

**ANÁLISE DE CRESCIMENTO E RENDIMENTO DE TRÊS  
CULTIVARES DE SOJA EM TRÊS ÉPOCAS DE SEMEADURA E  
TRÊS DENSIDADES DE PLANTAS**

**CLOVIS PEREIRA PEIXOTO**

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **GIL MIGUEL DE SOUSA CÂMARA**

Tese apresentada à Escola Superior de  
Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade  
de São Paulo, para obtenção do título de  
Doutor em Agronomia, Área de Concentração:  
Fitotecnia.

**PIRACICABA**

**Estado de São Paulo – Brasil**

**Dezembro - 1998**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP**

Peixoto, Clovis Pereira

Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja em três épocas de  
semeadura e três densidades de plantas / Clovis Pereira Peixoto. - - Piracicaba, 1998.  
151p.

Tese (doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998.  
Bibliografia.

1. Crescimento vegetal 2. Densidade de planta 3. Época de semeadura 4.  
Produtividade agrícola 5. Rendimento vegetal 6. Soja 7. Variedade I. Título

CDD 633.34

“ Oh! Como é bom e agradável viverem unidos os irmãos!

É como o óleo precioso sobre a cabeça,  
o qual desce para a barba de Arão,  
e desce para a gola de suas vestes.

É como o orvalho do Hermom,  
que desce sobre os montes de Sião.

Ali ordena o Senhor a sua bênção,  
e a vida para sempre”.

À minha mãe “Ninha” ( In memorian),

Ao meu pai Américo e a Rosa,

A minha madrinha “Senhorazinha”

Aos meus irmãos: Joaquim, Nalva, Humberto,

Evandro (In memorian) Nivaldo e Maria Aparecida

## OFEREÇO

À minha esposa Fátima,

pelo apoio, estímulo e compreensão.

Aos meus filhos Samantha e Caio César,

pelo amor e paciência.

## DEDICO

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço especialmente ao G.:A.:D.:U.:., que para elevar o homem aos próprios olhos, nos deu a liberdade, patrimônio da humanidade e cintilação celeste que nenhum poder pode apagar.

Ao Departamento de Fitotecnia da Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), pela oportunidade oferecida para a realização deste Curso.

Ao programa CAPES/PICDT pela bolsa de estudo concedida durante o transcorrer do curso.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr. Gil Miguel de Sousa Câmara, pela amizade, incentivo constante e valiosa orientação para a realização deste trabalho.

Aos professores Dr. Antonio Roberto Pereira, Paulo Roberto de Camargo e Castro e Marcos Silveira Bernardes, pelas valiosas sugestões.

A Prof<sup>a</sup> Dra. Maria Cristina Stolf Nogueira e a colega Denise Garcia de Santana, pela orientação estatística e execução das análises.

Aos funcionários Adriana Aparecida T. Gimenes, Maria Aparecida Soledade, Ilze Helena D. das Neves, Lúcia Helena J. M. Carvalho, Jair V. Arthur, Hodair Banzatto e Celestino Alves Ferreira do Departamento de Agricultura da ESALQ/USP, pelo apoio durante o transcorrer do curso.

Aos funcionários de campo do Departamento de Agricultura e da Fazenda Areão da ESALQ/USP, pela colaboração dada à execução deste trabalho, em especial ao Sr. Valdinei Ribeiro Camargo.

Aos colegas Luiz Fernando Sanglade Marchiori e Mônica Cagnin Martins, companheiros da longa jornada, e a Cristiane de Araújo Monteiro, pela colaboração e sugestões espontâneas.

Aos colegas, amigos e conterrâneos Carlos Alfredo, Francisco Adriano, Carlos Augusto, Elvis, Angélica, Marta e Marcellus, pela convivência fraterna.

Aos estagiários Eunuco, Gilete, Juliano, Rodrigo, Patrícia, Vanessa, Cristiane, Lília, Daniella, Daniel, Cléa, Flávia Maria e minha filha Samantha, pelo apoio na fase experimental deste trabalho.

Aos colegas de curso, Gilson de Oliveira Rezende (In memoriam), Ricardo Kluge, Dioger Teruel, Angelo Jacomini, Maria Cristina Spinola, Maria Cristina Ribeiro e Oscar Smiderle, pelo companheirismo.

Às Engenheiras Agrônomas Ana Dionízia C. L. Novembre e Helena Maria C. P. Chamma, pelo suporte no Laboratório de Análises de Sementes da ESALQ/USP.

À bibliotecária Eliana Maria G. Sabino, pela revisão das referências bibliográficas e a Maria Cristina Andrade pela ficha catalográfica.

À todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	viii
SUMMARY.....	x
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 Crescimento, desenvolvimento e produtividade.....	4
2.2 Elementos de clima, desenvolvimento e produtividade.....	8
2.3 Épocas de semeadura, desenvolvimento e produtividade.....	14
2.4 Densidade de plantas, desenvolvimento e produtividade.....	19
2.5 Análise de crescimento aplicada a soja.....	22
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1 Local e período da experimentação.....	32
3.2 Características do solo.....	32
3.3 Preparo da área experimental.....	32
3.4 Instalação dos experimentos.....	33
3.5 Condução dos experimentos.....	34
3.6 Cultivares.....	34
3.7 Épocas de semeadura.....	34
3.8 Densidades de plantas.....	36
3.9 Delineamento experimental.....	36
3.10 Elementos de clima.....	38
3.11 Acompanhamento fenológico.....	39

3.12 Características avaliadas.....	41
3.12.1 Massa da matéria seca (MS).....	41
3.12.2 Área foliar (AF).....	42
3.12.3 Índices fisiológicos.....	42
3.12.3.1 Índice de área foliar (IAF).....	42
3.12.3.2 Taxa de crescimento da cultura (TCC).....	43
3.12.3.3 Taxa de crescimento relativo (TCR).....	43
3.12.3.4 Taxa assimilatória líquida (TAL).....	43
3.12.3.5 Razão de área foliar (RAF).....	43
3.12.3.6 Índice de colheita (IC).....	44
3.12.4 Características agronômicas.....	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
4.1 Elementos de clima e desenvolvimento da soja.....	46
4.2 Análise de crescimento.....	49
4.2.1 Massa da matéria seca (MS).....	49
4.2.2 Área foliar e índice de área foliar (IAF).....	62
4.2.3 Taxa de crescimento da cultura (TCC).....	71
4.2.4 Taxa de crescimento relativo(TCR).....	76
4.2.5 Taxa assimilatória líquida (TAL).....	80
4.2.6 Razão de área foliar (RAF).....	84
4.2.7 Índice de colheita (IC).....	88
4.3 Características agronômicas.....	93
4.3.1 Altura final de planta (AFP).....	93
4.3.2 Número de nós (NN).....	97
4.3.3 Número de ramificações (NR).....	99
4.3.4 Número total de vagens (NTV).....	103
4.3.5 Número total de grãos (NTG).....	105

4.3.6 Massa de 1000 grãos (M1000).....	110
4.3.7 Rendimento (REND).....	112
5 CONCLUSÕES.....	121
ANEXOS.....	122
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	127
APÊNDICES.....	149



# **ANÁLISE DE CRESCIMENTO E RENDIMENTO DE TRÊS CULTIVARES DE SOJA EM TRÊS ÉPOCAS DE SEMEADURA E TRÊS DENSIDADES DE PLANTAS**

Autor: CLOVIS PEREIRA PEIXOTO

Orientador: Prof. Dr. GIL MIGUEL DE SOUSA CÂMARA

## **RESUMO**

Para se compreender alguns aspectos da natureza dos controles do crescimento de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), objetivou-se neste trabalho, avaliar por meio da análise de crescimento e do rendimento, o desempenho vegetativo e produtivo de três cultivares de soja recomendados para o Estado de São Paulo com diferentes ciclos de maturação, instalados em épocas de semeadura normal, tardia e safrinha. Foram conduzidos três experimentos individuais e independentes, de maneira que, à cada época de semeadura correspondeu o delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 3 (três cultivares: IAC-12, IAC-17 e IAC-19; três densidades de plantas: 10, 20 e 30 plantas m<sup>-1</sup>) com três repetições. Cada unidade experimental foi constituída por oito linhas de 5,0 m de comprimento, no espaçamento constante de 0,50 m entrelinhas de maneira a obter-se a população equivalente a 200, 400 e 600 mil plantas por hectare, respectivamente. Para a análise de crescimento efetuaram-se avaliações para a caracterização das etapas de desenvolvimento até a maturidade fisiológica, em 10 plantas por parcela. Utilizou-se a função polinomial exponencial,

$\ln(y) = a + bx^{1,5} + cx^{0,5}$ , por ter sido a que melhor se ajustou, para descrever a variação, no tempo, da massa seca total e do índice de área foliar. Os índices fisiológicos taxa de crescimento da cultura, taxa de crescimento relativo, taxa assimilatória líquida e razão de área foliar foram obtidos pela manipulação das funções ajustadas. As características agrônômicas destinadas à avaliação de rendimento, altura final de planta, número de nós, número de ramificações na haste principal, número total de vagens e número total de grãos por planta, foram determinadas em 10 plantas de soja coletadas aleatoriamente na parcela útil para rendimento. A massa de 1000 grãos e o rendimento de grãos foram determinados com base na população final de plantas existentes na área útil de cada parcela. As principais conclusões são: a) o acúmulo de matéria seca na planta é diferenciado com o cultivar, a época de semeadura e diminui com o aumento na densidade de plantas, correlacionando-se positiva e significativamente com o rendimento de grãos; b) os caracteres da produção da planta apresentam variações entre eles, tendo um efeito de compensação, no sentido de uniformizar o rendimento de grãos, entre cultivares, densidades e dentro de épocas de semeadura; c) os cultivares não apresentam desempenho diferenciado para rendimento de grãos na combinação de época de semeadura normal com densidades; d) os cultivares IAC-12 e IAC-19 apresentam melhor desempenho para rendimento de grãos em semeadura de época normal, independente das densidades; e) em época de semeadura safrinha, o cultivar IAC-19 apresenta melhor desempenho para rendimento de grãos, independente das densidades.

# **GROWTH ANALYSIS AND YIELD OF THREE SOYBEAN CULTIVARS IN THREE SOWING DATE AND THREE PLANT DENSITIES**

Author: CLOVIS PEREIRA PEIXOTO

Adviser: Prof. Dr. GIL MIGUEL DE SOUSA CÂMARA

## **SUMMARY**

In order to understand some aspects of the nature of the growth control of soybean cultivar (*Glycine max* (L.) Merrill), the aim of this work was to evaluate, through growth analysis and yield, the vegetative and the productive performances of three soybean cultivars recommended for the São Paulo State. These cultivars with different maturation cycles, were sown in the typical, late and autumn sowing date. Three individual and independent experiments, one for each sowing date, were carried out in a randomized block in factorial design 3 x 3 with three replications (three cultivars: IAC - 12, IAC - 17, and IAC - 19; three plant densities: 10, 20, and 30 plants m<sup>-1</sup>). Each experimental plot had eight planting rows of 5.0 m, with a constant spacing of 0.50 m in order to obtain 200, 400, and 600 plants per hectare, respectively. Growth evaluations were made to characterize the growing stages until the physiological maturity in 10 plants per plot. The polynomial exponential function  $\ln(y) = a + bx^{1.5} + cx^{0.5}$ , the one that presented best fit, was used to describe the variation in time of the total dry

matter and of leaf area index. The physiological indexes as crop growth rate, relative growth rate, net assimilation rate and leaf area ratio were obtained through the manipulation of adjusted functions. The agronomic characteristics applied to the yield evaluation, final plant height, number of nodes, number of branches on the main stem, total number of pods, and total number of grains per plant were determined in 10 soybean plants, casually collected in three rows of the plot. The mass of 1,000 grains and the grain yield were determined based on the final plant population found in each plot. The main conclusions are: a) the dry matter accumulation of the plant vary with the cultivar, the sowing date, decreases with plant density increase, and is positively and significantly correlated with grain yield; b) the yield characteristics show variation among them, having a compensating effect between them in order to make constant the grain yield the cultivars, densities and the sowing dates; c) the cultivars show different grain yield performances adjusting typical sowing season with densities; d) the cultivars IAC - 12 and IAC - 19 show the best grain yield performance when sown during the typical season, independently of planting densities; e) in autumn sowing, the cultivar IAC -19 show the best grain yield performance, independently of planting densities.

## 1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), constitui-se em um dos principais produtos nacionais de exportação em função do seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo. Devido a sua multiplicidade de aplicações, quer na alimentação humana ou animal, a área cultivada vem aumentando significativamente, gerando a necessidade de desenvolver novas tecnologias que permitam a exploração do potencial de cada cultivar para as diferentes regiões de cultivo, visando o aumento da produtividade e o fornecimento de um produto alternativo no combate à subnutrição.

Constituindo-se em matéria prima indispensável para impulsionar diversos complexos agro-industriais, com relevante papel sócio-econômico, em virtude da crescente necessidade mundial por óleo e proteína, numerosos problemas agronômicos têm surgido em relação a sua produção. Estes problemas têm merecido a atenção de pesquisadores que procuram as melhores soluções, via melhoramento genético, nutrição mineral, controle de pragas, doenças e plantas daninhas, além de outras práticas culturais, visando o aumento da produtividade, qualidade do produto e estabilidade da produção.

Dos aspectos relacionados ao manejo cultural, merece atenção o manejo populacional associado à época de semeadura. Em algumas regiões, as melhores épocas de semeadura não têm sido praticadas devido ao atraso na ocorrência de chuvas, levando-se à semeaduras mais tardias, com a utilização de cultivares precoces ou semi precoces, normalmente mais sensíveis às variações nas datas de semeadura, alterando sua produtividade, à medida que se atrasa a instalação da cultura.

Alguns produtores da região Norte do Paraná e da região Centro-Sul de São Paulo, têm realizado a semeadura da soja em época alternativa chamada safrinha, que é realizada após a colheita do milho semeado antecipadamente, ou mesmo em sucessão à própria cultura da soja. Entretanto, esta alternativa de produção é conduzida com o mesmo nível tecnológico para a época de semeadura normal. Porém, em função dessa época não contemplar as exigências bioclimáticas ideais, resulta em plantas pouco desenvolvidas e com menor rendimento.

Em resposta à demanda do setor produtivo, novos cultivares estão mais disponíveis, tornando-se necessário estudá-los quanto ao seu desempenho vegetativo e produtivo, quando submetidos a diferentes épocas de cultivo e níveis populacionais, pois alguns têm apresentado excelente desempenho em populações abaixo da ideal recomendada, enquanto outros parecem necessitar de maior nível populacional para atingirem uma produtividade economicamente viável.

Para se compreender alguns aspectos da natureza dos controles intrínsecos de cada cultivar, necessita-se do estabelecimento de índices mais detalhados que apenas a produção final. Tal conhecimento fundamenta-se no desenvolvimento de testes e modelos de simulação do crescimento e produção da cultura, fundamentados em vários índices fisiológicos.

A análise de crescimento por fórmulas matemáticas caracteriza-se como um dos primeiros passos para quantificar a produção vegetal, possibilitando avaliar a contribuição dos diferentes órgãos e processos no crescimento das plantas. As informações necessárias para levar avante tais análises, versam sobre a fitomassa e a dimensão do aparelho fotossintetizante (área foliar).

O objetivo deste trabalho foi avaliar, por meio da análise de crescimento e do rendimento, o desempenho vegetativo e produtivo de três cultivares de soja recomendados para o Estado de São Paulo, pertencentes a diferentes ciclos de maturação, instalados em três épocas de semeadura e sob três níveis populacionais, considerando-se que:

a) existe uma época de semeadura mais favorável, uma densidade de plantas ideal e um cultivar mais adaptado, que expressa maior rendimento de grãos;

b) diferentes expressões desse rendimento são determinadas pela variação da superfície foliar e pela alocação fracionária da matéria seca, conforme a época de semeadura, a densidade de plantas e o cultivar.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Crescimento, desenvolvimento e produtividade**

Os mecanismos de crescimento e desenvolvimento da soja controlam o desempenho dos diferentes cultivares e estão condicionados pelas características genéticas intrínsecas e pelos fatores do ambiente. Do ambiente provém os ingredientes necessários aos processos fisiológicos, mas, fatores internos inerentes de cada planta é que ditam o padrão de utilização dos recursos ambientais disponíveis (Pereira & Machado, 1987). Sendo o crescimento um aumento irreversível do tamanho, implica em aumento de massa, forma, superfície, volume ou unidades estruturais ( Reis & Muller, 1979).

