sub>2</sub>O, foi verificada a menor MFI (221,3 g), que correspondeu à redução de 60,8% da máxima MFI.

A resposta da planta aos fatores avaliados denota que para maximizar a MFI foi preciso diminuir a densidade populacional. Pois, mesmo aplicando-se a maior dose (315 kg de N e de K<sub>2</sub>O), a MFI não foi maximizada em espaçamentos inferiores a 0,50

m entre plantas. A adubação contribuiu para o aumento da MFI, mas teve seu efeito limitado pela competição entre plantas que se eleva com a diminuição do espaçamento.



$$z = -228,626666 + 3,500175x + 18,191000y - 0,006577x^2 - 0,39395xy - 0,080967y^2 \quad R^2 = 0,96^{**}$$

Figura 13. Isolinhas da superfície de resposta para massa fresca de inflorescências (gramas) em brócolos, em função do espaçamento entre plantas na linha e percentagem da dose N ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e  $\text{K}_2\text{O}$  ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

A interação espaçamento e adubação mostram-se importante na rentabilidade da cultura, não só pelo tamanho da inflorescência a ser comercializada, mas também, sobre o número de inflorescências e o custo relativo ao gasto de fertilizantes. Ao se optar por cultivar o brócolos sob menor densidade populacional, exemplo 0,50 m entre plantas, obtém-se a possibilidade de colher 25.000 inflorescências de 564 gramas, se utilizar  $233 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{NK}_2\text{O}$  (Figura 13). Por outro lado, se a opção fosse a de adotar 0,35 m entre plantas, obter-se-ia 35.714 inflorescências de 400 gramas, com significativa redução de adubo, aplicando-se  $105 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{NK}_2\text{O}$ . Portanto, a questão não se atém simplesmente à produtividade, mas ao preço recebido pelo produtor pela

classificação da inflorescência e custos de sementes, fertilizantes, embalagens e transporte.

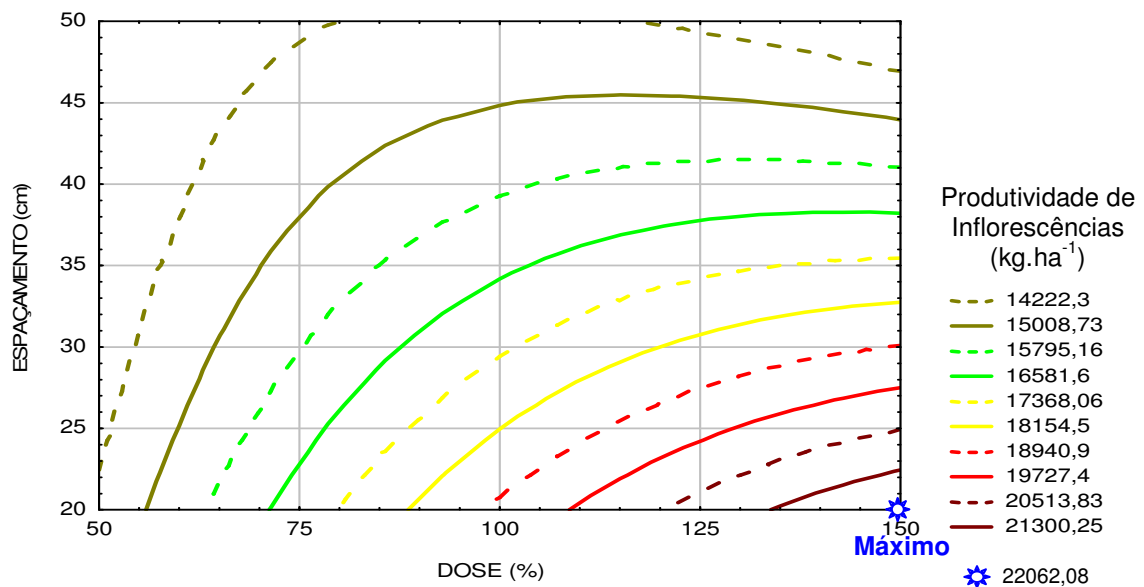
De acordo com as correlações entre MFI e MSC ( $Y_{MFI} = -55,66 + 27,92x$ ,  $r = 0,82^{**}$ ), MFI e DC ( $Y_{MFI} = -169,77 + 132,66x$ ,  $r = 0,98^{**}$ ), MFI e MSF ( $Y_{MFI} = 101,12 + 3,64x$ ,  $r = 0,81^{**}$ ), MFI e AF ( $Y_{MFI} = 17,14 + 0,077x$ ,  $r = 0,83^{**}$ ), tem-se que a MFI refletiu o potencial produtivo estabelecido pelo crescimento vegetativo, expresso nas características MSC, DC, MSF e AF. Para todas essas características, o espaçamento entre plantas sobressaiu em relação à adubação como o fator que mais intensamente influenciou a planta de brócolos. Não foi constatada correlação significativa entre teor de N e MFI. Possivelmente, tal fato pode ser atribuído à pequena amplitude observada para o teor de N na folha diagnóstica, que teve média de  $39,2 \text{ g kg}^{-1} \pm 3,5$ , para a dose de  $\text{NK}_2\text{O}$  que variou de 105 a  $315 \text{ kg ha}^{-1}$ . Também, há de ser considerado que mesmo o menor teor de N observado encontra-se dentro da faixa de 30 a  $55 \text{ g kg}^{-1}$ , considerada adequada por TRANI & RAIJ (1997) para o brócolos.

O marcante efeito observado do espaçamento na MFI corrobora resultados verificados por muitos autores (GORSKI & ARMSTRONG, 1985; CRISP et al., 1986; GRIFFITH & CARLING, 1991; KHAN et al., 1991 e KNAFLEWSKI & SPIZEWSKI, 2001), que embora não tenham estudado a interação do espaçamento com adubação, verificaram que o aumento na densidade populacional reduziu a massa da inflorescência.

A produtividade da cultura (PI) foi influenciada significativamente pela interação dos fatores doses e espaçamento (Tabela 8) e também houve ajuste significativo da superfície de resposta (Tabela 9).

Incrementos na produtividade de inflorescência podem ser obtidos aumentando-se a dose  $\text{NK}_2\text{O}$  e diminuindo o espaçamento entre plantas. A máxima PI foi de  $22.082,08 \text{ kg ha}^{-1}$ , que ocorreu no espaçamento de 0,20 m entre plantas com 150% da dose  $\text{NK}_2\text{O}$  ( $315 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e  $\text{K}_2\text{O}$ ) (Figura 14). A máxima produtividade no menor espaçamento avaliado denota que a redução da MFI em consequência do aumento na densidade populacional foi proporcionalmente menor do que o incremento no número de plantas por área.

A menor produtividade ( $13.443,40 \text{ kg ha}^{-1}$ ) foi verificada no espaçamento de  $0,50 \text{ m}$  entre plantas com  $150\%$  da dose  $\text{NK}_2\text{O}$ . No mesmo espaçamento e reduzindo-se a adubação para  $50\%$  da dose  $\text{NK}_2\text{O}$  a produtividade foi de  $14.154,46 \text{ kg ha}^{-1}$ .



$$z = 6980,760066 + 198,406434x + 23,810283y - 0,345712x^2 - 2,602042xy + 1,121997y^2 \quad R^2 = 0,63^{**}$$

Figura 14. Isolinhas da superfície de resposta para produtividade de inflorescências ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em brócolos, em função do espaçamento entre plantas na linha e porcentagem da dose N ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e  $\text{K}_2\text{O}$  ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Mantendo-se o espaçamento de  $0,20 \text{ m}$  entre plantas, com o qual foi máxima a PI, e reduzindo-se a dose de  $\text{NK}_2\text{O}$  para  $262,5$ ;  $210,0$ ;  $157,5$  e  $105,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e  $\text{K}_2\text{O}$ , a PI foi  $20.799,71$ ;  $19.085,20$ ;  $16.938,55$  e  $14.359,76 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente. Por outro lado, mantendo-se a dose de  $150\%$  da dose  $\text{NK}_2\text{O}$  ( $315 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e de  $\text{K}_2\text{O}$ ) com a redução na densidade de plantas, ou seja, o aumento do espaçamento entre plantas para  $0,30$ ;  $0,40$  e  $0,50 \text{ m}$ , também houve redução na PI, sendo de  $18.978,12$ ;  $16.098,55$  e  $13.443,39 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente. Incrementos de produtividade com aumento na densidade de plantio também foram observados por KNAFLEWSKI & SPIZEWSKI (2001). Verificaram produtividade de  $8,5 \text{ t ha}^{-1}$ , na menor densidade de