Através da fenologia, parte da botânica que estuda as diferentes fases do desenvolvimento das plantas, marcando-lhes as épocas de ocorrência e as respectivas características em relação às condições ambientais, pode-se observar que o crescimento e o desenvolvimento de um organismo resultam da ação conjunta de três níveis de controle (Lucchesi,1985): o controle intracelular, que envolve as características genéticas da planta; o controle intercelular, em função de substâncias reguladoras, os hormônios, que promovem, retardam ou inibem processos fisiológicos e morfológicos; o controle extra celular, correspondente às condições do meio onde está inserido o vegetal, pois, o seu desenvolvimento depende de vários componentes ambientais como CO<sub>2</sub> , luz, temperatura, água e nutrientes.

O ciclo vegetativo da soja foi detalhadamente estudado por Fehr & Caviness (1977) que estabeleceram uma escala de estádios de



desenvolvimento, considerando a idade fisiológica da planta, compreendendo uma grande fase vegetativa e outra reprodutiva. Os oito estádios reprodutivos da soja são divididos em quatro partes: R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub> descrevem o florescimento; R<sub>3</sub> e R<sub>4</sub> o desenvolvimento da vagem; R<sub>5</sub> e R<sub>6</sub> o desenvolvimento da semente e R<sub>7</sub> e R<sub>8</sub> a maturação da planta.

A descrição fenológica de uma espécie constitui-se em uma ferramenta eficaz de manejo, uma vez que possibilita identificar, por meio da observação dos caracteres morfológicos da planta, seu momento fisiológico ao qual encontra-se associada uma série de necessidades por parte do vegetal que, uma vez atendidas, possibilitarão o normal desenvolvimento da cultura e conseqüentemente, bons rendimentos. Este conhecimento permite identificar e compreender as relações entre a planta e o ambiente, possibilitando o estabelecimento de relações entre elementos fisiológicos, climáticos, edáficos entomológicos, fitopatológicos e fitotécnicos, com o objetivo de maximizar o desempenho das plantas cultivadas (Câmara, 1998b).

O crescimento e desenvolvimento da soja são medidos pela quantidade de massa seca acumulada na planta. Com exceção da água, a massa seca consiste em tudo que se encontra na planta, incluindo carboidratos, proteínas, óleos, e nutrientes. A produção de toda a sua matéria seca é resultado do processo da fotossíntese. Em condições de campo, a natureza proporciona a maior parte das influências ambientais sobre o desenvolvimento e rendimento da soja. Entretanto, os produtores através de práticas de manejo já comprovadas, podem manipular o ambiente de produção (Ritchie et al., 1994).

Na prática, o crescimento, desenvolvimento e rendimento da soja, resultam da interação entre o potencial genético de um determinado cultivar com o ambiente, de maneira que quando há mudanças no ambiente, também o há no desenvolvimento da planta (Ritchie et al., 1994). Todo cultivar tem um potencial máximo de rendimento que é geneticamente determinado. A discrepância entre o potencial genético dos cultivares, expresso pelo nível de

produtividade dos experimentos e a média obtida pelos agricultores, se deve principalmente ao manejo adotado por estes (Pendleton & Hartwig, 1973).

A alta produtividade fundamenta-se no sucesso do estabelecimento das plantas no campo, que é função direta do manejo racional e da qualidade das sementes utilizadas, permitindo a obtenção de culturas com populações de plantas adequadas por unidade de área (Marcos Filho & Novembre, 1990). Por sua vez, a semente reúne toda a informação genética, que interagindo com o ambiente, resultará na expressão fenotípica do cultivar. Portanto, a escolha do cultivar melhor adaptado a uma certa região e semeado na época correta e com a população adequada, também possibilitará a alta produtividade desejada (Garcia, 1992).

Os componentes de produção da planta (número de vagens formadas por planta, número de sementes formadas por vagem e massa da semente por vagem) que agregados à população de plantas, respondem pelo rendimento da área de produção, dependem diretamente do genótipo e da interação deste com o ambiente de produção (Ritchie et al., 1994). Também são diretamente influenciados pelos fatores de manejo da área agrícola, compreendendo-se como manejo, o conjunto de fatores aplicados na área de produção gerenciados pelo homem, que visam obter o máximo rendimento econômico (Garcia, 1992).

Assim, deve-se ter o conhecimento da planta, de forma que se possa favorecer os insumos e condições para que a mesma exteriorize seu potencial produtivo; do ambiente, para que se possa escolher o cultivar adequado ou proceder as correções necessárias de forma a utilizar o manejo adequado buscando o máximo aproveitamento dessas condições (Câmara, 1998a).

Atualmente, dos treze milhões de hectares ocupados pela cultura da soja no Brasil, metade está localizada nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, e São Paulo. O restante situa-se em regiões de baixa latitude, distribuídos pelos estados de MS, MT, GO, MG, BA, MA, PA e RO, ocupando os mais diferentes ambientes climáticos e edáficos (Câmara, 1998c).

Essa ocupação somente foi possível com base no desenvolvimento de uma tecnologia nacional de produção, cujo principal objetivo tem sido o desenvolvimento de cultivares de soja, adaptados a diferentes regiões (Alberini et al., 1992; Kaster & Menosso, 1992; Kiihl & Almeida, 1992; Miranda, 1992; Sedyama, 1992; Vello, 1992 e Toledo et al., 1994).

Nesses trabalhos de melhoramento buscam-se cultivares de soja com características agronômicas favoráveis como: alto rendimento, resistência a pragas, doenças e nematóides, estabilidade da produção (rusticidade), porte ereto, altura de inserção da primeira vagem maior que 12 cm, haste não lenhosa, maturação uniforme, vagens indeiscentes, alta capacidade para fixação de  $N_2$ , qualidade tecnológica do grão, qualidade fisiológica da semente, adaptação a baixas latitudes, tolerância ao alumínio e ao manganês tóxicos e período juvenil (P JL) ou fase não suscetível ao fotoperíodo longos. Estas características diferem entre os cultivares e são modificadas pelas condições ambientes, as quais variam entre locais, entre épocas e entre densidades de semeadura (Gilioli et al., 1980; Sedyama et al. 1985 e Vello, 1992).

As características quantitativas como componentes do rendimento (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa dos grãos), altura de planta, duração do ciclo e produtividade, são as mais importantes na escolha dos cultivares para cultivo e são as mais influenciadas pelo manejo. O acamamento de plantas constitui-se em característica indesejável em cultivares de soja, podendo estar associado a altura de planta e ao ciclo de maturação do genótipo. Normalmente, condições que favoreçam o rápido crescimento da soja tendem a aumentar o grau de acamamento da cultura (Gilioli et al., 1980; Garcia, 1992).

A altura ideal da planta, cujo conjunto ou população irá definir a altura da lavoura, situa-se entre 0,60 m e 1,00 m. A altura da planta e a altura de inserção da primeira vagem são positivamente correlacionadas. Plantas altas possuem inserção de vagens mais alta e são, normalmente, mais suscetíveis ao acamamento. Plantas baixas, com baixa altura de inserção da primeira

vagem e ramificações mais baixas, acarretam maior dificuldade à colheita mecanizada e maior índice de perdas de grãos nessa operação (Almeida, 1979; Gilioli, 1979; Sediyaama et al., 1985 e Garcia, 1992).

Existe grande variabilidade entre os cultivares com relação à sensibilidade à variações da época de semeadura e da latitude da região de cultivo. O conhecimento dessa sensibilidade é muito importante nos casos em que o produtor necessite semear mais cedo ou mais tarde, ou mudar para novas regiões de cultivo da soja. Em tais situações, ganha importância o caráter juvenildade longa (Kiihl & Garcia, 1989; Garcia, 1992 e Toledo et al., 1994). Não menos importantes são os ensaios regionais de avaliação de cultivares de soja, principalmente quando realizados em diferentes épocas do ano em uma mesma região (Garcia, 1992; Câmara et al., 1998).

Em resposta à demanda do setor produtivo, as instituições com programas de melhoramento genético de soja têm sido eficientes, criando anualmente novas linhagens e lançando novos cultivares de soja, cujos desempenhos vegetativo e produtivo nem sempre se expressam com o seu potencial máximo, devido às diferentes características de manejo aplicadas à cultura, principalmente àquelas relacionadas a nutrição, época de semeadura e manejo populacional (Miranda<sup>1</sup>, 1995).

## **2.2 Elementos de clima, desenvolvimento e produtividade**

O estabelecimento de um sistema eficiente para a produção de soja exige o conhecimento da morfologia e desenvolvimento da planta, bem como dos estádios de desenvolvimento desta. A sincronização dos estádios

---

<sup>1</sup> MIRANDA, M. A. C. Pesquisador científico e melhorista de soja do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo – Seção de Leguminosas do IAC. Comunicação pessoal.

vegetativos e reprodutivos com as mudanças nas condições meteorológicas durante a estação de crescimento é fundamental na maximização dos fatores disponíveis para obtenção de altos rendimentos. O conhecimento do ambiente de cultivo, é extremamente importante, principalmente no que concerne às suas limitações, para que se possa proceder a tempo, as correções necessárias, afim de adaptar o mesmo às exigências ecofisiológicas da soja. Maior produtividade com menor custo, só poderão ser alcançadas se forem proporcionadas às plantas, as condições necessárias para que possam expressar todo o seu potencial produtivo(Câmara,1982).

Durante seu ciclo, a planta permanece exposta a muitos fatores externos, que podem favorecer ou prejudicar a produtividade final. As respostas da soja aos efeitos do ambiente dependem muito de seu estágio de desenvolvimento e das práticas culturais adotadas pelos agricultores, facilitando sua recuperação após injúrias ou trazendo benefícios à cultura (Marcos Filho, 1986).

A produtividade econômica da soja, fundamenta-se no conhecimento da planta, do ambiente de produção e do manejo. A planta deve ter suas características conhecidas para que suas necessidades sejam atendidas, de forma que possa expressar toda sua potencialidade. Por sua vez, o ambiente de produção também deve ser conhecido quanto o seu biótopo (elementos de clima e solo) e sua biocenose (amigos e inimigos naturais das plantas). Dessa forma, o manejo exercido pelo homem atuará como agente manipulador do sistema agro-ecológico, visando sua melhor interação, de forma que as influências recíprocas, resultem em maior rendimento econômico, comprometido, no entanto, com a preservação do ambiente e a sustentabilidade agrícola ao longo do tempo (Câmara, 1992).

Dentre os elementos de clima, destacam-se como os mais importantes a radiação solar, temperatura e umidade. A radiação solar é fundamental para o desenvolvimento da cultura, pois está relacionada a vários processos e atividades da planta (Câmara, 1992). Relaciona-se diretamente com os processos biológicos que regem a vida, quanto à duração (fotoperíodo),

qualidade (composição espectral da luz) e intensidade (energia incidente). A temperatura está associada diretamente com o crescimento e desenvolvimento da soja, sendo efetiva para o crescimento a partir de um valor mínimo (Berlato, 1981). A resposta da soja ao fotoperíodo e à temperatura, define sua zona agroclimática de adaptação (Verneti, 1983). A umidade é o principal fator que altera a produtividade da cultura (FAO, 1995).

Os aspectos fisiológicos da planta estão diretamente relacionados à radiação solar e, principalmente, com a intensidade luminosa que por sua vez, relaciona-se com a atividade fotossintética, alongamento da haste principal e das ramificações, expansão foliar, nodulação e outras características da planta (Câmara, 1998a). Simultaneamente à emergência das plântulas, com o desenvolvimento dos cotilédones ocorre o aumento gradativo de clorofila, envolvendo a coloração dos mesmos para verde intenso, iniciando-se a fotossíntese (Müller, 1981). Com a formação das sucessivas folhas, observa-se maior capacidade fixadora de  $\text{CO}_2$  até aproximadamente a nona folha trifoliolada, correspondente ao estágio fenológico  $V_{10}$ , fixando de 30 a 35  $\text{mg CO}_2 \text{ dm}^{-2} \text{ hora}^{-1}$ , em campo (Shibles et al., 1975).

A superfície fotossintética em uma comunidade vegetal tem sido expressa adimensionalmente, resultante da relação entre a área foliar e a área do terreno, que é chamada de índice de área foliar (IAF), conceito básico para a análise de crescimento de uma cultura, ou na interceptação de luz e, especialmente, para informar sobre a eficiência de folhas individuais ou a taxa assimilatória líquida (TAL). Mesmo sendo o IAF uma simples razão entre a área foliar e a área do solo coberta pelas plantas, ele apresenta interações com a TAL e a produtividade, porque a taxa de crescimento da cultura,  $\text{TCC} = \text{TAL} \cdot \text{IAF}$ ; expresso em  $\text{g m}^{-2} \text{ de solo dia}^{-1}$ , sendo portanto, a integral da taxa assimilatória líquida e o índice de área foliar (Reis & Muller, 1979).

A interceptação da radiação solar e a sua distribuição dentro do dossel são características essenciais para a produtividade de qualquer cultura. Neste sentido Shibles & Weber (1966) procuraram melhorar a distribuição da energia

em função do espaçamento e da população de plantas de soja. Concluíram que tal uso não alterou o arranjo espacial das folhas dentro da comunidade vegetal. Para cada arranjo espacial, o índice fotossintético aumentava com os acréscimos da intensidade de radiação solar. Fato esse, também comprovado em estudos anteriores (Shibles & Weber, 1965). Nestes trabalhos também foi observado que folhas inferiores não atingiram o ponto de compensação lumínico, pois as de baixa fotossíntese, apresentaram menor respiração.

O efeito típico do fotoperíodo na soja é sobre a redução do período entre emergência e florescimento e, conseqüentemente, sobre o ciclo de maturação. Conforme a época de semeadura e o cultivar, a duração dos subperíodos fenológicos reprodutivos pode variar por ação do fotoperiodismo (Marcos Filho, 1986; Câmara, 1992 e Garcia, 1992).

A soja é sensível à duração do dia, ou melhor, à duração do período de escuro (nictoperíodo), para a indução da formação de botões florais (Câmara, 1992). É classificada como planta fotoperiódica de dias curtos, florescendo quando o comprimento dos dias é inferior a determinado valor, denominado fotoperíodo crítico (FC). Assim, a soja é induzida a florescer, quando o valor do fotoperíodo do ambiente de cultivo é inferior ao fotoperíodo crítico, ou seja, quando as noites são mais longas que  $(24-FC)$ .

O fotoperíodo, dentre aqueles fatores mencionados, é o que exerce maior efeito na variabilidade do desenvolvimento e crescimento da planta de soja, com conseqüências no rendimento de grãos, pois para um mesmo tempo, época do ano ou data de semeadura, varia com os diferentes espaços, locais ou latitudes. Para um mesmo local, varia com o decorrer das épocas do ano, sendo de maneira isolada ou interagindo com a temperatura, o fator climático mais associado à adaptação da soja a uma região ou ao efeito da época de semeadura (Major et al., 1975b; Marcos Filho & Novembre, 1990 e Câmara, 1992).

A temperatura exerce influência sobre todas as fases fenológicas da planta, sendo este um fator que deve ser considerado na escolha da época de

semeadura da soja, quando se visa obter rendimentos elevados. As temperaturas nas quais a soja melhor se adapta estão entre 20°C e 30°C, pois favorecem tanto a emergência das plântulas como a formação de nódulos e o desenvolvimento das plantas, sendo esta última considerada a ideal. Sempre que possível, a semeadura da soja não deve ser realizada a temperaturas do solo inferiores a 20°C, sob o risco de prejudicar a germinação e a emergência, sendo a de 25°C considerada ótima. O crescimento vegetativo da soja é pequeno ou nulo a temperaturas menores ou igual a 10°C (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 1998).

Temperaturas acima de 30°C exercem efeitos depressivos sobre a intensidade de desenvolvimento das plantas, sendo que temperaturas acima de 40°C tem efeitos adversos na taxa de crescimento, antecipam o florescimento, diminuem a capacidade de retenção de vagens e reduzem o porte da planta, podendo todos esses efeitos negativos serem agravados, caso ocorra deficiência hídrica ou fotoperíodo inadequado nesta fase (Queiroz et al., 1979; Marcos Filho, 1986; Câmara, 1992; Garcia, 1992).

Pascale et al. (1973) observaram não haver germinação da soja antes da temperatura média do ar atingir 15°C, concordando com estudos anteriores, em que o período vegetativo da soja inicia quando a temperatura média do ar supera 15°C. Considera-se que uma região não é apta para a cultura da soja, quando a temperatura do mês mais quente for inferior a 20°C (Berlato, 1981).