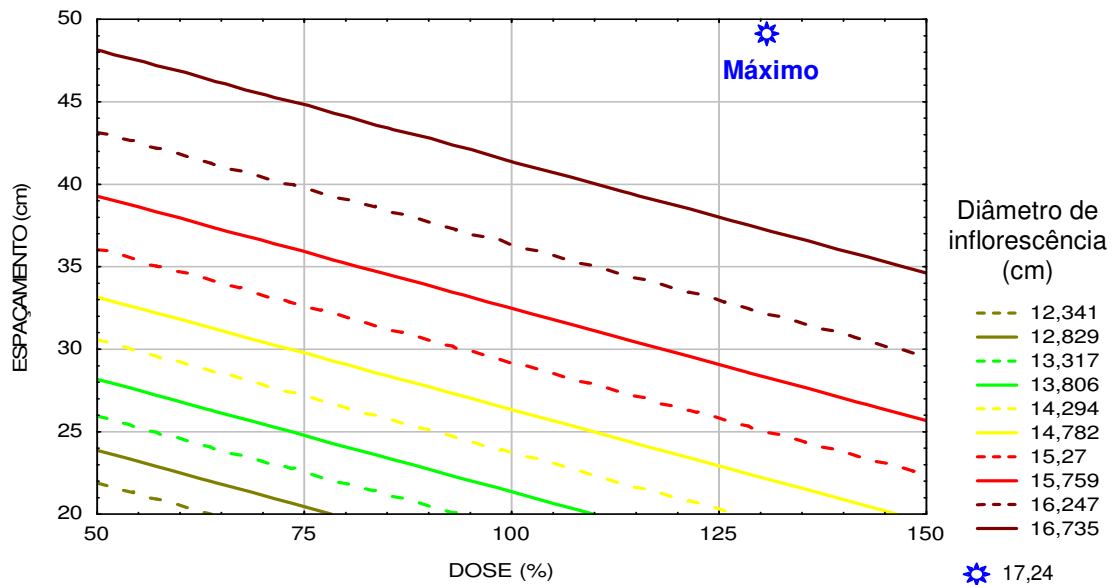
plantas (3 plantas m<sup>-2</sup>) enquanto na maior densidade de plantas (10 plantas m<sup>-2</sup>) a produtividade foi de 14,3 t ha<sup>-1</sup>, para a cultivar de brócolos Cruiser F<sub>1</sub>.

O diâmetro da inflorescência (DI) foi influenciado significativamente pelos fatores doses de adubo e espaçamento isoladamente (Tabela 8). Contudo, houve o ajuste significativo da superfície de resposta que expressa a interação dos fatores (Tabela 9).

Aumentos no espaçamento entre plantas associados às maiores doses NK<sub>2</sub>O proporcionaram incrementos no DI, cujo máximo de 17,23 cm foi obtido com 0,49 m entre plantas e 132% da dose NK<sub>2</sub>O aplicada, ou seja, fornecendo-se 277,2 kg ha<sup>-1</sup> de N e de K<sub>2</sub>O. Entretanto, aumentando-se a dose NK<sub>2</sub>O às plantas permite-se obter o mesmo DI com menor espaçamento. Por exemplo, o DI de 16,7 cm pode ser obtido com 0,48 m entre plantas e 105 kg ha<sup>-1</sup> de NK<sub>2</sub>O ou com 0,35 m e 315 kg ha<sup>-1</sup> de NK<sub>2</sub>O (Figura 15).

Utilizando-se o espaçamento de 0,20 m entre plantas e 50% da dose NK<sub>2</sub>O (105,0 kg ha<sup>-1</sup> de N e de K<sub>2</sub>O), obteve-se o menor DI (11,84 cm) para os intervalos dos fatores estudados, o qual é 31,28% menor que o máximo DI. Nestas condições de cultivo têm-se praticamente os menores valores para teor de N, MSC, MSF, AF e DC. GORSKI & ARMSTRONG (1985) também verificaram que o aumento na dose de nitrogênio aumentou a produtividade e o tamanho da cabeça. Porém, TREMBLAY (1989), avaliando a cultivar de brócolos Green Valiant não observou efeito significativo do nitrogênio no diâmetro da inflorescência quando utilizou quatro fontes (nitrato de amônio, nitrato de cálcio, sulfato de amônio e uréia) e três doses de nitrogênio (75, 150 e 225 kg ha<sup>-1</sup>) em dois anos de experimentos.

Para a dose de 132% da dose NK<sub>2</sub>O que maximizou a DI, nos espaçamentos de 0,20, 0,30 e 0,40 m; o DI foi 14,41; 16,02 e 16,96 cm, respectivamente. Ocorreu um aumento no DI à medida que se aumentou o espaçamento entre plantas para uma mesma dose NK<sub>2</sub>O. Esta prática pode constituir-se em um manejo cultural interessante para o produtor, pois sem aumentar custos com fertilizantes, consegue obter maior tamanho de inflorescência, que no mercado de brócolos *in natura*, é preferido pelos consumidores. Atualmente, não há normatização para classificação da inflorescência de brócolos de cabeça, mas tamanhos maiores têm melhor valor comercial.



$$z = 2,238791 + 0,061324x + 0,446884y - 0,000065759x^2 - 0,000897xy - 0,003351y^2 \quad R^2 = 0,71^{**}$$

Figura 15. Isolinhas da superfície de resposta para diâmetro (cm) da inflorescência em brócolos, em função do espaçamento entre plantas na linha e percentagem da dose N ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e  $\text{K}_2\text{O}$  ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

O aumento no DI à medida que se aumentou o espaçamento entre plantas também foi observado por CRISP et al. (1986), em cinco sub-populações de brócolos e a cultivar Corvet e por GORSKI & ARMSTRONG (1985), em experimentos conduzidos na primavera e outono. SINGH et al. (2006), em duas safras de cultivo, verificaram que, na menor densidade de plantas ( $45 \times 60 \text{ cm}$ ), o diâmetro da inflorescência de foi de 13,83 e 12,32 cm, enquanto na maior densidade ( $45 \times 30 \text{ cm}$ ) foi de 10,69 e 9,73 cm, respectivamente nas duas safras.

O número de inflorescência com diâmetro inferior a 10 cm (C10) foi influenciado significativamente pelos fatores espaçamento e doses, sem haver interação (Tabela 10). Contudo, houve ajuste significativo da superfície de resposta em função da interação dose  $\text{NK}_2\text{O}$  e espaçamento (Tabela 11).



Tabela 10. Valores de F, significâncias e coeficientes de variação das características número de inflorescência com diâmetro inferior a 10 cm (C10), com diâmetro entre 10 e 13 cm (C1013), com diâmetro entre 13 e 16 cm (C1316), com diâmetro entre 16 e 19 cm (C1619), com diâmetro entre 19 e 22 cm (C1922) e com diâmetro entre 22 e 25 cm (C2225). UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2007.

Causas de variação	C10	C1013	C1316	C1619	C1922	C2225
Adubação (A)	2,70*	1,27 <sup>NS</sup>	1,88 <sup>NS</sup>	2,31 <sup>NS</sup>	1,03 <sup>NS</sup>	0,79 <sup>NS</sup>
Espaçamento (E)	26,72**	5,16**	1,65 <sup>NS</sup>	4,15*	2,71 <sup>NS</sup>	2,11 <sup>NS</sup>
A x E	1,63 <sup>NS</sup>	0,75 <sup>NS</sup>	1,71 <sup>NS</sup>	0,93 <sup>NS</sup>	0,97 <sup>NS</sup>	0,79 <sup>NS</sup>
CV (%)	13,41	17,63	18,14	23,84	23,87	7,26

\*, \*\* e NS, respectivamente, linha sob linha, corresponde a significativo pelo teste F a 5%, 1% e não significativo.