Com relação à umidade, atuando em praticamente todos os processos fisiológicos da planta, a água afeta o rendimento da soja pela quantidade fornecida durante o seu ciclo de desenvolvimento, principalmente nas fases de emergência e a de granação. A soja é sensível tanto a escassez quanto ao excesso de umidade nas diversas etapas do ciclo. Ao contrário das folhas e ramificações que são bastante afetadas pela temperatura, as raízes e a expansão radicular são afetadas pelas propriedades físicas do solo relacionadas com a disponibilidade de água e oxigênio (Câmara, 1998a).



A necessidade de água na cultura da soja aumenta com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo entre os períodos de floração e de enchimento de grãos quando a evapotranspiração atinge 7 a 8 mm dia<sup>-1</sup>, decrescendo após este período (Berlato et al., 1986 e EMBRAPA, 1998). As regiões aptas à cultura da soja são as que apresentam boa distribuição de precipitações pluviais (500-700mm) durante o ciclo das plantas (Marcos Filho, 1986; Food and Agriculture Organization -FAO, 1995).

O conhecimento sobre o consumo estacional de água pela soja é importante tanto para o ajustamento da época de semeadura em função das disponibilidades hídricas do ambiente de cultivo, como para o planejamento da suplementação hídrica através da irrigação. A fase de germinação seguida da emergência da plântula é uma das etapas críticas em relação à disponibilidade de água. A escassez impede a adequada embebição e germinação da semente. O excesso, por sua vez, afeta a difusão do oxigênio e inibe a germinação. Além disso, de acordo com Câmara (1998a), a deficiência hídrica em certos tipos de solo promove a ocorrência de crostas superficiais que atrasam ou mesmo impedem a emergência epigea das plantas.

A deficiência de umidade durante o período vegetativo provocará redução da taxa de crescimento, da atividade fotossintética, da fixação de nitrogênio e do metabolismo da planta. Esses efeitos são visualizados através da menor altura de plantas, do menor número de nós e do comprimento dos entrenós, além da menor turgescência foliar (Marcos Filho, 1986).

A deficiência hídrica durante a etapa de diferenciação dos botões florais (estádios R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub>), promove a queda de grande número de flores. Essa mesma ocorrência pode ser verificada se a estiagem for seguida por um repentino excesso de chuvas. Na fase de frutificação (estádios R<sub>3</sub> e R<sub>4</sub>) também pode ocorrer abortamento de vagens devido à ocorrência de deficiência hídrica, notando-se o mesmo problema perante longos períodos de encharcamento no solo. Deve-se destacar também, que durante o enchimento de vagens, quando ocorre intenso acúmulo de matéria seca pelos grãos (estádios R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub> e R<sub>7</sub>), é

uma etapa crítica quanto à exigência de umidade, sendo que a deficiência hídrica reduz severamente o rendimento agrícola, seja pelo abortamento de grãos, seja pela formação de grãos mais leves (Câmara, 1998a).

### **2.3 Época de semeadura, desenvolvimento e produtividade**

Provavelmente nenhuma prática cultural isolada é mais importante para a soja do que a época de semeadura. É definida por um conjunto de fatores ambientais que reagem entre si e interagem com a planta, promovendo variações no rendimento e afetando outras características agrônômicas. As condições que mais afetam o desenvolvimento da soja são as que envolvem variações dos fatores meteorológicos como temperatura, umidade do solo e, principalmente, fotoperíodo (Barni & Bergamaschi, 1981).

Pesquisas realizadas no Brasil, demonstram que a época de semeadura é a variável que produz maior impacto sobre o rendimento da cultura da soja. Para as condições brasileiras, a época de semeadura varia em função do cultivar, região de cultivo e condições ambientais do ano agrícola, geralmente apresentando uma faixa recomendável de outubro à dezembro. O mês de novembro, de maneira geral, tem proporcionado os melhores resultados de produtividade nos estados em que a soja é cultivada tradicionalmente (Nakagawa et al., 1983; Rocha et al., 1984).

A época de semeadura, além de afetar o rendimento, afeta também a arquitetura e o desenvolvimento da planta. Semeadura em época não adequada pode causar reduções drásticas no rendimento, bem como dificultar a colheita mecânica, de tal modo que as perdas na colheita podem chegar a níveis elevados. Isto porque ocorrem alterações na altura das plantas, na altura de inserção das primeiras vagens, no número de ramificações, no diâmetro do caule e no acamamento. Estas características estão também relacionadas com a população e os cultivares e dependem das condições bioclimáticas,

principalmente, fotoperíodo, temperatura e distribuição pluvial (Nakagawa et al., 1983; Rocha et al., 1984; Câmara, 1991 e Garcia, 1992).

Ao optar por uma determinada época de semeadura, o produtor está escolhendo uma certa combinação entre a fenologia da cultura e a distribuição dos atributos do clima na região de produção, que poderá resultar em elevado ou reduzido rendimento, além de interferir com o crescimento em altura das plantas e, conseqüentemente, com a altura da lavoura para a colheita mecanizada (Câmara, 1992). Vários autores verificaram redução na altura das plantas de soja, devido à menor duração do período vegetativo, relacionada a atrasos na semeadura (Sediyama et al., 1972; Tragnago & Bonetti, 1984; Marcos Filho, 1986; Bhéring, 1989; Câmara, 1991).

Estudando o desempenho de dois cultivares de soja em oito épocas de semeadura, Sanchez & Yuyama (1979) verificaram que o atraso na semeadura causou diminuição no ciclo da planta, sendo isto uma conseqüência do fotoperíodo. Com a redução do ciclo da planta, houve diminuição na altura, diâmetro do caule, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e, conseqüentemente, redução na produção. Por outro lado, a altura de inserção da primeira vagem aumentou.

Em estudos conduzidos por Garcia et al. (1981) com épocas de semeadura de setembro a janeiro, os maiores rendimentos foram obtidos em semeaduras realizadas de 20 de outubro a 20 de novembro. Cultivares mais tardios apresentaram bom porte de plantas e altos rendimentos em semeaduras a partir de setembro e outubro, com médias compatíveis com aquelas obtidas por cultivares mais precoces, semeados em novembro. Resultados semelhantes foram obtidos por Queiroz (1988), evidenciando que para cultivares tardios, os maiores rendimentos são obtidos em semeaduras de outubro e que para os precoces a melhor época é novembro.

O desempenho da soja na região de Botucatu-SP, foi avaliada durante três anos agrícolas sucessivos por Nakagawa et al. (1983). Estes autores concluíram que os maiores rendimentos de grãos para três cultivares foram

obtidos nas semeaduras realizadas na segunda quinzena de outubro e durante o mês de novembro. Verificaram também, que o número de vagens formadas por planta e a massa de 100 grãos foram os componentes da produção mais influenciados pelas épocas de semeadura, diminuindo com o atraso destas.

Nogueira et al. (1984) com a finalidade de estudar a produção de dois cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura, na região de Campinas - SP, semearam os cultivares UFV-1 e IAC-7 em épocas antecipadas e atrasadas em relação à época normal de semeadura, definida como o período de 16 de outubro a 30 de novembro. Constataram que: a) a antecipação da semeadura não afetou a produção de grãos dos dois cultivares em relação à época normal; b) o número de nós e de vagens formadas por planta é mais influenciado pela época de semeadura do que a massa da semente; c) a planta de soja compensa o aumento do número de vagens por planta, diminuindo a massa da semente; d) o mecanismo de compensação entre os componentes da produção é mais efetivo nas épocas mais produtivas; e) as características número de nós e de vagens por planta são determinantes mais importantes da produção do que a massa da semente; f) para um mesmo cultivar, a massa da semente é mais influenciada pelo ano agrícola do que o número de nós e de vagens por planta.

Com datas de semeadura variando de 26 de outubro a 19 de dezembro em dois anos de experimentação, Bhéring (1989) avaliou a influência de quatro épocas de semeadura no Estado de Minas Gerais, sobre algumas características agrônômicas e a qualidade das sementes de 12 genótipos de soja entre cultivares e linhagens, concluindo que: a) para todos os genótipos houve redução na duração dos subperíodos fenológicos emergência - florescimento e emergência - maturação a medida em que se atrasaram as semeaduras; b) com o sucessivo atraso nas datas de semeadura houve a correspondente redução na altura de planta, enquanto a altura de inserção da primeira vagem não foi influenciada significativamente; c) nas semeaduras realizadas mais cedo, final de outubro e primeira quinzena de novembro, houve

maior crescimento em altura de planta e maior rendimento de grãos, ao passo que nas semeaduras mais tardias, no final de novembro e primeira quinzena de dezembro, houve produção de sementes de melhor qualidade fisiológica, porém, em menor quantidade.

Marcos Filho & Novembre (1990), estudaram durante quatro anos sucessivos os principais cultivares de soja recomendados para o Estado de São Paulo em cinco épocas de semeadura distanciadas de 20 a 30 dias entre os meses de outubro e março. Visando caracterizá-los agrônomicamente e fenologicamente sob influência da época de semeadura, esses autores constataram que: a) todos os cultivares apresentaram sensibilidade fotoperiódica, uma vez que com o decorrer das épocas de semeadura, reduziram a duração do ciclo, a altura de planta e o número de nós na haste principal formados até o estágio  $R_1$ ; b) apesar dos cultivares serem reconhecidos como de hábito de crescimento determinado, todos continuaram a emitir novos nós até os estádios reprodutivos de  $R_5$  a  $R_8$ ; c) o atraso da semeadura determinou maior redução dos subperíodos reprodutivos nos cultivares precoces e da fase vegetativa nos cultivares mais tardios; d) houve redução do número de ramificações, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens granadas e rendimento de grãos, com o atraso das épocas de semeadura; e) nas semeaduras de outubro, novembro e início de dezembro, houve maior produção de vagens por planta juntamente com elevado índice de chochamento das vagens.

Estudando o efeito de época de semeadura sobre os cultivares Paraná, Santa Rosa e UFV-1, Nakagawa et al. (1991), constataram que o atraso da semeadura da soja, em relação à segunda quinzena de outubro e primeira quinzena de novembro, diminuiu as porcentagens de sementes maiores e a massa de 100 sementes.

Segundo Medina (1994), cultivares precoces de soja semeados no Estado de São Paulo durante os meses de outubro e novembro, desenvolvem seus processos de maturação e colheita sob condições climáticas

desfavoráveis, caracterizadas por temperaturas e umidade relativa do ar elevadas.

Costa et al. (1995), com o objetivo de determinar o efeito da época de semeadura na qualidade das sementes de soja instalada semearam os cultivares FT-Cristalina, IAC-2, Tropical, Doko e IAC-8 entre 29/10/83 e 07/01/84 em Lucas de Rio Verde - GO e constataram que 10 de dezembro constitui-se na melhor época de semeadura para a qualidade da semente de soja, porém, com riscos de alta umidade na maturação de cultivares de ciclo mais longo e constante necessidade de controle do complexo de percevejos.

A época de semeadura denominada safrinha é uma opção normalmente realizada em sucessão à cultura do milho, em época normal, ou à outra cultura, que foi semeada no início do período das chuvas. No Estado de São Paulo, a safrinha é semeada em fevereiro ou março de cada ano, após a colheita da cultura de verão. Essa prática ainda pouco disseminada no Brasil, iniciou-se em regiões produtoras de milho localizadas no Estado do Paraná e ao sul do Estado de São Paulo, onde após a colheita da gramínea, é semeada a cultura da soja, visando renda adicional para os agricultores (EMBRAPA, 1997).

Embora não sejam encontradas muitas referências de natureza científica sobre o cultivo da soja em época safrinha, bem como não existem muitas informações sobre cultivares mais indicados para essas condições, uma vez que a seleção de cultivares em semeadura tardia é muito prejudicada por ataque de percevejo, a EMBRAPA (1996) indica que cultivares de ciclo de maturação médio e semi tardios têm maiores potenciais de rendimento. Essa tendência foi comprovada por Marchiori (1998), que trabalhando com cultivares de ciclos de maturação precoce, semi precoce e médio, em época safrinha, no Estado de São Paulo, concluiu que o cultivar IAC-19, de ciclo de maturação médio, apresentou o melhor desempenho e maior rendimento de grãos.

## 2.4 Densidade de plantas, desenvolvimento e produtividade

Estudos têm demonstrado que a melhor população de plantas para o sistema convencional de plantio da soja, é de aproximadamente 400.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ . Variações de 20% a 25% desse número, para mais ou para menos, não alteram significativamente o rendimento de grãos, para a maioria dos casos, desde que as plantas sejam distribuídas, uniformemente, sem muitas falhas. Entretanto, a melhor população depende da região, época de semeadura e do cultivar (Val et al., 1971; Embrapa, 1996).

Bueno et al. (1975) estudando o desempenho de dois cultivares tardios de soja em três épocas de semeadura, dois espaçamentos e três densidades de plantio, observaram que o espaçamento de 60 cm e densidade de 10 plantas por metro, com aproximadamente 165.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , apresentaram melhores resultados, sem prejuízos do rendimento e com menor gasto de sementes em relação a maiores densidades de plantas.

Segundo Gaudêncio et al. (1990) a população é fator determinante para o arranjo das plantas de soja, uma vez que esta influencia o crescimento. O excesso de plantas, mesmo nos casos em que não se observa redução no rendimento, modifica a arquitetura e o aproveitamento de luz, deixando-as mais sujeitas ao acamamento, podendo ocasionar perdas na colheita. Os mesmos autores, procurando definir a melhor população de plantas de soja na região Centro-Sul do Paraná, instalada em semeadura direta, observaram que a população de 280.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  não reduziu o rendimento da cultura, em comparação com a população de até 650.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , para os cultivares estudados, permitindo concluir que nas áreas onde o acamamento da soja é freqüente, populações de 280.000 a 350.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  podem ser utilizadas.

A partir da década de 70, o espaçamento recomendado para a cultura da soja varia de 0,40m a 0,70m entre as linhas, com densidades de 10 a 30 plantas por metro linear (Val et al., 1971; Bueno et al., 1975; Gaudêncio et al., 1990; Embrapa, 1996), sendo que atualmente, há predominância de valores

mais reduzidos, entre 0,40m e 0,60m (EMBRAPA, 1997), semeando-se quantidades de sementes de modo a se obter 16 plantas por metro linear, no espaçamento de 0,40m, 20 plantas no espaçamento de 0,50m e 24 no espaçamento de 0,60m, para a condução da população básica de 400.000 planta ha<sup>-1</sup>.

Trabalhos têm mostrado que a soja tolera uma ampla variação na população de plantas, alterando mais a sua morfologia que o rendimento de grãos (Queiroz, 1975; Costa & Pendleton, 1979; Barni et al., 1985; Gaudêncio et al., 1990). De modo geral, a maior resposta se verifica para a variação nos espaçamentos entre fileiras de plantas, com tendência de maiores rendimentos nos menores espaçamentos (Garcia, 1991).

A pequena resposta da soja à população se deve à sua capacidade de compensação no uso do espaço entre plantas. Um dos componentes da planta que contribui para a maior tolerância à variação na população é o número de vagens por planta que varia inversamente ao aumento ou redução da população. Queiroz (1975), trabalhando com quatro cultivares de ciclos diferentes e populações de 10, 30, 50, 70 e 90 plantas por metro quadrado, obteve reduções drásticas no número de vagens por planta quando a população variou de 10 para 30 plantas por metro quadrado, tendo todos os cultivares reagido semelhantemente. O número de ramificações e de nós no caule e o diâmetro do caule também reduziram com o aumento da população. O número de grãos por vagem, como era esperado não apresentou variação para este efeito. Esta é a tendência normal esperada nos estudos de população, afirma Garcia (1992). Entretanto, as respostas da soja à variação no espaçamento e densidade de plantas não são, via de regra, consistentes, variando de ano para ano e em função de cultivares e das condições ambientais.

Outros trabalhos evidenciam os efeitos da densidade de plantas na linha e do espaçamento entrelinhas sobre o crescimento, desenvolvimento e rendimento da soja, destacando-se: Melhorança & Mesquita (1982), Munera &



Bastidas (1985), Klar et al. (1986), Nakagawa et al. (1986a), Nakagawa et al. (1986b), Nakagawa et al. (1987) e Nakagawa et al. (1988).

O rendimento da cultura da soja é pouco afetado pela variação na densidade de plantas na linha. Os acréscimos de rendimento proporcionais ao aumento na densidade de plantas são associados à época de semeadura e ao uso de cultivares precoces ou resistentes ao acamamento. Já os decréscimos, dependem do grau de acamamento (Johnson & Harris, 1967; Hicks et al., 1969; Cooper, 1971; Remussi et al., 1971; Val et al., 1971; Bastidas et al. 1973; Queiroz, 1975; Dominguez & Hume, 1978; Hoggard et al. 1978; Rosolem et al. 1983; Garcia, 1992).

A redução do espaçamento entre linhas tem sido mais eficaz para obtenção de ganhos de rendimento, quando comparada a variação na densidade de plantas na linha. A combinação destes dois fatores definem a população da cultura e interfere com outras características da planta (Val et al., 1971; Reis et al., 1977 e Garcia, 1992).

As respostas, em produtividade, à densidade populacional, dependem se o produto agrícola é resultado do crescimento vegetativo ou do crescimento reprodutivo. Isto porque existem duas situações: uma, cujo produto de valor econômico é a própria planta (produção vegetativa) e outra, para aquelas que apresentam um órgão específico com importância comercial. No primeiro caso, a produtividade econômica é a produtividade biológica da cultura (fitomassa total/área), que responde em curva assintótica ao aumento da densidade, tendendo a um valor teto, que se mantém independente do número de plantas por área, se não houver acamamento (Holliday, 1960). No segundo caso, onde apenas parte da planta tem importância econômica (crescimento reprodutivo de sementes ou grãos), o número de plantas por área tem efeito parabólico sobre a produtividade por área. Para tais culturas, a produtividade aumenta com o aumento da densidade, até um valor máximo, decrescendo em seguida (Duncan, 1958; 1984). O número ótimo de plantas é aquele que corresponde à máxima produtividade econômica, porém a produtividade biológica dessas

culturas também apresenta relação assintótica quando relacionada com a população (Donald & Hamblin, 1976).

Alguns resultados experimentais sugerem que normalmente a máxima produção de grãos, coincide com a densidade populacional que determina a estabilização de crescimento de produção biológica (matéria seca). Acontece que a produtividade econômica é uma fração da produtividade biológica. Tal fração representa o índice de colheita (Donald, 1963). Esse índice decresce com aumento na população, em virtude de adaptações morfológicas que ocorrem com as plantas (Pereira, 1989).

Inúmeros estudos (Donald & Hamblin, 1976) mostram que, ao longo do tempo, a produtividade biológica tem-se mantido constante. No entanto, a produtividade econômica tem aumentado continuamente em função do aumento índice de colheita. Seleção de plantas que alocam maior proporção de material em órgãos de importância econômica, tem sido responsável por essa tendência (Donald, 1963; Donald & Hamblin, (1976) e Duncan et al., 1978).

## **2.5 Análise de crescimento aplicada a soja**

O rendimento final de um cultivar é o resultado de suas interações com o ambiente, sendo este um integrador dos estímulos ambientais. Entretanto, para se compreender alguns aspectos da natureza dos controles internos intrínsecos de cada cultivar, necessita-se do estabelecimento de índices mais detalhados que permitam melhor compreensão dessas interações, através da análise quantitativa do crescimento. Esta fundamenta-se no desenvolvimento de testes e modelos de simulação do crescimento e produtividade da cultura, baseado em vários índices fisiológicos (Machado, 1982).

A análise do crescimento constitui a parte da fisiologia vegetal em que se faz uso de modelos e fórmulas matemáticas para avaliar índices de crescimento das plantas, sendo muito deles, relacionados com a atividade fotossintética. A partir dos dados de crescimento pode-se inferir atividade fisiológica, isto é,

estimar-se de forma bastante precisa, as causas de variações de crescimento entre plantas geneticamente diferentes ou entre plantas iguais, crescendo em ambientes diferentes (Benincasa, 1988).

As técnicas de análise de crescimento foram desenvolvidas por investigadores britânicos (Blackman, 1919; Briggs et al., 1920a; 1920b; 1920c); que além de apresentarem fórmulas de análise de crescimento, suas derivações e condições necessárias para seu uso correto, discutem alternativas e métodos que envolvem uma descrição matemática da massa da matéria seca e da área foliar em função do tempo, seguida de cálculos de diferentes índices de crescimento. A formulação e o significado dos diversos índices fisiológicos, são em geral, descritos em diversos textos (Watson, 1952; Radford, 1967; Reis & Muller, 1979; Pereira & Machado, 1987 e Benincasa, 1988).

O fundamento dessa análise baseia-se no fato de que em média, 90 % da matéria orgânica acumulada ao longo do crescimento da planta resulta da atividade fotossintética e o restante, da absorção mineral do solo (Benincasa, 1988). Sua determinação é uma medida sequencial, feita normalmente, considerando a sua fitomassa. Permite avaliar o crescimento da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento total (Magalhães, 1985).

Nos estudos ecofisiológicos das plantas não se pode prescindir da análise de crescimento, pois os fatores ambientais como a luz, a temperatura, a concentração de CO<sub>2</sub> e as disponibilidades de água e nutrientes, próprios de cada local, afetam sensivelmente vários índices fisiológicos como a taxa assimilatória líquida, a taxa de crescimento relativo e a razão de área foliar. Através do estudo das interações destes parâmetros com cada fator ambiental, em particular, e estágio de desenvolvimento da planta, podem ser conhecidos a eficiência do crescimento e a habilidade de adaptação às condições ambientais em que estas plantas crescem (Reis & Muller, 1979).

Os índices fisiológicos são, em geral, deduzidos a partir da variação temporal da matéria seca e da área foliar (Pereira & Machado, 1987). O

crescimento pode ser estudado através de medidas de dimensões lineares, como a altura de planta, o comprimento e diâmetro de caule, por exemplo, ou ser acompanhado, a partir da contagem de unidades estruturais morfológicas ou anatômicas (folhas, raízes, número de nós), que podem fornecer informações sobre a fenologia e são, muitas vezes, usadas para detectar diferenças entre os tratamentos estabelecidos, e que, acompanhadas ou não, de outras medidas, fornecem importantes informações sobre as diferenças funcionais entre plantas ou interações destas com o ambiente (Benincasa, 1988). Segundo este autor, para estimar o crescimento total da planta, as raízes devem ser consideradas como importantes componentes do vegetal. No entanto, em geral, a recuperação das raízes pode se tornar um trabalho demasiadamente complexo, o que faz com esta parte da planta seja desconsiderada nos cálculos de análise de crescimento. Por outro lado, em determinados vegetais onde as raízes são responsáveis pela produção econômica, faz-se necessário a tomada de suas medidas, seja em massa, volume, diâmetro ou tamanho.

Um fator essencial a ser também considerado é o método de análise dos dados. A metodologia clássica permite uma estimativa de valores médios no intervalo entre duas amostragens, exigindo que estas sejam simultâneas para permitir a comparação entre cultivares e os diferentes tratamentos (Pereira & Machado, 1987). Ao contrário, na metodologia funcional, a utilização de modelos e fórmulas matemáticas sobre os dados primários de matéria seca e área foliar em função do tempo, minimizam os problemas apresentados pelo método clássico. As vantagens e limitações do uso de fórmulas de integração para o cálculo de índices fisiológicos, a partir de dados de matéria seca (MS) e área foliar (AF), estão relatados em Calbo et al. (1989).

A medida da massa da matéria seca das diferentes partes da planta é simples e requer informações que podem ser obtidas sem necessidade de equipamentos sofisticados, o que é considerado uma vantagem da análise do crescimento, uma vez que as informações necessárias para levar adiante tais

análises, são a massa da matéria seca (fitomassa) da planta inteira ou parte dela, e a dimensão do aparelho fotossintetizante (área foliar). Estas informações são obtidas a intervalos de tempo regulares, normalmente a cada semana ou a cada 14 dias, durante a estação de crescimento do vegetal, para plantas de ciclo curto (Castro et al., 1984; Magalhães, 1985; Pereira & Machado, 1987).

De acordo com (Ritchie et al., 1994), as plantas em  $R_2$ , acumulam apenas cerca de 25% de sua matéria seca final e nutrientes, atinge cerca de 50% de sua altura final e desenvolve cerca de metade do número total de nós. Este estágio marca o início de um período de rápido e constante acúmulo diário das taxas de matéria seca e nutrientes pela planta que continuará até logo após o estágio  $R_6$ . Esta rápida acumulação de matéria seca e nutrientes pela planta inteira inicia-se nas partes vegetativas (folhas, hastes, pecíolos e raízes), deslocando-se gradualmente para as vagens e sementes em formação, enquanto as partes vegetativas finalizam o seu desenvolvimento.

A variação na quantidade de matéria seca (MS) e da área foliar (AF) em função do tempo é utilizada na estimativa de vários índices fisiológicos para tentar explicar e compreender as diferenças de desempenho entre cultivares da mesma espécie e das comunidades vegetais. Normalmente estes são: taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL), razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), taxa de crescimento da cultura (TCC), índice de área foliar (IAF), taxa de crescimento foliar relativo (TCFR), duração de área foliar (DAF), razão de massa foliar (RMF) e índice de colheita (IC) (Reis & Muller, 1979; Hunt, 1982; Castro, 1984; Pereira & Machado, 1987 e Benincasa, 1988).

A determinação da superfície foliar é muito importante no que diz respeito a muitos índices fisiológicos como a taxa de crescimento relativo (TCR), a taxa assimilatória líquida (TAL), a razão de área foliar (RAF) e o índice de área foliar (IAF). A área foliar representa o aparato de interceptação de luz para a fotossíntese e, como tal, é importantíssima para a produção de açúcares, óleos,

proteínas e fibras. Os parâmetros utilizados para medir o crescimento vegetal abordam a área foliar (AF ou L) e a massa da matéria seca (MMS, MS ou W) acumulada pela planta por representarem esses fatores a “fábrica” e o “produto final”, respectivamente, (Peixoto, 1995). Na prática, as principais medidas de W e L são a massa da matéria seca total (MST) e área foliar total (AF) da planta.

Hammond & Kirkan (1949) estudaram o acúmulo e a variação da matéria seca em plantas de soja sob diferentes condições. Observaram que as curvas de massa da matéria seca em função do tempo são compostas de segmentos exponenciais que coincide com três diferentes estádios de crescimento da planta. Verificaram que a primeira modificação na taxa de acúmulo de matéria seca acontece por ocasião do florescimento e, a segunda, coincidindo com a época em que a planta atinge sua altura máxima. Observaram que 100 dias após o plantio ocorreu uma rápida perda na massa de raízes, hastes e folhas, a qual revelou-se maior do que a perda resultante da queda de folhas.

Henderson & Kamprath (1970) observaram, ao longo de três anos, que há uma variação considerável no acúmulo de matéria seca da soja, tendo os maiores picos ocorrido na estação mais favorável ao crescimento da cultura, cerca de 110 a 120 dias após o plantio, variando os totais de 7.600 kg a 12.400 kg ha<sup>-1</sup>. Mascarenhas (1972) observou que o total de matéria seca acumulada no final do ciclo vegetativo da cultivar Pelicano foi de 16.084 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, e que os maiores acúmulos ocorreram entre os 60 e 80 dias, passando a ser menos pronunciado após este período. Nas vagens e sementes o acúmulo de matéria seca foi contínuo até a maturação, enquanto que na parte vegetativa houve uma diminuição após os 80 dias, devido à migração desses assimilados às vagens e sementes, além da abscisão de folhas.

A fim de poder estudar a curva de crescimento da matéria seca em soja, Mascarenhas (1972) estabeleceu três períodos bem definidos, que correspondiam às modificações no desenvolvimento fisiológico da planta. O primeiro, compreendendo de 0 a 60 dias, fase da germinação ao florescimento; o segundo, de 60 a 80 dias, a fase de final de florescimento e início da

formação de vagens; o terceiro, de 80 a 100 dias, fase de amarelecimento e início da queda das primeiras folhas. Observou que há um intenso acúmulo de matéria seca na parte aérea da planta até 80 dias. A seguir decresce em função da translocação para as vagens e sementes. O aumento de matéria seca nas vagens ocorreu dos 100 aos 120 dias, na ordem de 220%, com o consequente decréscimo, nas outras partes da planta. Resultados semelhantes foram encontrados em trabalho anterior, por Hanway & Weber (1971a), trabalhando com oito variedades de soja.

Dados de acúmulo de matéria seca e nutrientes através do tempo, mostram que na fase inicial de desenvolvimento a velocidade de acúmulo é baixa, aumentando progressivamente com o tempo, atingindo o máximo entre o florescimento e o início do enchimento dos grãos (Domhoff & Shibles, 1970; Koller et al., 1986). O acúmulo de matéria seca nos grãos inicia em  $R_5$  e continua na mesma proporção até a maturidade fisiológica ( $R_7$ ). A taxa de acúmulo nesse período varia de 70 a 100  $\text{kg ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$  (Costa, 1996). Altos rendimentos são obtidos quando as condições ambientais são favoráveis em todos os estádios de desenvolvimento. Condições desfavoráveis nos estádios iniciais limitam o tamanho das folhas, ou seja, o aparato fotossintético. Nos estádios mais avançados pode haver redução do número de vagens e do tamanho dos grãos.

Determinações do acúmulo de matéria seca das diversas partes da planta em oito cultivares de soja durante duas estações de crescimento foram realizadas por Hanway & Weber (1971a). Verificaram que as taxas de acúmulo de matéria seca entre os cultivares foram semelhantes nos dois anos e que estas taxas variaram de 88 a 149  $\text{kg ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$ , no período compreendido entre a florescência e o amarelecimento das folhas. A taxa de acúmulo de matéria seca nas sementes de todos os cultivares, durante 30 dias após o florescimento foi da ordem de 99  $\text{kg ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$ . Entretanto, as vagens de todos os cultivares aumentaram em massa a uma taxa de 51  $\text{kg ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$ , 20 dias após a florescência.

Sob diversas condições de fertilidade, com aplicações de fósforo, potássio e nitrogênio, Hanway & Weber (1971b) determinaram o incremento de matéria seca em diferentes partes da planta de soja. Observaram que para produzir um rendimento final das plantas de  $10.000 \text{ kg ha}^{-1}$ , a média diária de aumento na massa da matéria seca das plantas foi da ordem de  $186 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  durante o florescimento. Na maturidade a massa seca consistiu em 28% de folhas caídas, 15% de pecíolos caídos, 17% hastes, 11% vagens e 29% sementes. Esses estudos revelaram ainda, que os tecidos vegetativos da soja servem como uma reserva de nutrientes minerais durante o crescimento vegetativo da planta, e que estes são translocados para as sementes durante o período de enchimento do legume.

Estudando os componentes de acúmulo de matéria seca nos diferentes estratos da copa de soja, Koller (1971) verificou que a região inferior da haste principal produziu a maior área foliar, porém, devido a abscisão da folhas basais, a camada intermediária da haste adquiriu a maior área foliar durante o desenvolvimento das sementes. O estudo da matéria seca acumulada nas sementes mostrou que, aproximadamente, 36% dessa matéria seca migrou da camada basal e intermediária da haste principal e 47% da camada superior e dos ramos dessa haste, sendo que a taxa de crescimento relativo não variou com relação à posição das mesmas na planta.

Em estudo posterior, Koller (1972) determinou a área foliar e a massa seca da folha de soja, na parte basal, intermediária e superior da haste principal e das hastes secundárias da planta. A área foliar específica média (AFE), decresceu da base para o ápice da copa, sendo mais alta nas hastes secundária do que na principal. A relação entre área foliar e massa seca de cada segmento da haste principal, apresentou decréscimo contínuo até o início da senescência foliar, quando a relação aumentou rapidamente durante a abscisão. Nas hastes secundárias, a relação cresceu inicialmente, seguiu-se um declínio, para então aumentar novamente durante a abscisão foliar.



A capacidade de uma comunidade de plantas produzir matéria seca dependerá, em último caso, do grau de exploração da radiação solar. A fotossíntese líquida poderá ser máxima quando a folhagem for densa o suficiente, para impedir que a luz solar chegue até o solo e não haja competição entre as folhas mais próximas da base. O índice de área foliar (IAF) é a relação entre a área da folhagem e a superfície do solo que ela ocupa, variando de acordo com espécies vegetais, clima, estações do ano e estágio de desenvolvimento da planta (Muller, 1981).

Quando o IAF aumenta, também aumenta a interceptação de luz e conseqüentemente, a fotossíntese líquida, até um valor crítico. O "IAF crítico" é definido como a quantidade de folha requerida para interceptar 95% da radiação solar ao meio dia. Quando a taxa de crescimento decresce abaixo de um dado IAF, não havendo mais uma contribuição líquida ao acúmulo de fotossintetizados, este será denominado de "IAF ótimo" (Muller, 1981). Watson, (1958), verificou que as culturas produzem consideravelmente mais área foliar, do que seria requerido para atingir-se o valor crítico. Em plantas de soja, a produção de matéria seca, não declinou a IAF maiores que o necessário para a completa interceptação da luminosidade, isto é, não foi estabelecido um "IAF ótimo" (Shibles & Weber, 1965).