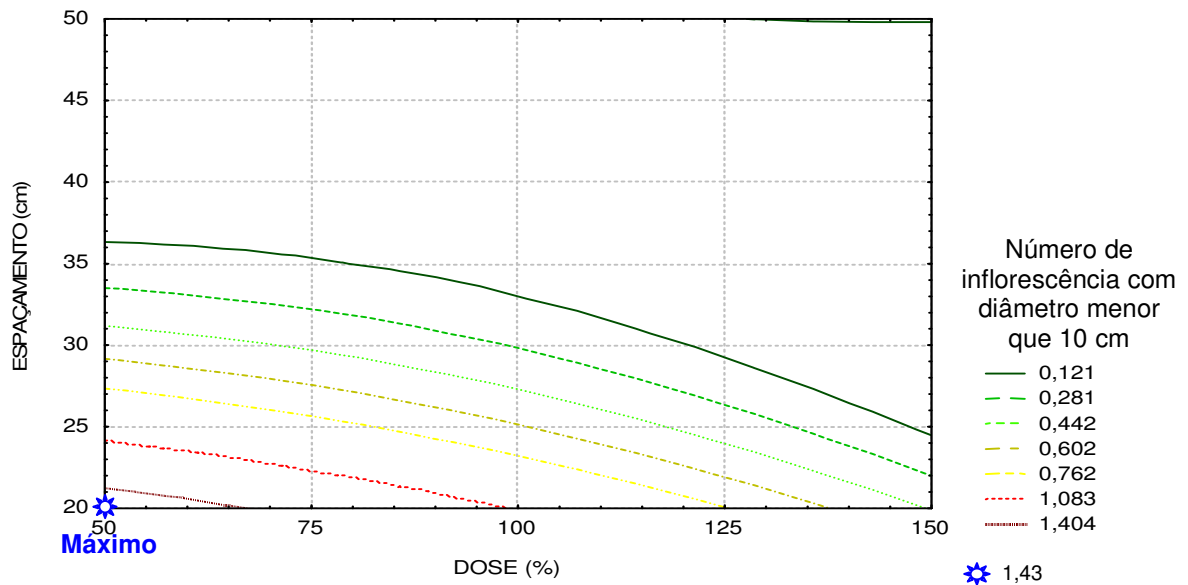
Dados das características foram transformados por raiz de  $x + 1$ .

Tabela 11. Análise da superfície de resposta para número de inflorescência com diâmetro inferior a 10 cm (C10), com diâmetro entre 10 e 13 cm (C1013), com diâmetro entre 13 e 16 cm (C1316) e com diâmetro entre 16 e 19 cm (C1619) para a cultivar de brócolos Monaco. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2007.

Parâmetros do modelo	Variável	Classificação da inflorescência			
		C 10	C 1013	C 1316	C 1619
b <sub>0</sub>	Intercepto	5,8500	2,8967	1,8300	-4,2967
b <sub>1</sub>	Dose	-0,0150	-0,0119	-0,0355	0,0413
b <sub>2</sub>	Espaçamento	-0,2433	-0,0880	0,1670	0,1597
b <sub>3</sub>	Dose x Dose	-0,0001	0,00001	0,0002	-0,0001
b <sub>4</sub>	Dose x Esp.	0,0005	0,0002	-0,0004	-0,0003
b <sub>5</sub>	Esp. x Esp.	0,0023	0,0007	-0,0022	-0,0012
Teste F para o modelo		19,55**	5,11**	1,55 <sup>NS</sup>	4,50**
R <sup>2</sup>		0,87	0,65	0,36	0,62
CV(%)		75,65	74,60	34,48	38,57
Ponto Crítico Dose		90,37	118,26	-	138,29
Ponto Crítico Espaçamento		43,11	48,26	-	51,04
Tipo		Ponto de sela	Ponto de sela	-	Máximo
Valor predito no ponto crítico		-0,07	0,07	-	2,64

\*\* e NS, respectivamente, na linha Teste F para o modelo corresponde a significativo pelo teste F a 1% e não significativo.

O número máximo de inflorescência na C10 foi de 1,43 em cinco avaliadas, obtido com menor espaçamento entre plantas (0,20 m entre plantas) e menor dose N e K<sub>2</sub>O (105,0 kg ha<sup>-1</sup> de N e K<sub>2</sub>O) (Figura 16), praticamente o oposto da condição que maximizou o DI.



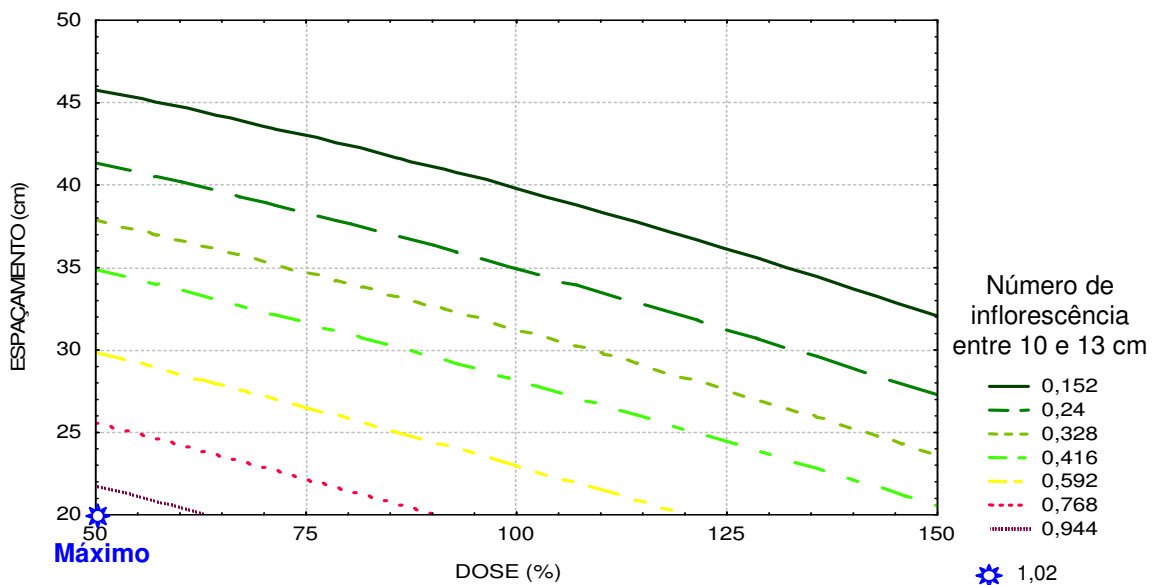
$$z = 5,850000 - 0,014952x - 0,243333y - 0,000028571x^2 + 0,000467xy + 0,002333y^2 \quad R^2 = 0,87^{**}$$

Figura 16. Isolinhas da superfície de resposta para número de inflorescências em brócolos com diâmetro menor que 10 cm, em função do espaçamento entre plantas na linha e percentagem da dose N ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e  $\text{K}_2\text{O}$  ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

O aumento, principalmente, do espaçamento entre plantas contribuiu para diminuir o número de inflorescências muito pequenas, diâmetros menores que 10 cm. Mantendo-se a mesma dose  $\text{NK}_2\text{O}$  que maximizou o número de inflorescências na C10 e aumentando o espaçamento entre plantas de 0,20 para 0,40 m, não mais foi obtida inflorescência nesta classe. Este resultado também pode ser obtido com 0,30 m entre plantas, porém elevando-se a dose  $\text{NK}_2\text{O}$  de 105 para  $295 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{NK}_2\text{O}$ . Inflorescências muito pequenas resultaram do crescimento limitado da planta de brócolos. Nas condições de 0,20 m entre plantas e  $105 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, que maximizaram o número de inflorescências na C10, a planta apresentou  $33,9 \text{ g kg}^{-1}$  de N,  $52,9 \text{ g}$  de MSF e  $3.322,94 \text{ cm}^2$  de AF, os quais corresponderam aos valores mínimos das características e equivalentes a 78%, 42% e 46% dos seus máximos obtidos, respectivamente.

O número de inflorescência com diâmetro entre 10 a 13 cm (C1013) foi influenciada significativamente somente pelo fator espaçamento (Tabela 10). Porém realizou-se o ajuste significativo da superfície de resposta em função da interação dose  $NK_2O$  e espaçamento (Tabela 11).