Para esses autores, a porcentagem de interceptação da radiação solar e a taxa de produção de matéria seca nas plantas de soja, aumentam com o incremento no desenvolvimento da área foliar, até atingir um máximo, mantendo-se constante, com qualquer aumento adicional no índice de área foliar. Os mesmos autores (1966) verificaram que o aumento na população em uma mesma área resultou em incremento no índice de área foliar e em concomitante redução do número de dias para a interceptação de 95% da radiação solar (IAF crítico). A produção de matéria seca foi uma função da porcentagem de radiação luminosa interceptada. Entretanto, a eficiência de utilização da energia interceptada diferiu entre os diferentes anos de cultivo e a produtividade de sementes não se correlacionou com a totalidade da matéria

seca produzida, sendo essa produtividade, uma função da utilização diferencial de fotossintetizados entre a região vegetativa e a reprodutiva.

Blad & Baker (1972) determinaram a área foliar, número de folhas e o índice de área foliar total durante o desenvolvimento de dois cultivares de soja. O maior número de folhas ocorreu ao mesmo tempo da área foliar máxima e esta combinação produziu o IAF máximo, que foi de 7,0 no primeiro ano, caindo para 5,7 no segundo ano, devido a ocorrência de déficit hídrico que provocou abscisão parcial. O cultivar Chippewa alcançou o IAF máximo de 4,3 no espaçamento de 0,71m, enquanto o Hark, produziu um IAF de 4,5 no espaçamento de 0,51m. Hume et al.(1972), observou um índice de área foliar da ordem de quatro, e que cultivares de soja com ciclo de maturação curto, podem ter alguma limitação no acúmulo de assimilados para obtenção de alto rendimento.

Cultivando a soja sob alta densidade, Buttery (1970), criou diferentes índices de área foliar por raleamento, coletando amostras nesta ocasião e duas semanas mais tarde, sendo o experimento repetido duas vezes ao ano, durante três anos. A taxa de crescimento relativo média (TCR) e a taxa assimilatória líquida média (TAL) aumentaram com o incremento na densidade, enquanto que a taxa de crescimento da cultura (TCC) e a razão de área foliar (RAF) decresceram. Os efeitos adversos do auto sombreamento com o aumento do índice de área foliar (IAF), foram bastante pronunciados.

Buttery & Buzzell (1972) efetuaram análise de crescimento de vários cultivares de soja, verificando diferenças nas médias de diversos índices fisiológicos, correlacionados com a seleção para produção. Foram verificadas diferenças na média da taxa de assimilação líquida (TAL), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de crescimento foliar relativo (TCFR), razão de área foliar (RAF), massa foliar específica (MFE) e na razão parte aérea/raízes (S/R), entre um grupo de 21 cultivares estudados em três ensaios, durante três anos. Em um outro grupo de 23 cultivares, estudados durante dois anos, apenas a TAL e a RAF diferiram. Comparações de cultivares com seus paternos mostraram que

a seleção resultou em aumento na TAL e MFE e decréscimos na RAF, S/R, massa seca total da planta (MST) e área foliar (AF). Correlações fenotípicas mostraram que a TAL foi diretamente relacionada com MFE e inversamente relacionada com a RAF, podendo a MFE, ser um parâmetro útil para a seleção de cultivares de soja visando a produção.

Comparando a soja irrigada com a mantida sem irrigação, Scott & Batchelor (1979) obtiveram resposta apenas durante as estações secas. Diferenças no desenvolvimento de folhas e hastes foram encontradas no final do período vegetativo e no início do florescimento. A soja irrigada acumulou maior quantidade de matéria seca, aumentou a área foliar e apresentou maior rendimento em sementes. O período de maior taxa de crescimento da cultura (TCC) correspondeu ao final do período vegetativo e início do reprodutivo. O valores de taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL) e razão de área folia (RAF) foram maiores no início do período vegetativo e decresceram com o decorrer do ciclo, geralmente, com maiores valores na cultura irrigada nos estádios reprodutivos. O declínio da RAF na soja sem irrigação foi atribuído ao decréscimo na razão de massa foliar (RMF) durante a fase vegetativa e a um decréscimo da RMF e na área foliar específica (AFE), durante o período reprodutivo. A TCR variou de 0,002 a 0,355 g g<sup>-1</sup> dia, a TAL de 1,33 a 8,5 g m<sup>-2</sup> dia e a RAF de 0,037 a 0,122 m<sup>-2</sup> g<sup>-1</sup>.

Estudando a dinâmica do crescimento em plantios adensados de soja em semeadura tardia, Board & Harville (1996) verificaram que a maior taxa de crescimento da cultura é entre as fases R<sub>1</sub> e R<sub>5</sub>, devido ao aumento no índice de área foliar e que a maior interceptação da radiação luminosa, na segunda metade do período vegetativo, favoreceu a taxa de produção de matéria seca no período reprodutivo, e que a produtividade foi significativamente correlacionada com a taxa de crescimento da cultura.

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Local e período de experimentação**

Os experimentos foram instalados em área experimental da Fazenda Areão pertencente a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, localizada, no município de Piracicaba - SP, situado a 22° 41' 30" de latitude Sul, 47° 38' 30" de longitude Oeste e 546 m de altitude.

As três épocas experimentais foram conduzidas durante o ano agrícola de 1996/97, iniciando-se com a semeadura da primeira época em novembro/96 e finalizando-se em julho/97, com a colheita relativa à terceira época.

### **3.2 Características do solo**

O solo da área experimental é do tipo Podzólico Vermelho Escuro, profundo, com boa drenagem e textura muito argilosa, contendo 62% de argila total, 11% de silte, e 27% de areia. Suas características químicas, apresentadas na Tabela 1, foram determinadas no Laboratório de Análises Químicas de Solo do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP.

### **3.3 Preparo da área experimental**

Previamente à instalação de cada época de semeadura, o solo foi preparado de forma convencional por uma aração à profundidade média de 30 cm, com arado de aivecas reversíveis. O pH foi corrigido aplicando-se calcário na dose de 2 t ha<sup>-1</sup>, incorporando-se metade da dose, seguida de

uma gradeação destorroadora e niveladora, quando foi aplicada a segunda metade do calcário. Um segundo nivelamento foi efetuado junto com a incorporação dos herbicidas trifluralina e imazaquim aplicados nas doses dos produtos comerciais de  $2,0 \text{ L ha}^{-1}$  e  $1,0 \text{ L ha}^{-1}$ , respectivamente.

Tabela 1. Análise química do solo Podzólico Vermelho Escuro, utilizado na área experimental, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.

Prof. <sup>1</sup> (cm)	PH (CaCl <sub>2</sub> )	M.O. (g dm <sup>-3</sup> )	P (mg dm <sup>-3</sup> )	K	Ca	Mg	Al	H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	SB	T	V (%)
00 - 20	4,4	24,0	4,0	0,26	3,2	1,4	0,3	7,2	4,9	12,1	40,0
20 - 40	4,2	20,0	4,0	0,15	2,0	0,8	0,8	7,2	3,0	10,2	29,0

<sup>1</sup>Prof. = profundidade de amostragem

### 3.4 Instalação dos experimentos

Visando-se a proteção das sementes contra a ação do complexo de fungos do solo, efetuou-se tratamento das mesmas, com fungicida Carboxin + Thiram na dose do produto comercial equivalente a  $280 \text{ ml } 100\text{kg}^{-1}$  de sementes. Antes da semeadura, as sementes foram inoculadas com inoculante turfoso aplicado na dose equivalente a  $0,6 \text{ kg } 40\text{kg}^{-1}$  de sementes. Em seguida, foram distribuídas manual e uniformemente nos sulcos.

A adubação de base foi fundamentada na análise química do solo (Tabela 1) e na expectativa para rendimento esperado da ordem de  $2.500 \text{ kg}$  a  $3.000 \text{ kg}$  de grãos  $\text{ha}^{-1}$ . Aplicou-se o equivalente a  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  da fórmula fertilizante 00-20-15, correspondendo à recomendação por hectare de  $80 \text{ kg}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $60 \text{ kg}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , proposta por Mascarenhas & Tanaka (1996).

### 3.5 Condução dos experimentos

As plantas daninhas não controladas pelos herbicidas foram eliminadas por capinas com enxadas. Pela técnica do “pano de batida” monitorou-se a população das principais pragas da soja (lagartas desfolhadoras e complexo de percevejos). Não houve incidência de lagartas desfolhadoras, enquanto a ocorrência do complexo de percevejos foi freqüente na área. Nesse caso, adotou-se como critério para dano econômico, a presença de dois percevejos, em média, por ocasião de amostragens (Panizzi, 1990). Para o controle do complexo de percevejos pulverizou-se o inseticida Endosulfan na dose do produto comercial equivalente a  $0,65 \text{ L ha}^{-1} + 0,5\%$  de NaCl. Neste caso, o sal de cozinha foi utilizado para aumentar a eficiência do inseticida químico, conforme recomendação de Sosa-Gomés et al. (1993).

A terceira época experimental caracterizou-se pela maior irregularidade de chuvas. Dessa forma, promoveu-se a irrigação das parcelas para permitir a emergência das plântulas e garantir o pleno desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da cultura. Quando necessária a irrigação, aplicou-se lâmina de água de 25 a 30 mm.

### 3.6 Cultivares

Foram utilizados os cultivares IAC-17, IAC-12 e IAC-19, recomendados para as regiões produtora do Estado de São Paulo, cujas principais características são apresentadas na Tabela 2.

### 3.7 Épocas de semeadura

Foram estudadas três épocas de semeadura em relação à cultura da soja: normal, tardia e safrinha. Para condições do Estado de São Paulo a época

considerada normal ou convencional, para a semeadura da soja é definida pelo período compreendido entre 16 de outubro e 30 de novembro, com destaque para a primeira quinzena desse mês (Miranda & Mascarenhas, 1986). Como época tardia compreende-se as semeaduras que ocorrem a partir da primeira quinzena de dezembro (Rosolem et al., 1983 e Nakagawa et al., 1986) e geralmente motivadas pela ocorrência de longos períodos de estiagem (veranicos) dentro da época normal de semeadura, impossibilitando a instalação da cultura ou mesmo, o seu estabelecimento com estande uniforme. Dependendo de quanto dure o veranico, a semeadura da soja pode atrasada para a segunda quinzena do mês de dezembro ou para o mês de janeiro.

Tabela 2. Principais características dos cultivares de soja IAC-17, IAC-12 e IAC-19.

	IAC-12	IAC-17	IAC-19
Ciclo (dias)	120 - 125	100 - 120	125 - 130
Ciclo (classificação)	Semi precoce	Precoce	Médio
Floração (dias)	30 - 40	30 - 40	40 - 50
Altura de planta (cm)	80	80	90
Hábito de crescimento	Determinado	Determinado	Determinado
Massa de 1000 sementes (g)	145	140	160
Reação ao cancro da haste	Resistente	Resistente	Resistente
Reação ao <i>Meloydogine javanica</i>	Suscetível	Resistente	Resistente
Reação a <i>Meloydogine incognita</i>	Resistente	Resistente	Resistente

Fonte: Sementes Brejeiro<sup>1</sup> s.d.; Dedini Sementes<sup>2</sup> s.d.; Miranda et al. (1994).

Como época safrinha, compreende-se a semeadura no período relativo ao final da estação de verão. Nas regiões Central, Sudeste e Sul do Brasil, a época safrinha corresponde ao mês de fevereiro e a primeira quinzena de

<sup>1</sup> CULTURA da soja. Orlandia: Sementes Brejeiro. Produtos Alimentícios Orlandia. s.d.

<sup>2</sup> SEMENTES de soja: colhe mais quem escolhe DEDINI. Pirassununga: Sementes Dedini. s.d.

março, sendo a data de semeadura definida em função da data de colheita da cultura de verão (EMBRAPA, 1997).

Neste trabalho, as semeaduras foram em: época normal – 12 de novembro; tardia – 19 de dezembro e safrinha – 14 de março.

### **3.8 Densidades de plantas**

Adotou-se o espaçamento fixo de 0,50 m nas entrelinhas de soja, de maneira que as populações estudadas fossem obtidas pela variação no número de plantas na linha. Utilizou-se as densidades de 10, 20 e 30 plantas por metro, resultando nas populações equivalentes a 200, 400 e 600 mil plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Para obter-se as densidades de plantas desejadas, aumentou-se o número de sementes distribuído por parcela em 50%, de maneira a garantir estandes iniciais acima dos valores planejados.

Uma vez estabilizada a emergência aos 14 dias após a semeadura, o excesso de plantas foi retirado manualmente, para atingir-se as densidades e populações propostas.

### **3.9 Delineamento experimental**

Foram conduzidos três experimentos individuais e independentes, de maneira que, à cada época de semeadura correspondeu o delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 3 (três cultivares: IAC-17, IAC-12 e IAC-19; três densidades de plantas: 10, 20 e 30 plantas m<sup>-1</sup>) com três repetições.

Cada unidade experimental foi constituída por oito linhas de 5,0 m de comprimento, conforme ilustra a Figura 1. Como área útil para obtenção dos valores de rendimento utilizou-se as linhas de número 1, 2 e 3, descontando-se, a título de bordadura, 0,50 m de cada extremidade. As linhas de número 4 e 5 constituíram a área útil para a retirada de amostras destrutivas que foram



utilizadas para estudo da análise de crescimento, também descontando-se 0,50 m de bordadura nas extremidades. As demais linhas constituíram as bordaduras.

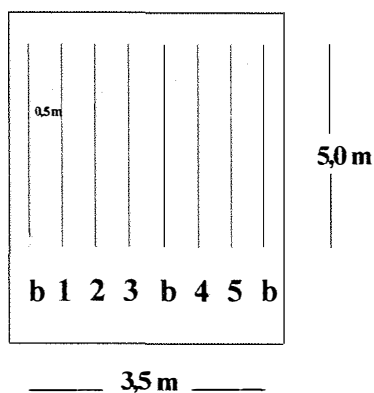


Figura 1. Esquema da parcela experimental. Linhas úteis 1, 2 e 3 para avaliação do rendimento. Linhas úteis 4 e 5 para estudo da análise de crescimento. Linhas "b" são bordaduras.

Todos os dados coletados na área útil de cada repetição para as diferentes variáveis foram analisados estatisticamente, por meio da análise da variância. Os efeitos estatisticamente significativos pelo teste F foram analisados pelo teste de Tukey, visando a comparação de médias entre os cultivares. Quando o objetivo foi estudar as diferentes densidades, utilizou-se a análise de regressão polinomial. A utilização de equações de regressão para representar a progressão do crescimento ao longo do ciclo, permite avaliar de forma mais precisa, variações no padrão de crescimento de plantas em relação a um atributo, como matéria seca ou área foliar, em função de tratamentos impostos ou de variabilidade genética entre os cultivares estudados. Os dados de contagem cujos erros não apresentaram distribuição normal ou variâncias heterogêneas foram transformados segundo a raiz quadrada da observação.

O esquema das análises das variâncias dentro de época para os valores de rendimento e os utilizados para a análise de crescimento dentro dos estádios fenológicos estudados são apresentados na tabela Tabela 3, utilizando-se o modelo matemático a seguir:

Em que,

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \delta_k + e_{ijk}$$

$$i = 1,2,3 \quad j = 1,2,3 \quad k = 1,2,3$$

$\mu$  : constante do modelo;

$\alpha_i$  : efeito do  $i$  - ésimo cultivar;

$\beta_j$  : efeito da  $j$  - ésima densidade;

$\gamma_{ij}$  : efeito da interação do  $i$  - ésimo cultivar e  $j$  - ésima densidade;

$\delta_k$  : efeito do  $k$  - ésimo bloco;

$e_{ijk}$  : erro experimental não observável, tal que  $e_{ijk} \cap N(0, \sigma^2)$ .

Tabela 3. Esquema da análise da variância individual.

Fontes da variação	Graus de liberdade
Bloco	2
Cultivar (C)	2
Densidade (D)	2
Interação C * D	4
Resíduo	16
Total	26

### 3.10 Elementos de clima

Para melhor compreensão e interpretação dos resultados relativos às características estudadas, coletaram-se os dados climáticos correspondentes aos valores médios mensais da temperatura do ar, da radiação solar total, do

fotoperíodo e precipitação total mensal. Os dados utilizados correspondem ao período de experimentação em campo para cada época de semeadura.

Esses valores foram coletados por uma estação meteorológica automática do Posto Meteorológico pertencente ao Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP, instalada na área experimental, localizada na Fazenda Areão , Piracicaba-SP.

### **3.11 Acompanhamento fenológico**

Também com o objetivo de melhor compreensão e interpretação dos resultados relativos às variáveis analisadas estatisticamente, acompanhou-se o desenvolvimento fenológico dos cultivares de soja em cada época de semeadura, seguindo-se a escala fenológica de Fehr & Caviness (1977), revisada por Ritchie et al.(1994). As observações foram realizadas em amostras constituídas de 10 plantas coletadas aleatoriamente em cada parcela útil para a análise de crescimento.

Por ocasião de cada amostragem, anotou-se o estágio fenológico correspondente em que se encontrava a cultura. Na Tabela 4 estão descritos todos os estádios de desenvolvimento da planta de soja, de forma esquemática e reduzida, possibilitando o estabelecimento de relações entre elementos fisiológicos, climáticos e fitotécnicos (Câmara, 1998b).

Tais períodos foram utilizados para efetuar as análises de variâncias correspondentes aos dados de matéria seca e área foliar, dentro de cada uma destas etapas de desenvolvimento, para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19, nos três níveis populacionais propostos e nas três épocas de semeadura estudadas.

Tabela 4. Descrição dos estádios vegetativos e reprodutivos da soja<sup>1</sup>.

Símbolo	Denominação	Descrição
VE	Emergência	Os cotilédones estão acima da superfície do solo
VC	Cotilédone desenvolvido	As folhas unifoliadas estão suficientemente estendidas de tal modo que os seus bordos não estão se tocando.
V <sub>1</sub>	Primeiro nó	Folhas completamente desenvolvidas nos nós das folhas unifoliadas.
V <sub>2</sub>	Segundo nó	Folha trifoliada completamente desenvolvida no nó acima dos nós das folhas unifoliadas.
V <sub>3</sub>	Terceiro nó	Três nós sobre a haste principal com folhas completamente desenvolvidas, iniciando-se com os nós das folhas unifoliadas.
V <sub>(n)</sub>	Enésimo nó	"N" número de nós sobre a haste principal com folhas completamente desenvolvidas, iniciando-se com os nós das folhas unifoliadas. O "N" pode ser qualquer número, iniciando-se com 1, isto é, V <sub>1</sub> , estádio do primeiro nó.
R <sub>1</sub>	Início do florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó da haste principal.
R <sub>2</sub>	Florescimento pleno	Uma flor aberta em um dos dois últimos nós superiores da haste principal, com a folha completamente desenvolvida.
R <sub>3</sub>	Início da frutificação	Vagem com 5 mm de comprimento em um dos quatro últimos nós superiores, sobre a haste principal, com a folha completamente desenvolvida.
R <sub>4</sub>	Vagem formada	Vagem com 20 mm de comprimento em um dos quatro últimos nós superiores, sobre a haste principal, com a folha desenvolvida ("canivete").
R <sub>5</sub>	Início da formação da semente ou início da granação	Semente com 3 mm de comprimento em uma vagem localizada em um dos quatro últimos nós superiores, sobre a haste principal, com a folha completamente desenvolvida.
R <sub>6</sub>	Granação plena ou semente desenvolvida	Vagem verde, contendo semente verde que preenche a cavidade da vagem localizada em um dos quatro últimos nós superiores, sobre a haste principal, com a folha completamente desenvolvida.
R <sub>7</sub>	Início da maturação ou maturidade fisiológica	Uma vagem normal sobre a haste principal que tenha atingido a cor da vagem madura.
R <sub>8</sub>	Maturação plena ou maturidade a campo	95% de vagens que tenham atingido a cor da vagem madura.

<sup>1</sup>Fonte: Fehr & Caviness (1977), adaptado por Câmara (1998).

### 3.12 Características avaliadas

Durante o ciclo das plantas efetuaram-se avaliações para a caracterização das etapas de desenvolvimento até a maturidade fisiológica. Dados de matéria seca (MS) e área foliar (AF), em 10 plantas por parcela útil, foram utilizados para efetuar a análise de crescimento.

A matéria seca foi quantificada nas frações raízes, haste, folhas e vagens, a partir dos 28 dias após a emergência, em intervalos regulares de 14 dias, até o estágio fenológico R<sub>7</sub>, simultaneamente às determinações da área foliar, de maneira que houve um acompanhamento da dinâmica da produção fotossintética efetiva, dada pelo balanço entre fotossíntese e respiração e perdas devido à senescência de tecidos e órgãos.

Utilizou-se a função polinomial exponencial  $\ln(y) = a + bx^{1.5} + cx^{0.5}$ , sendo a que melhor se ajustou para descrever a variação temporal da massa seca total (MS) e do índice de área foliar (IAF). Os diversos índices fisiológicos foram, então, obtidos pela manipulação das funções ajustadas. Seus respectivos coeficientes são apresentados no Anexo A.

#### 3.12.1 Massa da matéria seca (MS)

A massa da matéria seca foi determinada por coleta das plantas em intervalos regulares e nos estádios pertinentes. Suas diferentes partes foram separadas, tomando-se a massa da matéria verde em gramas. A seguir, os componentes foram colocados a secar e, posteriormente, levados à estufa de ventilação forçada e temperatura de 75°C, até atingirem massa seca constante. A variação temporal da massa seca (MS) foi descrita pela equação:

$$\ln(\text{MS}) = a_s + b_s t^{1.5} + c_s t^{0.5} \quad (1)$$

Em que:  $a_s$ ,  $b_s$ ,  $c_s$  são coeficientes empíricos determinados estatisticamente.

### 3.12 .2 Área foliar (AF)

A área foliar foi determinada pela relação entre a massa da matéria seca foliar e massa de discos com área conhecida de folíolos, retirados de folhas do terço superior, médio e basal da planta, com o auxílio de um perfurador de área conhecida, evitando-se as nervuras central e secundárias, conforme descrito em Johnson (1967), Camargo (1992) e Peixoto et al. (1995). A variação temporal da área foliar (AF) foi descrita pela equação:

$$\text{Ln (AF)} = a_f + b_f t^{1,5} + c_f t^{0,5} \quad (2)$$

Em que:  $a_f$ ,  $b_f$ ,  $c_f$  são coeficientes empíricos determinados estatisticamente

### 3.12 .3 Índices fisiológicos

Pela determinação da área foliar (AF) e da massa seca total (MS), a cada 14 dias (t), até o período final de crescimento e conhecendo-se a área de terreno (S) disponível às plantas, como base para expressar tanto a massa seca como a área foliar, foi possível determinar os índices fisiológicos descritos a seguir, com suas respectivas fórmulas matemáticas, de acordo com a recomendação de vários textos dedicados à análise quantitativa do crescimento (Blackman, 1919; Reis & Muller, 1979; Hunt, 1982; Magalhães, 1985; Pereira & Machado, 1987 e Benincasa, 1988).

#### 3.12.3.1 Índice de área foliar (IAF)

Calculou-se a relação da área foliar total da planta (AF em  $\text{dm}^2$ ), considerando-se apenas uma face do limbo foliar, por unidade de área de terreno (S em  $\text{dm}^2$ ) disponível para a planta:

$$\text{IAF} = \text{AF}/\text{S} \quad (3)$$

Em que: AF = área do solo ocupada pela planta      S = superfície do solo

### 3.12.3.2 Taxa de crescimento da cultura (TCC)

A TCC ( $\text{g dia}^{-1}$ ) avalia a produtividade primária líquida. É o somatório das taxas de crescimento dos diversos componentes das plantas (Reis & Muller, 1979 e Pereira & Machado, 1987).

$$\text{TCC} = \text{dMS} / \text{dt} \quad (4)$$

### 3.12.3.3 Taxa de crescimento relativo (TCR)

A TCR ( $\text{g g}^{-1} \text{t}^{-1}$ ) expressa o incremento na massa de matéria seca, por unidade de massa inicial, em um intervalo de tempo (Reis & Muller, 1979). Para valores médios, usa-se:

$$\text{TCR} = \text{TCC} / \text{MS} \quad (5)$$

### 3.12.3.4 Taxa assimilatória líquida (TAL)

A TAL ( $\text{g dm}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ) representa a taxa de incremento de massa de matéria seca por unidade de área foliar existente na planta, assumindo que tanto AF como MS, aumentam exponencialmente (Briggs et al., 1920):

$$\text{TAL} = \text{TCC} / \text{IAF} \quad (6)$$

### 3.12.3.5 Razão de área foliar (RAF)

A RAF ( $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ ) representa a relação entre a área foliar e a massa seca total da planta. É também chamado quociente de área foliar (Briggs et al., 1920).

$$\text{RAF} = \text{AF} / \text{MS} \quad (7)$$

### 3.12.3.6 Índice de colheita (IC)

Pereira & Machado (1987) fazem referência ao índice de colheita como um quociente freqüentemente usado para medir a eficiência de conversão de produtos sintetizados em material de importância econômica. Em relação a uma cultura madura, o IC é definido como a razão entre a massa da matéria seca da fração econômica produzida (grão, raiz, fruto) e a fitomassa seca total colhida:

$$IC = PE / PB \quad (8)$$

Em que: PE = produtividade econômica      PB = produtividade biológica

### 3.12.4 Características agronômicas

As determinações não associadas à destruição de plantas amostrais, para avaliar os efeitos dos fatores épocas de semeadura, cultivares e densidades, sobre as características agronômicas das plantas de soja, foram efetuadas nas três linhas úteis destinadas à avaliação de rendimento, por ocasião da plena maturação da cultura (estádio R<sub>8</sub>).

Altura final de planta, número final de nós, número de ramificações na haste principal, número total de vagens e número total de sementes por planta, foram determinadas em 10 plantas coletadas aleatoriamente em cada parcela.

A massa de 1000 grãos e o rendimento de grãos foram determinados com base na população final de plantas existentes na área útil de cada parcela.

Considerou-se como altura final de planta a distância compreendida entre a superfície do solo e a extremidade apical (tufo foliar) da haste principal. A contagem do número de nós formados na haste principal da planta iniciou-se a partir do nó de inserção das folhas unifolioladas até o último nó na extremidade apical da haste, correspondente à inserção da última folha trifoliolada. O número de ramificações por planta foi obtido pela contagem direta do número de ramos inseridos na haste principal da planta.



O número total de vagens formadas por planta foi obtido pela contagem direta de todas as vagens existentes e o número total de grãos, obteve-se pela relação entre o número médio de grãos por vagem e o número total de vagens.

As plantas da área útil de cada parcela foram colhidas com roçadora costal munida de disco rotativo com 80 dentes. Em seguida foram colocadas ao sol para secagem em terreiros, antes da trilha em máquina estacionária. Os grãos foram limpos, acondicionados em sacos de papel e encaminhados ao Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da ESALQ/USP.

Após uma semana de armazenamento, em temperatura e umidade ambiente, o rendimento de grãos de cada repetição foi aferido e o valor obtido ( $\text{kg parcela}^{-1}$ ) transformado para rendimento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

Simultaneamente, para determinação da massa de 1000 grãos, foram separadas 8 sub-amostras de 100 grãos por parcela, cujas massas foram determinadas em balança com sensibilidade de centésimos de grama, sendo tais procedimentos efetuados segundo prescrições estabelecidas pelas Regras de Análise de Sementes (Brasil - Ministério da Agricultura, 1992), devido a não existência de metodologia própria para determinação da massa de 1000 grãos.

Com base na determinação da umidade dos grãos produzidos em cada parcela e pela utilização da expressão apresentada a seguir, calculou-se a massa de 1000 grãos e o rendimento final, sendo ambos corrigidos para a umidade de correção (UC) de 13%.

$$Mc = Mo [ 1 - (Uo\% / 100)] [ 1 - (Uc\% / 100)] \quad (7)$$

Em que:      Mc = massa corrigida      Uo = grau de umidade observado  
                  Mo = massa obtida      Uc = grau de umidade de correção

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Elementos de clima e desenvolvimento da soja

Os valores médios mensais de temperatura, radiação solar, fotoperíodo e precipitação pluvial são apresentados na Tabela 5 e referem-se às principais condições climáticas pelas quais evoluíram os ciclos fenológicos dos cultivares em cada época de semeadura.

Tabela 5. Valores médios de temperatura mensal do ar e radiação solar, do fotoperíodo correspondente ao 15º dia de cada mês e valores totais de precipitação mensal.

Meses Ano	<sup>1</sup> Temperatura média (°C)	<sup>1</sup> Radiação (cal cm <sup>-2</sup> )	<sup>2</sup> Fotoperíodo (h)	<sup>1</sup> Precipitação Total (mm)
Nov/96	22,9	451,1	13,2	198,7
Dez/96	24,1	455,4	13,5	187,9
Jan/97	23,7	396,8	13,4	343,7
Fev/97	24,4	473,3	12,8	84,7
Mar/97	23,7	380,5	12,2	73,1
Abr/97	21,8	350,1	11,6	42,0
Mai/97	18,8	299,4	11,1	51,6
Jun/97	17,1	245,0	10,8	107,7
Jul/97	18,1	299,8	10,9	19,3

Fonte: <sup>1</sup>Posto Meteorológico do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP;  
<sup>2</sup>Pereira et al. (1997).

Analisando-se as informações contidas nessa Tabela, nota-se que os valores médios de cada atributo climático pouco variaram da época de semeadura normal para a tardia, enquanto desta para a época de semeadura safrinha, diminuíram progressivamente. Entretanto, tais valores, segundo Ometto (1981), foram característicos dos meses em que durou a experimentação e encontram-se próximos das normais climatológicas da região.

Tabela 6. Duração em dias dos principais estádios fenológicos (EF) dos cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19, semeados em épocas normal, tardia e safrinha.

EF <sup>1</sup>	Normal			Tardia			Safrinha		
	IAC-12	IAC-17	IAC-19	IAC-12	IAC-17	IAC-19	IAC-12	IAC-17	IAC-19
S - VE	8	8	8	8	8	8	8	8	8
VE - R <sub>1</sub>	46	46	46	39	39	39	49	44	52
R <sub>1</sub> - R <sub>3</sub>	16	16	16	14	11	18	7	8	14
R <sub>3</sub> - R <sub>5</sub>	17	17	17	10	10	11	17	14	18
R <sub>5</sub> - R <sub>7</sub>	31	31	35	25	22	35	25	21	24
R <sub>7</sub> - R <sub>8</sub>	16	15	24	15	10	18	14	11	14
VE - R <sub>7</sub>	110	110	114	88	82	103	98	87	108
VE-R <sub>8</sub>	126	125	138	103	92	121	112	98	122
S - R <sub>8</sub>	134	133	146	111	100	129	120	106	130

<sup>1</sup>Compreende os estádios VE a R<sub>8</sub>

Para a época de semeadura normal não foi verificada nenhuma restrição de clima para o pleno crescimento e rendimento da cultura. Para a semeadura em época tardia, registrou-se diminuição do fotoperíodo e da pluviosidade por ocasião do florescimento. Na época de semeadura safrinha verificou-se condições ambientais mais limitantes, com insuficiência térmica, fotoperiódica e principalmente, pluviométrica, exigindo suplementação hídrica, por irrigação.

Para facilitar a análise comparativa entre as épocas de semeadura e os cultivares dentro e entre as épocas, elaborou-se a Tabela 6, onde encontra-se a duração, em dias, dos principais estádios fenológicos dos cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19, semeados em épocas normal, tardia e safrinha.

A duração e os dias da emergência em que ocorreram os estádios fenológicos  $R_2$ ,  $R_4$ ,  $R_6$  e  $R_7$ , encontram-se na Tabela 6, onde verifica-se redução na duração do subperíodo emergência - início do florescimento (VE- $R_1$ ), da época de semeadura normal para a tardia, para os três cultivares de soja, devido à sensibilidade desta às variações na duração do fotoperíodo, conforme já constatado por Sanchez & Yuyama (1979), Nakagawa et al. (1983), Rocha et al. (1984), Marcos Filho & Novembre (1990) e Câmara (1991).

Entretanto, o mesmo não se verificou com relação à época de semeadura safrinha, nas condições em que foram desenvolvidos os experimentos, onde os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19 alongaram seus ciclos. Nota-se, ao contrário dos resultados encontrados por vários autores (Nakagawa et al., 1983; Rocha et al., 1984; Câmara, 1991), que nessa época de semeadura, houve um encurtamento do ciclo na fase reprodutiva dos cultivares, no período relativo ao início do florescimento até a maturidade fisiológica. Observa-se ainda, que esse encurtamento ocorreu de forma mais acentuada nos subperíodos fenológicos  $R_1$ - $R_3$  e  $R_5$ - $R_7$ , mantendo-se praticamente igual durante o desenvolvimento das vagens até o início de enchimento dos grãos ( $R_3$  a  $R_5$ ), voltando a reduzir moderadamente, no subperíodo  $R_7$ - $R_8$ , em relação à época de semeadura normal.