Assim como constatado para C10, o maior número de inflorescências na C1013 foi 1,02, obtido com o espaçamento de 0,20 m entre plantas e 50% da dose  $NK_2O$  ( $105,0 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (Figura 17).



$$z = 2,896667 - 0,011905x - 0,088000y + 0,000009524x^2 + 0,000200xy + 0,000667y^2 \quad R^2 = 0,65^{**}$$

Figura 17. Isolinhas da superfície de resposta para número de inflorescências com diâmetro entre 10 a 13 cm em brócolos, em função do espaçamento entre plantas na linha e percentagem da dose N ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e  $K_2O$  ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

À medida que maiores foram o espaçamento entre plantas e/ou a dose  $NK_2O$ , menor a quantidade de inflorescências nesta classe. Cultivando-se o brócolos com 0,50 m entre plantas e  $105 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $NK_2O$  não se tem inflorescência com diâmetro entre 10 e 13 cm, considerada pequena. Diminuindo-se o espaçamento e aumentando-se a dose

NK<sub>2</sub>O, por exemplo, 0,32 m x 315 kg ha<sup>-1</sup>, também não são obtidas inflorescências na C1013.

O número de inflorescências com diâmetro entre 13 a 16 cm não foi influenciada significativamente pelos fatores estudados (Tabela 10) e também não houve o ajuste significativo da superfície de respostas (Tabela 11).

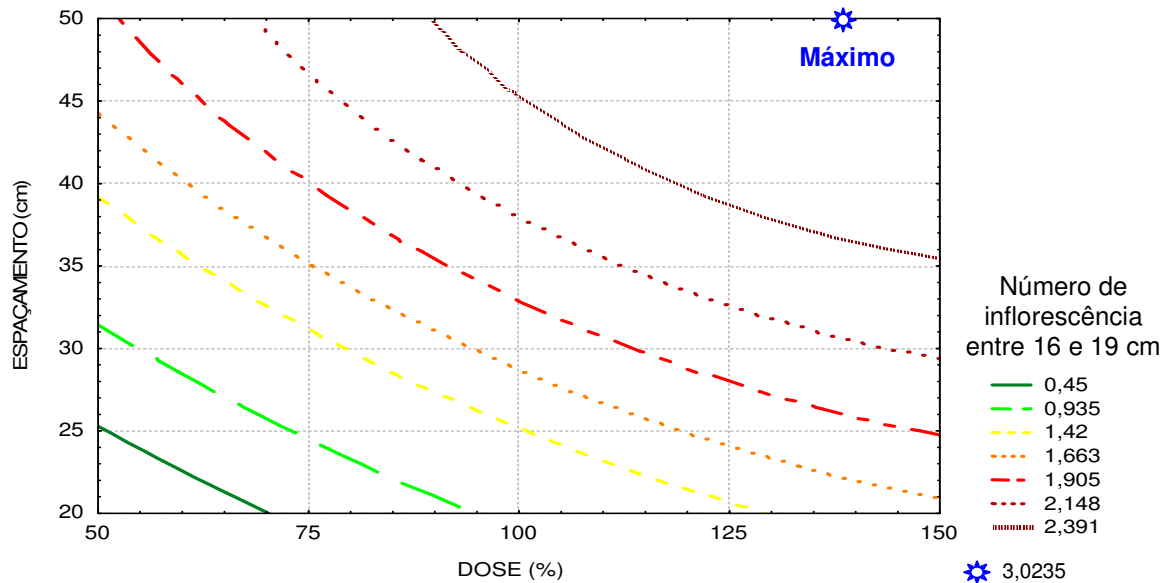
A média observada foi de 2,2 plantas das cinco plantas avaliadas na parcela.

O número de inflorescências com diâmetro entre 16 a 19 cm (C1619) foi influenciado significativamente somente pelo espaçamento (Tabela 10). Todavia, houve ajuste significativo da superfície de resposta em função da interação dose NK<sub>2</sub>O e espaçamento (Tabela 11).

Ao contrário do observado para número de inflorescências com diâmetros inferiores a 13 cm (C10 e C1013), que foram maximizados na maior densidade populacional e menor dose NK<sub>2</sub>O, maior quantidade (3,0) de inflorescências na C1619 ocorreu quando o brócolos foi plantado no espaçamento de 0,50 m entre plantas e 290,0 kg ha<sup>-1</sup> de N e de K<sub>2</sub>O (138% da dose NK<sub>2</sub>O de 210 kg ha<sup>-1</sup>) (Figura 18), valores estes muito próximos aos que possibilitaram o máximo DI (17,23 cm), que foram 0,49 m e 277,2 kg ha<sup>-1</sup> de NK<sub>2</sub>O (Figura 15).

Mantendo-se o espaçamento entre plantas e reduzindo a dose de NK<sub>2</sub>O em 100 kg ha<sup>-1</sup>, a quantidade de inflorescências nesta classe diminui em 20%. Por outro lado, mantendo-se a dose de NK<sub>2</sub>O em 290 kg ha<sup>-1</sup> e reduzindo o espaçamento de 0,50 para 0,35 m tem-se menos 16,7% de inflorescência na C1619.

As quantidades de inflorescências com diâmetro entre 19 a 22 cm (C1922) e entre 22 e 25 cm (C2225) não foram influenciadas significativamente pelos fatores avaliados e interação destes (Tabela 10). Também não houve ajuste significativo da superfície de resposta em função da interação dose NK<sub>2</sub>O e espaçamento para as características (Tabela 12). O número médio de inflorescências foi 0,3 e 0 na C1922 e C2225, respectivamente, em cinco avaliadas.



$$z = -4,296667 + 0,041314x + 0,159667y - 0,000095238x^2 - 0,000293xy - 0,001167y^2 \quad R^2 = 0,62^{**}$$

Figura 18. Isolinhas da superfície de resposta para número de inflorescências em brócolos com diâmetro entre 16 a 19 cm, em função do espaçamento entre plantas na linha e percentagem da dose N ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e  $\text{K}_2\text{O}$  ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Tabela 12. Análise da superfície de resposta para as características número de inflorescência com diâmetro entre 19 e 22 cm (C1922) e com diâmetro entre 22 e 25 cm (C2225), produtividade de floretes (PF) e percentagem de floretes menores que 5 cm (PF5), para a cultivar de brócolos Monaco. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2007.

Parâmetros do modelo	Variável	C 1922	C 2225	PF	PF 5
$b_0$	Intercepto	-1,7533	0,4733	5708,0117	145,8244
$b_1$	Dose	0,0232	-0,0021	147,5378	-1,0262
$b_2$	Espaçamento	0,0320	-0,0273	26,3424	-3,6593
$b_3$	Dose x Dose	-0,0001	0,0000	-0,2795	0,0040
$b_4$	Dose x Esp.	-0,0001	0,0001	-1,6663	0,0041
$b_5$	Esp. x Esp.	0,0000	0,0003	0,0177	0,0425
Teste F para o modelo		1,50 <sup>NS</sup>	2,45 <sup>NS</sup>	20,21 <sup>**</sup>	3,49 <sup>**</sup>
$R^2$		0,35	0,47	0,66	0,25
CV(%)		143,11	261,86	12,89	44,76
Ponto Crítico Dose		-	-	17,56	110,55
Ponto Crítico Espaçamento		-	-	82,65	37,78
Tipo		-	-	Ponto de sela	Mínimo
Valor predito no ponto crítico		-	-	8092,20	19,97

\*\* e NS, respectivamente, na linha Teste F para o modelo, corresponde a significativo pelo teste F a 1% e não significativo.

A produtividade de floretes (PF) foi influenciada significativamente tanto pelo fator doses  $\text{NK}_2\text{O}$  quanto por espaçamento entre plantas (Tabela 13). Contudo, houve ajuste significativo da superfície de resposta (Tabela 12).