Comparando-se os ciclos dos cultivares entre as épocas normal e safrinha, verifica-se que o IAC-12 e o IAC-19, reduziram 14 e 16 dias, respectivamente, enquanto o IAC-17, que apresenta ciclo de maturação precoce, apresentou a maior redução, encurtando 27 dias. Esses resultados concordam com os encontrados por Marchiori (1998), que encontrou menor

sensibilidade do IAC-19, de ciclo de maturação médio, às condições ambientais limitantes para a cultura da soja, características dessa época de semeadura.

## **4.2 Análise de crescimento**

### **4.2 1 Massa da matéria seca (MS)**

Para essa variável, a análise de variância revelou valores de  $F$  significativos para o fator cultivar nas épocas de semeadura tardia e safrinha, exceto no estágio fenológico  $R_7$ . Para o fator densidade, o mesmo teste revelou valores significativos nas três épocas de semeadura estudadas, enquanto para a interação dos fatores cultivar e densidade, detectou-se diferenças significativas nas épocas de semeadura tardia, exceto no estágio  $R_6$  e na época de semeadura safrinha, apenas nos subperíodos reprodutivos  $R_2$  e  $R_6$  (Apêndices 4, 5 e 6).

Com relação ao fator densidade, a análise de regressão polinomial revelou valores de  $F$  altamente significativos para os níveis de densidade dentro dos cultivares IAC-17 e IAC-19 na época de semeadura tardia, cujas variações na matéria seca são explicadas pelas equações lineares apresentadas na Figura 2. Na época de semeadura safrinha, a análise de regressão revelou valores de  $F$  a 0,01 de significância para os níveis do fator densidade dentro dos cultivares IAC-12 e IAC-19, cujas variações de matéria seca foram ajustadas pelas equações apresentadas no Anexo B.

Os valores da massa de matéria seca observadas em três densidades de plantas na linha, para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19 nas épocas de semeadura normal, tardia e safrinha nos subperíodos reprodutivos  $R_2$ ,  $R_4$ ,  $R_6$  e  $R_7$ , encontram-se nas Tabelas 7 a 10.

Com relação à interação dos fatores cultivar e densidade, nota-se que para a época de semeadura tardia, o cultivar IAC-19 acumulou mais matéria

seca, diferindo significativamente dos cultivares IAC-12 e IAC-17 nas três densidades no estágio R<sub>2</sub>, (Tabela 7). No estágio R<sub>4</sub>, o IAC-19 manteve-se estatisticamente superior ao cultivar IAC-17 nas três densidades de plantas, porém, foi superior ao IAC-12 apenas na densidade de 10 plantas por metro (Tabela 8). Quanto à época de semeadura safrinha, valores significativos para a interação dos fatores cultivar e densidade só foram detectados nos estádios R<sub>2</sub> e R<sub>6</sub>, sendo que em ambos o IAC-19 foi superior aos demais, somente na densidade de 10 plantas por metro de linha.

Tabela 7. Valores médios para massa de matéria seca (g planta<sup>-1</sup>) acumulada até o estágio R<sub>2</sub> em épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19, manejados sob três densidades de plantas.

Épocas	Cultivares	Densidades (plantas m <sup>-1</sup> )			Médias
		10	20	30	
Normal	IAC - 12	16,0	10,3	9,8	12,0 <sup>1</sup> a
	IAC - 17	17,7	16,4	8,4	14,1 a
	IAC - 19	19,3	12,2	7,3	13,0 a
		D.M.S. 3,25	C.V. (%) 20,50		
Tardia	IAC - 12	7,2 b	5,6 b	5,3 b	6,0
	IAC - 17	9,2 b	6,8 b	5,8 b	7,3
	IAC - 19	20,8 a	11,4 a	10,1 a	14,1
		D.M.S. 3,09	C.V. (%) 16,04		
Safrinha	IAC - 12	4,8 b	3,6 a	2,3 a	3,6
	IAC - 17	1,3 c	3,1 a	1,4 a	1,9
	IAC - 19	7,4 a	3,8 a	3,2 a	4,8
		D.M.S. 1,96	C.V. (%) 27,07		

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Na época de semeadura normal, todos os cultivares apresentaram acúmulo de matéria seca crescente a medida que as plantas se desenvolveram do estágio R<sub>2</sub> ao R<sub>7</sub>, com pequeno decréscimo no cultivar IAC-19, que teve seu acúmulo máximo em R<sub>6</sub>. Com relação a esta época, não se verificou diferenças significativas entre os cultivares em nenhuma das fases estudadas, bem como, não houve efeito de interação cultivar e densidade.

Tabela 8. Valores médios para massa de matéria seca (g planta<sup>-1</sup>) acumulada até o estágio R<sub>4</sub> em épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19, manejados sob três densidades de plantas.

Épocas	Cultivares	Densidades (plantas m <sup>-1</sup> )			Médias
		10	20	30	
Normal	IAC - 12	31,0	15,0	12,4	19,3 <sup>1</sup> a
	IAC - 17	22,6	18,3	13,2	18,0 a
	IAC - 19	30,7	19,5	12,7	21,0 a
		D.M.S. 6,10		C.V. (%) 25,77	
Tardia	IAC - 12	27,6 b	16,2 ab	14,2 a	19,3
	IAC - 17	17,5 c	12,8 b	9,0 b	13,1
	IAC - 19	36,6 a	19,6 a	17,1 a	24,4
		D.M.S. 4,67		C.V. (%) 11,72	
Safrinha	IAC - 12	7,6	5,0	4,1	5,5 b
	IAC - 17	5,0	4,5	3,6	4,3 b
	IAC - 19	12,6	7,2	8,6	9,4 a
		D.M.S. 2,45		C.V. (%) 31,19	

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância

Na fase inicial de desenvolvimento reprodutivo da soja, o acúmulo de matéria seca é baixo, aumentando progressivamente com o tempo, atingindo o máximo na maturidade fisiológica (R<sub>7</sub>), com exceção do IAC-19 na época de

semeadura normal. Estes resultados discordam dos encontrados por Dornhoff & Shibles (1970) e Koller et al.(1986), que obtiveram acúmulos máximos entre as fases de florescimento e o início do enchimento de grãos (R<sub>5</sub>).

Tabela 9. Valores médios para massa de matéria seca (g planta<sup>-1</sup>) acumulada até o estágio R<sub>6</sub> em épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19, manejados sob três densidades de plantas.

Épocas	Cultivares	Densidades (planta m <sup>-1</sup> )			Médias
		10	20	30	
Normal	IAC - 12	54,4	27,4	22,0	35,5 <sup>1</sup> a
	IAC - 17	45,5	23,7	21,4	30,2 a
	IAC - 19	65,3	21,4	18,6	35,2 a
		D.M.S. 15,85	C.V. (%) 39,09		
Tardia	IAC - 12	38,0	18,9	14,7	23,8 ab
	IAC - 17	31,9	19,4	16,6	22,6 b
	IAC - 19	48,2	19,4	20,7	29,4 a
		D.M.S. 5,93	C.V. (%) 19,28		
Safrinha	IAC - 12	10,8 b	9,7 a	6,5 a	9,0
	IAC - 17	7,3 b	6,0 a	7,2 a	6,8
	IAC - 19	17,7 a	8,4 a	6,2 a	10,7
		D.M.S. 5,75	C.V. (%) 30,78		

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância

Fazendo-se a relação percentual entre os valores das Tabelas 7 e 10, observa-se para a época de semeadura normal que no estágio do pleno florescimento, o cultivar IAC-12 acumulou cerca de 30% da matéria seca final, o IAC-17, 45% e o IAC-19, 39%. Na época de semeadura tardia, esses índices foram de 16%, 21% e 39% para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19, respectivamente. Na época de semeadura safrinha, estes cultivares



acumularam respectiva e aproximadamente, 34%, 19% e 52% da matéria seca final.

Tabela 10. Valores médios para massa de matéria seca ( $\text{g planta}^{-1}$ ) acumulada até o estágio  $R_7$  em épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19, manejados sob três densidades de plantas.

Épocas	Cultivares	Densidades ( $\text{plantas m}^{-1}$ )			Médias
		10	20	30	
Normal	IAC - 12	61,1	39,1	21,3	40,5 <sup>1</sup> a
	IAC - 17	52,4	23,2	19,9	31,8 a
	IAC - 19	58,3	20,9	20,3	33,2 a
		D.M.S. 11,63	C.V. (%) 27,14		
Tardia	IAC - 12	52,1 a	31,1 a	28,1 a	37,1
	IAC - 17	47,4 b	31,5 a	24,8 a	34,6
	IAC - 19	63,1 a	27,0 a	21,0 a	36,3
		D.M.S. 17,14	C.V. (%) 13,02		
Safrinha	IAC - 12	15,1	9,2	5,9	10,5 a
	IAC - 17	10,6	9,7	7,7	10,0 a
	IAC - 19	14,6	7,5	7,5	9,3 a
		D.M.S. 3,25	C.V. (%) 26,68		

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância

Comparando-se os resultados apresentados na Tabela 7, observa-se que nessa fase, o cultivar IAC-12 acumulou cerca de 30% da matéria seca final, o IAC-17, 44,5% e o IAC-19, 39% na época de semeadura normal. Esses valores superiores aos encontrados por Ritchie et al.(1994), onde as plantas em  $R_2$ , acumularam apenas cerca de 25% de sua matéria seca final e nutrientes.

Os acréscimos de matéria seca permaneceram contínuos até  $R_7$ , sendo que na fase  $R_6$ , apenas na época de semeadura safrinha ocorreu interação

significativa, mantendo-se a mesma tendência observada anteriormente, sendo que o IAC-19, mesmo não diferindo significativamente dos outros cultivares, apresentou máximo acúmulo na primeira época de semeadura (Tabela 9), mantendo a supremacia também na segunda época.

Tabela 11. Duração em dias após a emergência dos principais estádios fenológicos, dos cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19, semeados em épocas normal, tardia e safrinha.

Épocas	Cultivares	Estádios reprodutivos			
		R2	R4	R6	R7
Normal	IAC-12	56	72	98	112
	IAC-17	56	72	98	112
	IAC-19	56	72	98	112
Tardia	IAC-12	42	56	84	98
	IAC-17	42	56	84	98
	IAC-19	56	72	98	112
Safrinha	IAC-12	42	56	84	98
	IAC-17	44	56	72	84
	IAC-19	56	72	98	112

Considerando-se apenas a época de semeadura normal, nota-se que os cultivares IAC-12 e IAC-17 atingiram o máximo acúmulo de matéria seca (MS) no estágio R<sub>7</sub> aos 112 dias após a emergência (Tabelas 10 e 11), enquanto o cultivar IAC-19 acumulou um máximo de matéria seca no estágio R<sub>6</sub> aos 98 dias após a emergência (DAE), (Tabelas 9 e 11). Na época de semeadura tardia, o máximo acúmulo de matéria seca ocorreu na maturidade fisiológica dos dois cultivares aos 98 DAE, para os genótipos IAC-12 e IAC-17 e aos 112 DAE para o IAC-19. Na época de semeadura safrinha, IAC-12 e IAC-17 atingiram o máximo acúmulo de MS no estágio R<sub>7</sub> aos 98 e 84 DAE, respectivamente. O IAC-19 acumulou o máximo de MS no estágio R<sub>6</sub> aos 98 DAE (Tabelas, 9, 10 e 11).

Na Tabela 11 são apresentados os valores correspondentes ao número de dias decorridos entre a emergência das plantas e os estádios  $R_2$ ,  $R_4$ ,  $R_6$  e  $R_7$ , para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19 nas épocas de semeadura normal, tardia e safrinha. Observa-se no estádio  $R_6$ , que na época de semeadura tardia (Tabela 9), o IAC-19 difere significativamente dos cultivares IAC-12 e IAC-17, que não diferiram entre si. Já na época de semeadura safrinha, somente no estádio  $R_4$  foi detectada diferenças significativas, onde o IAC-19 também foi superior aos demais. (Tabela 8). Esses resultados revelam uma relativa superioridade do cultivar IAC-19 em acumular matéria seca, provavelmente, devido ao maior tempo de vegetação. Verifica-se um atraso de 14 dias no ciclo em relação aos outros cultivares, para atingir o mesmo estádio fenológico reprodutivo nas épocas de semeadura tardia e safrinha (Tabela 11).

O acúmulo de matéria seca nos grãos inicia-se em  $R_5$  e continua na mesma proporção até a maturidade fisiológica ( $R_7$ ). Observando-se o rendimento de matéria seca por planta, a produtividade por área (Tabela 12) e os dias transcorridos entre cada fase dentro de cada época de semeadura (Tabela 11), pode-se calcular a taxa de acúmulo de matéria seca entre duas fases consecutivas ou alternadas. Por exemplo, tomando-se as fases  $R_4$  e  $R_7$ , para o cultivar IAC-12 na densidade de 10 plantas por metro de linha ( $20 \text{ plantas m}^{-2}$ ), a taxa de acúmulo é de  $305 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , nesse período. Para os cultivares IAC-17 e IAC-19, na mesma densidade, tem-se  $262 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  e  $292 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , respectivamente. De acordo com Costa (1996), a taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos durante este período pode variar de 70 a  $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , valores inferiores aos encontrados neste trabalho.

Comparando-se densidades diferentes dentro do mesmo cultivar, por exemplo, IAC - 12 na época de semeadura normal, tem-se 20, 40 e 60 plantas  $\text{m}^{-2}$ , acumulando 305, 392 e  $320 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , respectivamente, havendo maior compensação na densidade intermediária, indicando que a melhor densidade pode estar entre 10 e 20 plantas por metro de linha, para esta característica.

Nota-se, nas duas primeiras épocas de semeadura, que os rendimentos obtidos foram da ordem de  $8400 \text{ kg ha}^{-1}$  a  $16900 \text{ kg ha}^{-1}$ , bem maiores portanto, que os alcançados por Bataglia et al. (1976), que não computaram a massa seca das raízes, e obtiveram o máximo de matéria seca acumulada durante o ciclo de  $5600 \text{ kg ha}^{-1}$ , aos 90 dias após a germinação. Também foram maiores que os encontrados por Henderson & Kamprath (1970) que, num estudo de três anos, verificaram haver uma variação considerável no acúmulo de matéria seca na soja, tendo o maior acúmulo ocorrido, aproximadamente aos 110 dias após o plantio, com os totais anuais de  $7600$  a  $12\,400 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Na fase  $R_7$ , apenas na época de semeadura tardia verificou-se efeito de interação de densidade e cultivar (Tabela 8), tendo-se destacado mais uma vez o IAC-19, na menor densidade de plantas na linha.

Observando-se o desdobramento das regressões para efeito de densidade dentro dos cultivares na época de semeadura tardia, verifica-se que a regressão polinomial para os níveis de densidade dentro do fator cultivar IAC – 12 não foi significativa. Entretanto, apresentou diferenças ao nível de 5 % de probabilidade e foi altamente significativa ( $P < 0,01$ ) para o IAC - 19 e IAC – 17. A cada planta que for incluída na linha, para o IAC-17, obtém-se em média, um decréscimo de  $1,1 \text{ g}$  de matéria seca por planta, enquanto para o IAC – 19, este decréscimo é de  $2,1 \text{ g planta}^{-1}$  (Figura 2).

Como a tendência de variação da matéria seca em todas as fases foi semelhante, com relação às densidades entre os cultivares, optou-se por mostrar este efeito apenas no estágio  $R_7$ , sendo que as demais regressões estão apresentadas no Anexo B. Observa-se ainda, que embora apresentem a mesma tendência, os valores são de grandezas bastante diferenciadas. Assim, na época de semeadura normal em  $R_7$  (Figura 3), a cada aumento de planta na linha, diminui cerca de  $1,8 \text{ g planta}^{-1}$ , ao passo que na safrinha para  $0,3 \text{ g planta}^{-1}$ . Na época tardia, para o IAC-12, isoladamente, este valor cai para  $1,2 \text{ g planta}^{-1}$ . Pode-se perceber, que os efeitos de época refletem-se de forma

proporcional no acúmulo de matéria seca por planta, o que provavelmente, irá influenciar no rendimento final. A existência de relação negativa entre número

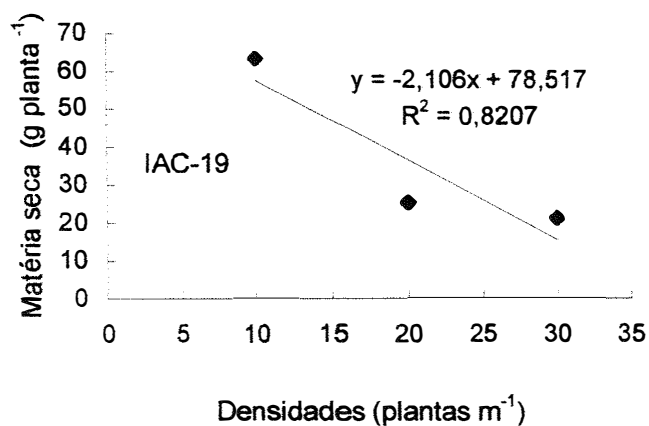
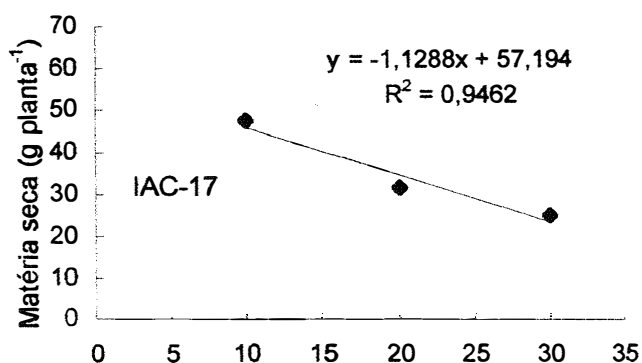


Figura 2. Massa de matéria seca de soja para os cultivares IAC-17 e IAC-19 em função da densidade de plantas na linha em época de semeadura tardia, no estágio fenológico R7.