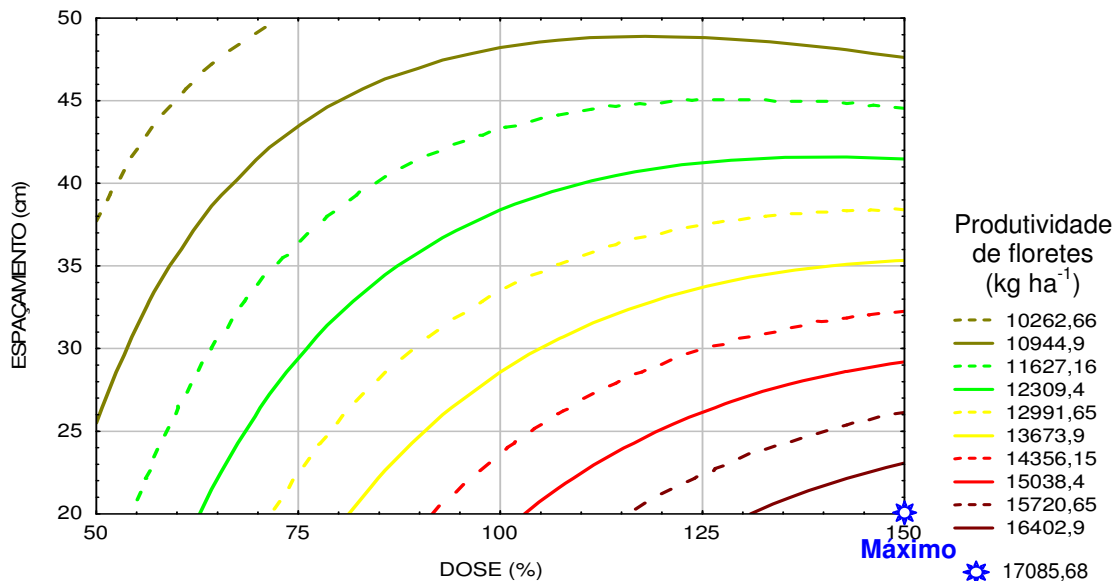
Tabela 13. Valores de F, significâncias e coeficientes de variação das características, produtividade total de floretes (PF), percentagem de floretes menores que 5 cm (PF5), entre 5 a 7 cm (PF57), entre 7 a 9 cm (PF79), maiores que 9 cm (PF9) e rendimento industrial (RI). UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2007.

Causas de variação	PF	PF5	PF57	PF79	PF9	RI
Adubação (A)	9,07**	52,65**	2,73*	1,48 <sup>NS</sup>	1,13 <sup>NS</sup>	0,22 <sup>NS</sup>
Espaçamento (E)	19,08**	2,50 <sup>NS</sup>	5,61**	1,95 <sup>NS</sup>	1,87 <sup>NS</sup>	0,98 <sup>NS</sup>
A x E	1,53 <sup>NS</sup>	1,63 <sup>NS</sup>	0,65 <sup>NS</sup>	1,41 <sup>NS</sup>	0,45 <sup>NS</sup>	0,55 <sup>NS</sup>
CV (%)	12,80	17,04	19,29	61,35	176,66	9,20

\*, \*\* e NS, respectivamente, linha sob linha, corresponde a significativo pelo teste F a 5%, 1% e não significativo.

A máxima produtividade de floretes foi de 17.085,67 kg ha<sup>-1</sup> obtida nas mesmas condições de espaçamento (0,20 m) e dose  $\text{NK}_2\text{O}$  (315,0 kg ha<sup>-1</sup>) que maximizaram a produtividade de inflorescência (Figura 19). A máxima produtividade de floretes correspondeu a 77,4% da máxima obtida para inflorescência. A diferença, cerca de 5.000 kg entre os máximos obtidos, refere-se à parte da haste floral que não é utilizada pela indústria que comercializa o brócolos congelado. A mínima PF, 9.581,78 kg ha<sup>-1</sup>, foi obtida na menor densidade de plantas, 25.000 plantas ha<sup>-1</sup> (0,50 m entre plantas) e menor dose  $\text{NK}_2\text{O}$  (105,0 kg ha<sup>-1</sup> de N e  $\text{K}_2\text{O}$ ), condição de cultivo que reduziu a PF em 44% da máxima.

O resultado observado neste trabalho para o híbrido Mônaco, em resposta ao adensamento, corrobora o observado por TREVISAN et al. (2003), que avaliando brócolos Legacy sob nove densidades de plantio, resultantes da combinação de três espaçamentos entre linhas (60, 80, 100 cm) e três espaçamentos entre plantas na fila (30, 50, 70 cm), verificaram que maior produtividade foi obtida com maior densidade.



$$z = 5708,011650 + 147,537789x + 26,342384y - 0,279467x^2 - 1,666305xy + 0,017679y^2 \quad R^2 = 0,66^{**}$$

Figura 19. Isolinas da superfície de resposta para produtividade total de floretes (kg ha<sup>-1</sup>) em brócolos, em função do espaçamento entre plantas na linha e porcentagem da dose N (210 kg ha<sup>-1</sup>) e K<sub>2</sub>O (210 kg ha<sup>-1</sup>).

Por outro lado, ALBUQUERQUE et al. (2005), avaliando a cultivar Ramoso Piracicaba nos espaçamentos de 50 x 60 cm, 60 x 70 cm e 70 x 80 cm, concluíram que a menor densidade de plantio favoreceu a maior produtividade. Este resultado pode ser explicado pela arquitetura e desenvolvimento da planta, que realiza a emissão de haste floral lateralmente (pequenas, mas várias inflorescências), requerendo maior espaçamento entre plantas do que o brócolos de inflorescência central e única.

O efeito do espaçamento entre plantas foi tão grande na PF que o aumento de apenas 10 cm entre plantas, mantendo-se a dose de 315 kg ha<sup>-1</sup> de NK<sub>2</sub>O, causou redução de 13,04% na produtividade (Figura 19).

A percentagem de floretes menores que 5 cm (PF5) foi influenciada significativamente somente pela adubação (Tabela 13). Todavia, houve o ajuste significativo da superfície de resposta para a interação dos fatores (Tabela 12).

A máxima percentagem de PF5 (52,25%) foi obtida com 0,20 m entre plantas com 50% da dose  $NK_2O$  ( $105,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e  $K_2O$ ) (Figura 20), mesma condição em que também foram obtidas altas percentagens de inflorescências nas classes de diâmetros menores que 13 cm. Tal fato demonstra a forte associação entre inflorescências pequenas e floretes curtos.

A percentagem de floretes entre 5 a 7 cm (PF57), comprimento preferido pela indústria de congelados, foi influenciada significativamente pela adubação e espaçamento entre plantas (Tabela 13). Todavia, houve o ajuste significativo da superfície de resposta para interação dos fatores (Tabela 14).

A percentagem de floretes entre 5 a 7 cm foi grande. O mínimo de 42,7% foi obtido com 0,20 m entre plantas associado à menor dose de  $NK_2O$ , enquanto a percentagem máxima foi de 70% quando o espaçamento entre plantas foi de 0,39 m e as plantas receberam a maior dose de  $NK_2O$ ,  $315 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Nota-se que a dose de  $NK_2O$  que maximizou a PF e a PF57 foi a mesma, mas com espaçamentos distintos, visto que a PF engloba todas as classes. Porém, ao contrário do que se observou na PF, a economia de quase um terço da dose  $NK_2O$  ( $105 \text{ kg ha}^{-1}$ ), de  $315$  para  $210 \text{ kg ha}^{-1}$ , mantendo-se o espaçamento de 0,39 m que maximizou a PF57, causou redução de apenas 2% no percentual máximo de floretes com comprimento entre 5 a 7 cm, o que é interessante para o produtor.

À medida que se aumentou o espaçamento entre plantas a partir de 0,39 m e, principalmente, quanto mais próximas às plantas estiveram, o aumento nas doses  $NK_2O$  proporcionou menores incrementos nos percentuais de floretes entre 5 a 7 cm de comprimento. Por exemplo, adotando-se 30 cm entre plantas, a PF57 foi de 60% do total produzido quando adubado com  $157,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $NK_2O$  (75% da dose  $NK_2O$  de referência -  $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ), mas quando foi utilizado 25 cm entre plantas, o mesmo



percentual de floretes com 5 a 7 cm foi atingido fornecendo-se 262,5 kg ha<sup>-1</sup>, o que equivale a 105 kg ha<sup>-1</sup> a mais de NK<sub>2</sub>O (Figura 21).

Tabela 14. Análise da superfície de resposta para as características, percentagem de floretes entre 5 a 7 cm (PF57), percentagem de floretes entre 7 a 9 cm (PF79), a percentagem de floretes maiores que 9 cm (PF9) e o rendimento industrial (RI), para a cultivar de brócolos Monaco. UNESP-FCAV, Campus Jaboticabal, 2007.

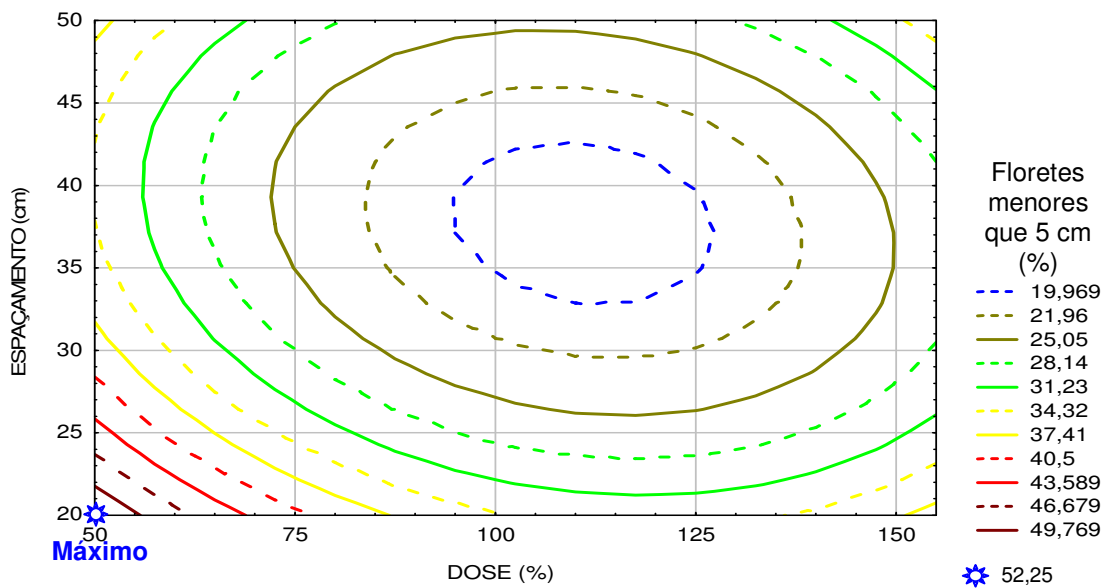
Parâmetros do modelo	Variável	Percentagem de floretes			RI
		PF 57	PF 79	PF 9	
b <sub>0</sub>	Intercepto	-23,6393	-20,7311	-0,9799	78,1593
b <sub>1</sub>	Dose	0,29785	0,5894	0,0963	-0,0487
b <sub>2</sub>	Espaçamento	3,6180	0,3934	-0,2476	0,1812
b <sub>3</sub>	Dose x Dose	-0,0009	-0,0023	-0,0005	-0,0001
b <sub>4</sub>	Dose x Esp.	-0,0006	-0,0039	0,0004	0,0022
b <sub>5</sub>	Esp. x Esp.	-0,0453	-0,0027	0,0039	-0,0072
Teste F para o modelo		4,37**	2,22 <sup>ns</sup>	1,97 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>
R <sup>2</sup>		0,29	0,17	0,16	0,07
CV(%)		19,96	96,83	420,16	8,75
Ponto Crítico Dose		158,12	-	-	-
Ponto Crítico Espaçamento		38,78	-	-	-
Tipo		Máximo	-	-	-
Valor predito no ponto crítico		70,05	-	-	-

\*\* e NS, respectivamente, na linha Teste F para o modelo, corresponde a significativo pelo teste F a 1% e não significativo.

A percentagem de floretes entre 7 e 9 cm de comprimento não foi influenciada significativamente pelos fatores avaliados (Tabela 13) e também não houve ajuste significativo da superfície de resposta para a interação dose NK<sub>2</sub>O e espaçamento (Tabela 14). A PF79 ajustou-se a equação polinomial de segundo grau, em função da dose NK<sub>2</sub>O ( $Y = -10,365 + 0,448x - 0,0023x^2$ ,  $R^2 = 0,70^*$ ). A PF79 foi maximizada (11,4% da PF) com 203,7 kg ha<sup>-1</sup> de NK<sub>2</sub>O. Tanto a menor dose (105 kg ha<sup>-1</sup>) quanto a maior (315 kg ha<sup>-1</sup>) causaram reduções significativas na PF79, apresentando 6,3% e 5,1%, respectivamente.

A percentagem de floretes maiores que 9 cm somente foi influenciada significativamente pelo espaçamento entre plantas (Tabela 13). Não foi verificado ajuste significativo da superfície de resposta para a interação dos fatores (Tabela 14). A

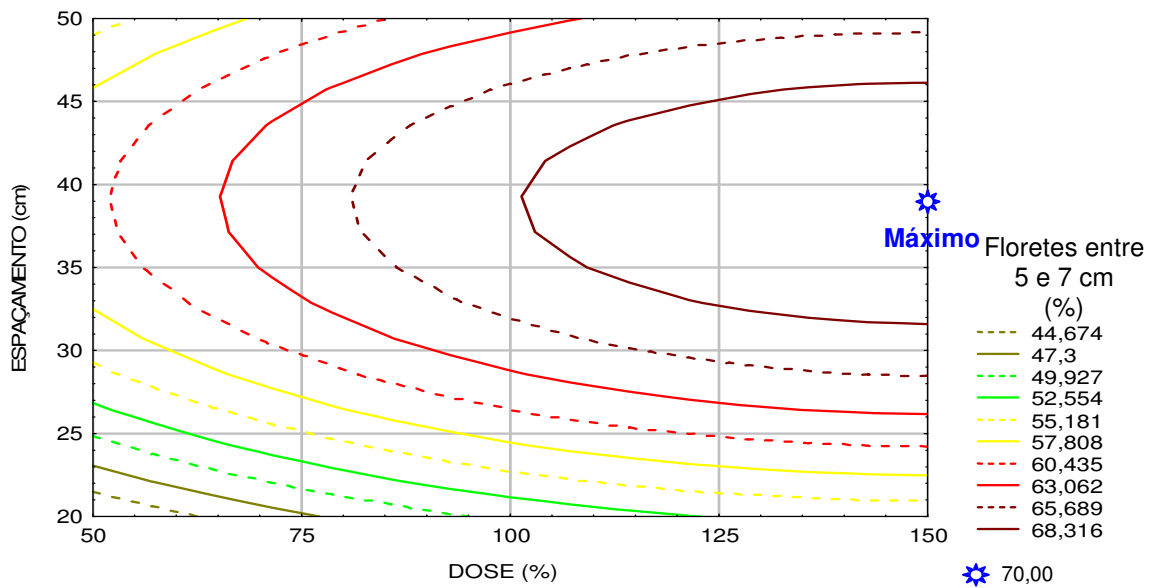
percentagem de floretes maiores que 9 cm aumentou linearmente com maior espaçamento entre plantas ( $Y = - 1,482 + 0,0592x$ ,  $R^2 = 0,83^*$ ). No menor espaçamento avaliado, 20 cm entre plantas, floretes maiores que 9 cm não foram observados, enquanto no maior espaçamento (0,50 m) obteve-se o máximo de 1,5% da PF.



$$z = 145,824354 - 1,026239x - 3,659251y + 0,003949x^2 + 0,004053xy + 0,042494y^2 \quad R^2 = 0,25^{**}$$

Figura 20. Isolinhas da superfície de resposta para percentagem da produção total com floretes em brócolos menores que 5 cm de comprimento, em função do espaçamento entre plantas na linha e percentagem da dose N ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e  $\text{K}_2\text{O}$  ( $210 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

O rendimento industrial não foi influenciado significativamente pelos fatores (Tabela 13). Também não houve ajuste significativo da superfície de resposta para a interação dos fatores (Tabela 14). O rendimento industrial médio foi de 77,1%, com variação de 76,2 a 78,6% da produção de inflorescências.



$$z = -23,639270 + 0,297840x + 3,618012y - 0,000872x^2 - 0,000571xy - 0,045491y^2 \quad R^2 = 0,29^{**}$$

Figura 21. Isolinhas de superfície de resposta para percentagem da produção total com de floretes em brócolos entre 5 a 7 cm de comprimento, em função do espaçamento entre plantas na linha e percentagem da dose N (210 kg ha<sup>-1</sup>) e K<sub>2</sub>O (210 kg ha<sup>-1</sup>).

## 5 CONCLUSÕES

Para o híbrido Monaco, houve maior efeito do espaçamento entre plantas do que da adubação  $NK_2O$  para a maioria das características estudadas.

As maiores produtividades de inflorescências ( $22.082,08 \text{ kg ha}^{-1}$ ) para mercado *in natura*, e de floretes ( $17.085,67 \text{ kg ha}^{-1}$ ) para indústria, são obtidas com 0,20 m entre plantas e  $315 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $NK_2O$ .

Para mercado de brócolos *in natura*, o aumento no diâmetro e na massa da inflorescência são conseguidos aumentando-se o espaçamento e a adubação  $NK_2O$ , mas com maior influência do primeiro fator.

Maior massa e diâmetro da inflorescência, que contribuem para maior valoração da hortaliça no mercado *in natura*, são obtidos com maior espaçamento entre plantas e  $233$  e  $277 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $NK_2O$ , respectivamente.

Do total produzido, a percentagem de floretes entre 5 a 7 cm, comprimento preferido pela indústria de congelados, é de apenas 42,7% quando é obtida a máxima produtividade de inflorescência, mas alcança 70% quando em espaçamento de 0,39 m e  $315 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $NK_2O$ .

As condições que maximizam a produtividade de inflorescências proporcionam maiores quantidades de inflorescências nas classes com diâmetro menor que 13 cm e na classe de floretes com comprimento menor que 5 cm, classes estas de menor valoração no mercado de brócolos *in natura* e de congelados, respectivamente.

O rendimento industrial não é influenciado pelos fatores doses de  $NK_2O$  e espaçamento entre plantas, com média de 77% da massa da inflorescência em floretes para congelamento.

Menores espaçamentos entre plantas proporcionam redução na ocorrência dos distúrbios fisiológicos caule oco, folhas na cabeça e olho de gato.

## 6 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. P. F.; GUSMÃO, M. T. A.; ROCHA, M. M. B.; ROCHA, O. M.; TAVARES, M. G. F. **Efeito de diferentes espaçamentos sobre a produção de brócolis conduzidos em túnel baixo**. Anais CBO. Belém: Instituto de Ciências Agrárias (ICA), 2005.

ARJONA, D. H.; GREIG, J. Study of the effect of four planting distances and four levels of nitrogen fertilization on yields, chlorophyll content and nitrate reductase activity in broccoli. **Agronomia Colombiana**, Bogotá, v.2, n.1-2, p.71-81, 1984.

BABIK, I.; ELKNER, K. The effect of nitrogen fertilization and irrigation on yield and quality of broccoli. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 571, p. 33-43, 2002.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: IAC, 1983. p.48.

BJORKMAN, T.; PEARSON, K. J. High temperature arrest of inflorescence development in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* L.). **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v 49, n. 318, p.101–106, 1998.

BRUNKE, H. **Broccoli profile**. 2002. Disponível em: <http://test.agmrc.org/agmrc/commodity/vegetables/broccoli/broccoliprofile.htm>> Acesso em 26 dez 2006.

CANADAY, C. H.; WYATT, J. E. Effects of nitrogen fertilization on bacterial soft rot in two broccoli cultivars, one resistant and one susceptible to the disease. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 76, n.10, p. 989-991, 1992.

CANTWELL, M.; SUSLOW T. **Broccoli**: recommendations for maintaining postharvest quality. Davis: Department of Plant Sciences, University of California, 2005. 1p.

CHUNG, B. Effects of plant density on the maturity and once-over harvest yields of broccoli. **Journal of Horticultural Science**, Ashford Kent, v.57, n.3, p. 365-372, 1982.

CHUNG, B. Effect of plant density on the sequential harvest yield of broccoli. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.25, n.4, p.959-962, 1985.

CRISP, P.; GRAY, A. R.; ANGELLI, S. M.; SALTER, P. J.; AKEHURST, J.; SUTHERLAND, R. A. The effects of plant spacing on the breeding of broccoli from an expanded genetic base. **Journal of Horticultural Science**, Ashford Kent, v.61, n.2, p.205-215, 1986.

CUTCLIFFE, J. A. Effects of plant spacing and nitrogen on incidence of hollow stem in broccoli. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.52, n.5, p. 833-834, 1972.

DAVIS, J. M. **Broccoli production guide for western North Carolina**. Raleigh: Published by North Carolina Cooperative Extension Service, 1998. 3p.

DUFAULT, R. J. Nitrogen and phosphorus requirements for greenhouse broccoli production. **HortScience**, Alexandria, v.23, n.3, p.576-578, 1988.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. (trad. NUNES, M. E. T.) **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Planta, 2006. 403 p.

EVERAARTS, A. P. Nitrogen fertilization and head rot in broccoli. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 42, n.3, p.195-201, 1994.

FAHEY, J. W.; ZHANG, Y.; TALALAY, P. Broccoli sprouts: an exceptionally rich source of inducers of enzymes that protect against chemical carcinogens. **Proceedings National Academy Science U S A.**, Washington, v.94, n.19, p.10367-10372, 1997.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas.** Lavras: ESAL: FAEPE, 1994. 227 p.

FELLER, C.; FINK, M. Growth and yield of broccoli as affected by the nitrogen content of transplants and the timing of nitrogen fertilization. **HortScience**, Alexandria, v.40, n.5, p.1320-1323, 2005.

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

FAOSTAT. **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.** 2006. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567>> Acesso em: 29 dez 2006.

FRANDESCANGELI, N.; SANGIACOMO, M. A.; MARTI, H. Effects of plant density in broccoli on yield and radiation use efficiency. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.110, n.2, p.135-143, 2006.

FUJIME, Y. **Studies on thermal conditions of curd formation and development in cauliflower and broccoli, with special reference to abnormal curd development.** Kagawa: 1983. 123p. (Memoirs, 40).

FUJIME, Y.; OKAKA, N. The physiology of flowering in brassicas, especially about cauliflower and broccoli. **Acta Horticulturae**, Kagawa, v. 407, p.247-254, 1996.

GORSKI, S. F.; ARMSTRONG, D. M. The influence of spacing and nitrogen rate on yield and hollow stem in broccoli. **Research Circular**, Wooster, v.288, p.16-18, 1985.

GRIFFITH, M.; CARLING, D. E. Effects of plant spacing on broccoli yield and hollow stem in Alaska. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.71, n.2, p.579-585, 1991.

HAINÉ, K. E. Vegetative propagation from the broccoli curd after suppression of flowering. **Nature**, London, v.168, p.919-920, 1951.

HAYNES, C.; EVERHART, E.; JAURON, R. **Cole crops**. Ames: Iowa State University, 2003. 3p.

HIPP, B. W. Influence of nitrogen and maturity rate on hollow stem in broccoli. **HortScience**, Alexandria, v.9, n.1, p.68-69, 1974.

INFOAGRO. **El cultivo del brócoli**. Disponível em: <http://www.infoagro.com/hortalizas/broculi.htm>. Acesso em: 8 fev 2007.

IEA. INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Dados estatísticos**. 2006. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/banco/menu.php>. Acesso em: 30 dez 2006.

JAMES, V. G. **Nutrient disorders**. Raleigh: NC State University, 2000. 1p.

JENNI, S.; DUTILLEUL P.; YAMASAKI S.; TREMBLAY N. Brown bead of broccoli. II. Relationships of the physiological disorder with nutritional and meteorological variables. **HortScience**, Alexandria, v.36, n.7, p.1228-1234, 2001.

JETT, L. W.; MORSE R. D.; O'DELL C. R. Plant density effects on single-head broccoli production. **Journal American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.30, n.1, p.50-52, 1995.



JOHNSON, I. T. Glucosinolates: bioavailability and importance to health. **International Journal for Vitamin and Nutrition Research**, Norwich, v.72, n.1, p.26-31, 2002.

KAHN, B. A. B.; EDELSON, J.; DAMICONE, J. P. **Cole crop production (broccoli, cabbage, and cauliflower)**. Stillwater: Oklahoma State University. Division of Agricultural Sciences and Natural Resources, 2004. f. 6027/1-6027-7.

KAHN, B. A.; SHILLING, P. G.; BRUSEWITZ, G. H.; McNEW, R. W. Force to shear the stalk, stalk diameter, and yield of broccoli in response to nitrogen fertilization and within-row spacing. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.116, n.2, p.222-227, 1991.

KARITONAS, R. Development of nitrogen management toll for broccoli. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.627, n.1, p.125-129, 2003.

KIMOTO, T. Nutrição e adubação de repolho, couve-flor e brócolo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, n.1 1990, Jaboticabal. **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: Potafos, 1993. p.149-178.

KNAFLEWSKI, M.; SPIZEWSKI, T. Effect of plant density on the yield and quality of broccoli. **Vegetable Crops Research Bulletin**, Skierniewice, v.55, p.65-69, 2001.

KOWALENKO, C. G. Broccoli responds to nitrogen application. **Research Review**, Agassiz, p.8-9, 1983.

KRISTAL, A. R.; LAMPE, J. W. Brassica vegetables and prostate cancer risk: a review of the epidemiological evidence. **Nutrition and Cancer**, Seattle, v.42, n.1, p.1-9, 2002.

LANCASTER, D. M.; JOHNSON, C. E.; YOUNG, W. A. Double row cropping of broccoli for better yields. **Louisiana Agriculture**, Baton Rouge, v.29, n.1, p.15-16, 1985.

LeSTRANGE, M.; MAYBERRY, K. S.; KIOKE, S. T.; VALENCIA, J. **Broccoli production in California**. Oakland: University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. 1996. 3p. (Publication, 7211).

LOUGHTON, A. **Production and handling of broccoli**. Ontario: Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 1988. 1p.

LUENGO, R. F. A.; PARMAGNANI, R. M.; PARENTE, M. R.; LIMA, M. F. B. F. **Tabela de composição nutricional das hortaliças**. Disponível em: <<http://cidadao.correioweb.com.br/hortaliças/tabelahortaliças.htm#>>. Acesso em: 13 fev 2007.

MALAVOLTA, E. Elementos da nutrição mineral. In: Ferri, M.G. (Coord.) **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: EPU, v.1, p.97-114, 1985.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. p.162.

PASCHOLD, P. J. Improvements in production make the cultivation of broccoli more interesting. **Gartenbau**, Klosterneuburg, v.33, n.4, p.113-114, 1986.

PEET, M. **Cabbage, broccoli, and other cole crops**. Raleigh: Published by the North Carolina Cooperative Extension Service, 2001. 1p.

PIERRO, A. C. **Brócolis Legacy incrementa indústria de congelados**. 2001. Disponível em: <[http://www.clicknoticia.com.br/default.asp?not\\_codigo=56](http://www.clicknoticia.com.br/default.asp?not_codigo=56)>. Acesso em: 26 dez 2006.

PIZETTA, L. C.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; BARBOSA, J. C. Resposta de brócolis, couve-flor e repolho à adubação com boro em solo arenoso. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.51-56, 2005.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Fósforo e potássio. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. p.9-10. (Boletim técnico, 100).

RAMOS, J. C. **Effect of nitrogen and potassium fertilization on yield of broccoli in the "El Bajio" of México**. Norcross, Research Database. 1998. p.

RILEY, H.; VAGEN, I. Critical N-concentrations in broccoli and cauliflower evaluated in field trials with varying levels and timing N fertilizer. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.627, n.31, p.241-249, 2003.

SAN BAUTISTA, A.; RUEDA, R.; PASCUAL, B.; MAROTO, J. V.; LÓPEZ-FALARZA, S. 2005. Influence of different substrates and nutrient solutions on the yields and incidence of abiotic disorders of broccoli. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.697, p.275-280, 2005.

SANDERS, D. C. **Broccoli production**. Raleigh: Published by the North Carolina Cooperative Extension Service, 2001. 1p.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT: user's guide**, version 6. 2. ed. Cary, 1993. 1022 p.

SEABRA JÚNIOR. **Influência de doses de nitrogênio e potássio na severidade à podridão negra e na produtividade de brócolis tipo inflorescência única**. 2005. 81p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

SHATTUCK, V. I.; SHELP, B. J.; LOUGHTON, A.; BAKER, R. Environmental stability of yield and hollow stem in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.66, n.3, p.683-688, 1986.

SHELP, B. J.; MARENTES, E.; KITHEKA, A. M.; VIVEKANANDAN, P. Boron mobility in plants. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.94, n.2, p.356, 1995.

SINGH, R.; CHAURASIA, S. N. S.; SINGH, S. N. Response of nutrient sources and spacing on growth and yield of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck). Indian Institute of Vegetable Research. **Vegetable Science**, Varanasi, v.33, n.2, p.198-200, 2006.

STATSOFT **STATISTICA for Windows . Computer program manual**. Tulsa: Statsoft, 1995.

STEINKELLNER, H.; RABOT, S.; FREYWALD, C.; NOBIS, E.; SCHARF, G.; CHABICOVSKY, M.; KNASMULLER, S.; KASSIE, F. Effects of cruciferous vegetables and their constituents on drug metabolizing enzymes involved in the bioactivation of DNA-reactive dietary carcinogens. **Mutation Research**, Amsterdam, v.480-481, n., p.285-297, 2001.

SYNGENTA SEEDS LTDA. **Brócolos híbrido Mônaco**. 2006. Disponível em: <http://www.syngenta.com.br/cs/index.asp>. Acesso em 30 de dezembro de 2006.

TAN, D. K. Y.; BIRCH, C. J.; WEARING, A. H.; RICKERT, K. G. Modeling broccoli development, yield and quality. In: INTERNATIONAL CROP SCIENCES CONGRESS, 4., 2004, Brisbane. **Proceeding...** Brisbane: 2004.

TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; AZEVEDO FILHO, J. A.; TAVARES, M. Brócolos, couve-flor e repolho. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. p.175. (Boletim técnico, 100).

TRANI, P. E.; RAIJ, B. van. Hortaliças. In.: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. p.163. (Boletim técnico, 100).

TREMBLAY, N. Effect of nitrogen sources and rates on yield and hollow stem development in broccoli. **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, v.69, n.3, p.1049-1053, 1989.

TREVISAN, B. G.; TREVISAN, B. G. N.; MARTINS, G. A. K.; LOPES, S. J.; LOVATO, D. S.; BACKES, G. M. **Rendimento de brócolis Legacy sob nove densidades de plantio**. In: MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2.; JORNADA DE PÓS GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO, 2, 2003, Bagé-RS. **Anais ... Bagé: URCAMP**, 2003. p.93-93.

VAGEN, I. M. Nitrogen uptake in a broccoli crop.1: nitrogen dynamics on a relative time scale. **Acta Horticulture**, Wageningen, v.627, p.195-202, 2003.

VAGEN I. M.; SKJELVAG A. O. Growth analysis of broccoli in relation to fertilizer nitrogen application. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Ashford Kent, v.79, n.3, p.484-492, 2004.

VERHOEVEN, D. T. H.; GOLDBOHM, R. A.; VAN POPPEL, G.; VERHAGEN, H.; VAN DEN BRANDT, P. A. Epidemiological studies on brassica vegetables and cancer risk. **Cancer Epidemiology Biomarkers Prevention**, Zeist, v.5, n.9, p.733-748, 1996.

VERHOEVEN, D. T. H.; VERHAGEN, H.; GOLDBOHM, R. A.; VAN DEN BRANDT, P. A.; VAN POPPEL, G. A review of mechanisms underlying anticarcinogenicity by brassica vegetables. **Chemico Biological Interaction**, Zeist, v.103, n.2, p.79-129, 1997.

VIGIER, B.; CUTCLIFFE, J. A. Effect of boron and nitrogen on the incidence of hollow stem in broccoli. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.157, p.303-313, 1985.

VILELA, N. J.; HENZ, G. P. Situação atual da participação das hortaliças no agronegócio brasileiro e perspectivas futuras. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.17, n.1, p.71-89, 2000.

WYATT, J. E.; MULLINS, J. A.; MULLINS, C. A. Potassium fertilization of broccoli transplants. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v.21, n.1, p.13-18, 1989.