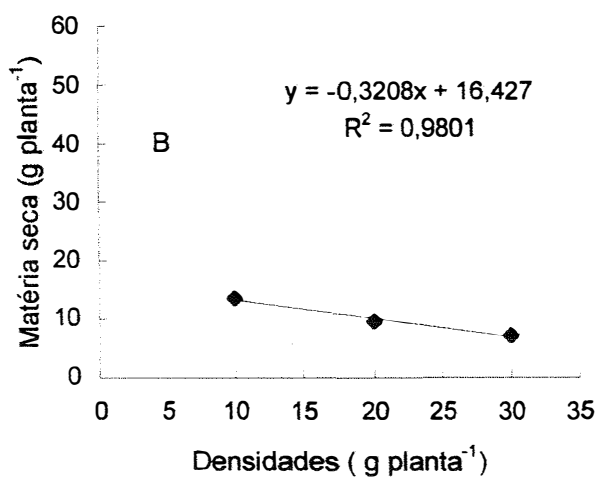
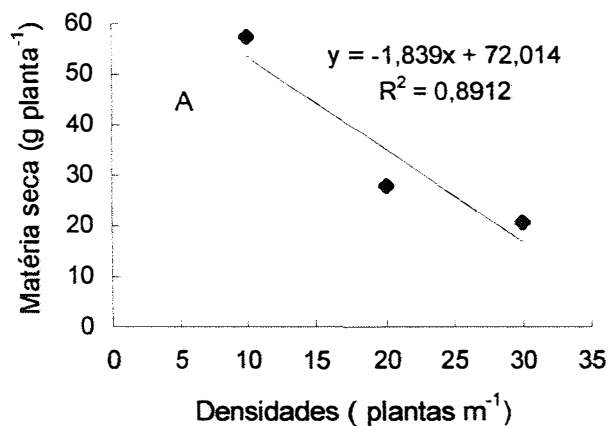


Figura 3. Massa de matéria seca de soja para os cultivares IAC-12, IAC-17, IAC-19, em função da densidade de plantas na linha em épocas de semeadura normal (A) e safrinha (B), no estágio fenológico R7.

de plantas por área e produtividade por planta é relatada por Duncan (1958; 1984) e Pereira (1989) e mostra claramente a existência de uma interação negativa entre número de plantas por área e rendimento por planta. Esses autores relatam que em plantio esparsos, sem interferência de plantas vizinhas, a produtividade por planta é máxima, embora por área seja baixa. Diminuindo-se os espaços entre as plantas, a produtividade individual decresce, havendo no entanto, aumento na produtividade por área.

Na Tabela 12, são apresentados os valores médios da massa de matéria seca total acumulada individualmente ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e por unidade de área ( $\text{g m}^{-2}$ ), observados em épocas de semeadura normal, tardia e safrinha, para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19, manejados em três densidades de plantas. Verifica-se que a matéria seca variou com a época de semeadura e com a população de plantas. O efeito de densidade foi evidente no rendimento individual das plantas, diminuindo à medida em que aumentou-se a densidade de plantas na linha. Isto indica que as modificações morfológicas nas plantas, devido ao efeito competitivo, influenciou na produtividade individual.

Embora a matéria seca acumulada por planta tenha diminuído em todas as épocas com o aumento da densidade de plantas na linha, o mesmo não ocorreu quando se considerou a produção por área, uma vez que esta foi compensada pelo maior número de plantas, nas maiores populações. Compensação que passa por um máximo, onde a população é ideal e, a partir desse ponto, não é mais compensada (Pereira, 1989). Nas menores densidades o acúmulo de matéria seca por planta chegou a dobrar e em alguns casos, até a ser três vezes maior, comparados às maiores densidades.

As diferenças entre épocas quanto ao acúmulo por planta foram evidentes, principalmente para a densidade menor, com ênfase para a época de semeadura safrinha. Com relação à matéria seca por área, estas diferenças não foram tão grandes, mesmo comparando-se a época safrinha, que chegou a reduzir até cinco vezes o acúmulo de matéria seca por planta.

Tabela 12. Valores médios de massa de matéria seca total acumulada individualmente ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e por unidade de área ( $\text{g m}^{-2}$ ) observados em épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19, manejados em três densidade de plantas

Cultivares	Densidades $\text{plantas m}^{-1}$	Épocas de semeadura					
		Normal		Tardia		Safrinha	
		$\text{g planta}^{-1}$	$\text{g m}^{-2}$	$\text{g planta}^{-1}$	$\text{g m}^{-2}$	$\text{g planta}^{-1}$	$\text{g m}^{-2}$
IAC-12	10	61	1224	52	1043	15	63
	20	39	1568	31	1246	9	78
	30	21	1282	28	1692	6	97
IAC-17	10	52	1049	47	949	10	66
	20	23	839	32	1260	10	88
	30	20	1218	25	1493	8	66
IAC-19	10	58	1168	63	1263	15	136
	20	21	839	25	1001	10	155
	30	20	1218	21	1261	8	162

A função que melhor se ajustou para descrever a variação da matéria seca, no tempo, para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19 em três densidades de plantas, em época de semeadura normal, tardia e safrinha foi uma polinomial exponencial,  $\ln y = a + bx^{(1,5)} + cx^{(0,5)}$ . Observa-se a tendência sigmoidal para a maioria das curvas obtidas, tendo algumas, entretanto, não chegado à inflexão característica da curva, devido provavelmente, ao fato de não ter havido uma avaliação de matéria seca posterior ao subperíodo R<sub>7</sub>. Após esta fase ocorre normalmente uma paralização na acumulação de matéria seca, o que condicionaria uma inflexão, nas curvas, para descrever essa estabilização de crescimento. Na figura 4, observa-se os diferentes desempenhos dos cultivares estudados nas três densidades de plantas em três épocas de semeadura.



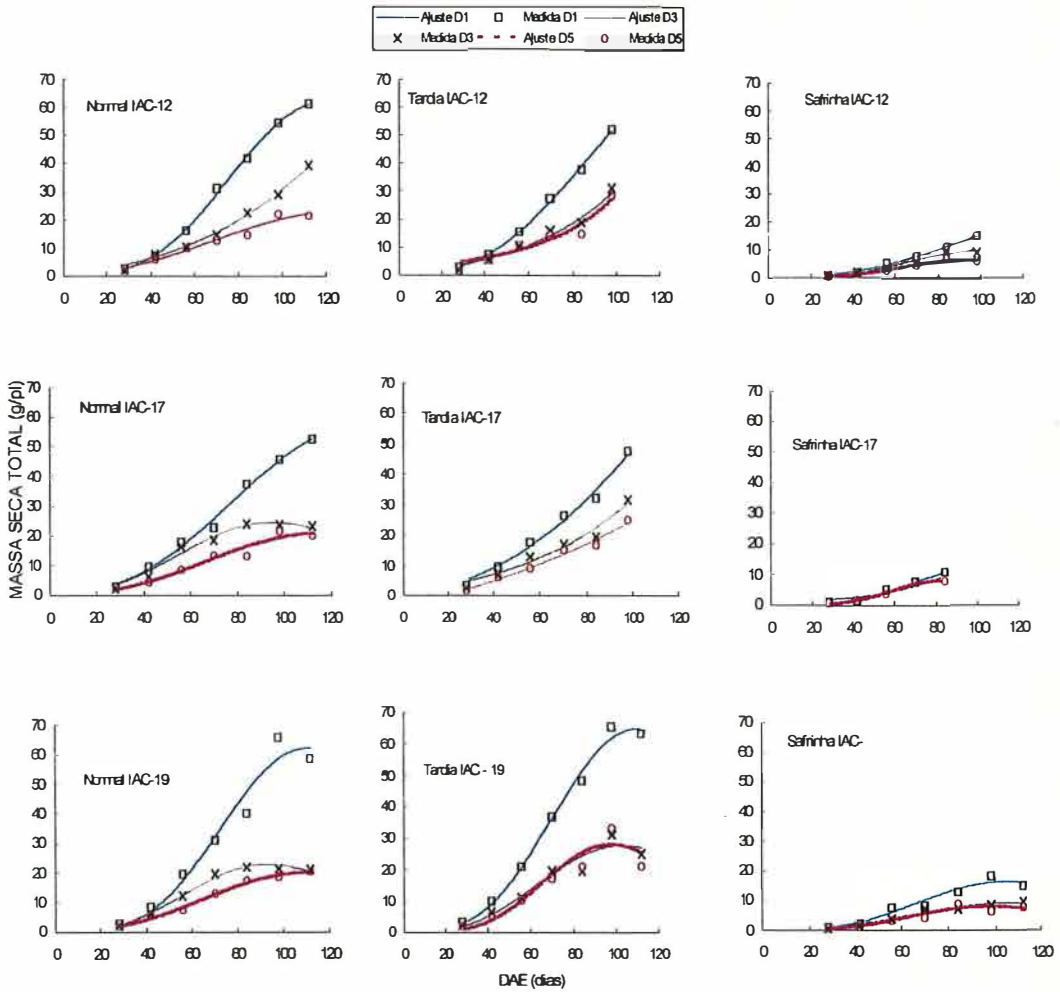


Figura 4. Variação da matéria seca ( $\text{g planta}^{-1}$ ) para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19, nas densidades de 10 (D1), 20 (D3) e 30 (D5) plantas na linha por metro, em épocas de semeadura normal, tardia e safrinha.

#### 4.2.2 Área foliar e índice de área foliar (IAF)

Para essa característica a análise da variância revelou valores de  $F$  significativos para o fator cultivar na época normal de semeadura, apenas nos estádios  $R_2$  e  $R_7$ . Na semeadura de época tardia o teste  $F$  revelou significância para esse fator também nos estádios  $R_2$  e  $R_7$  e para a época de semeadura safrinha, nos estádios  $R_2$ ,  $R_4$  e  $R_6$ . Para o fator densidade, esta análise mostrou efeito significativo para todos os estádios nas três épocas de semeadura, enquanto para a interação entre os fatores cultivar e densidade, não houve efeito significativo na época de semeadura normal, com o teste  $F$  revelando esse efeito nas épocas de semeadura tardia e safrinha, apenas no estádio  $R_2$  (Apêndices 4, 5 e 6).

Nas tabelas 13, 14, 15 e 16 estão apresentados os valores médios para área foliar de soja no estádio  $R_2$ ,  $R_4$ ,  $R_6$  e  $R_7$  observados nas épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19, manejados sob três densidades de plantas.

Verifica-se que a regressão polinomial apresentou valores de teste  $F$  significativos a 5% de probabilidade nos estádios  $R_4$  e  $R_6$  e  $P < 0,01$  para  $R_7$ , detectando resposta linear e apenas uma quadrática, para as variações da área foliar (Figura 5 e 6). As demais regressões são apresentadas no Anexo C e mostram a variação média para os três cultivares, dentro de cada época de semeadura. Assim, independente dos cultivares, a área foliar diminuiu proporcionalmente ao aumento da densidade na linha.

Em face das tendências de variação da área foliar serem muito parecidas, apresenta-se na Figura 5, apenas o desdobramento dos efeitos de densidade dentro dos cultivares para a fase  $R_2$ , considerada a de máximo IAF por Gazzoni (1958), Gazzoni & Minor (1974) e Shibles et al. (1975). Na Figura 6, observa-se o efeito de densidade, independente de cultivar, no subperíodo  $R_4$ , no qual verifica-se os maiores valores de área foliar, decrescendo em

seguida, nas fases de desenvolvimento R<sub>6</sub> e R<sub>7</sub>, salvo as exceções a serem apresentadas.

Os resultados obtidos mostram que, em geral, a área foliar ou índice de área foliar (IAF), aumentou linearmente após o período de crescimento inicial lento até a formação completa das vagens (R<sub>4</sub>), exceto para os cultivares IAC-12 e IAC-17, na época de semeadura safrinha no estágio R<sub>6</sub> (Tabela 15), discordando dos resultados de Gazzoni (1974) que apontam o período final da floração (R<sub>2</sub>) como o de máximo crescimento do IAF, podendo alcançar valores que variam de 5 a 8, segundo Gazzoni & Minor, (1974).

Em outro estudo, Blad & Baker (1972), determinaram IAF durante o desenvolvimento de dois cultivares de soja e encontraram a maior área foliar entre 80 a 90 dias após a emergência.

Tabela 13. Valores médios para área foliar de soja (dm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) no estágio R<sub>2</sub>, observados nas épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19, manejados sob três densidades de plantas.

Épocas	Cultivares	Densidades (plantas m <sup>-1</sup> )			Médias
		10	20	30	
Normal	IAC - 12	15,4	13,1	10,9	13,1 <sup>1</sup> ab
	IAC - 17	13,5	21,3	12,0	15,6 a
	IAC - 19	14,9	9,4	6,0	10,1 b
		D.M.S. 5,31	C.V. (%) 33,71		
Tardia	IAC - 12	8,7 b	6,5 b	9,4 a	7,2
	IAC - 17	9,3 b	7,6 ab	6,8 a	7,9
	IAC - 19	18,0 a	10,6 a	6,4 a	12,7
		D.M.S. 3,70	C.V. (%) 18,89		
Safrinha	IAC - 12	6,7 a	4,9 a	3,3 a	5,0
	IAC - 17	1,8 b	3,2 a	2,0 a	2,3
	IAC - 19	8,7 a	4,4 a	3,9 a	5,7
		D.M.S. 2,42	C.V. (%) 26,51		

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância

Analisando-se cada estágio fenológico, verifica-se tendência comum de diminuição da área foliar a medida que aumenta a densidade de plantas, salvo duas exceções relativas ao estágio R<sub>2</sub> (IAC-17 na primeira época de semeadura e IAC-12 na segunda); uma relativa ao estágio R<sub>6</sub> e outra na maturidade fisiológica (ambas no cultivar IAC-17 em época de semeadura tardia).

Apenas na fase R<sub>2</sub> a análise de regressão mostrou efeito significativo para a interação densidade e cultivar, nas semeaduras de época tardia e safrinha. Neste caso, o desdobramento dos graus de liberdade revelou respostas lineares e quadráticas para as densidades dentro dos cultivares (Figura 5).

Tabela 14. Valores médios para área foliar de soja (dm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) no estágio R<sub>4</sub>, observados nas épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19, manejados sob três densidades de plantas.

Épocas	Cultivares	Densidades (plantas m <sup>-1</sup> )			Médias
		10	20	30	
Normal	IAC - 12	25,1	18,5	12,4	18,7 <sup>1</sup> a
	IAC - 17	18,6	15,3	9,2	14,4 a
	IAC - 19	18,0	11,9	9,3	13,0 a
		D.M.S. 5,75	C.V. (%) 30,73		
Tardia	IAC - 12	16,9	11,0	11,4	13,0 b
	IAC - 17	16,8	14,0	10,7	13,8 ab
	IAC - 19	25,8	14,4	12,7	17,6 a
		D.M.S. 3,94	C.V. (%) 21,78		
Safrinha	IAC - 12	7,5	5,4	4,2	5,7 ab
	IAC - 17	4,2	3,4	3,4	3,7 b
	IAC - 19	12,2	6,0	7,8	8,6 a
		D.M.S. 3,55	C.V. (%) 48,53		

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância

As equações de regressão mostram uma queda de 0,54 dm<sup>2</sup> na área foliar, quando se aumenta uma unidade de planta na linha para o cultivar IAC-12, entre as densidades de 10 e 20 plantas, tendendo a ficar constante, entre 20 e 30 plantas por metro na linha. Para o cultivar IAC-17, obtém-se em média, um decréscimo de 0,12 dm<sup>2</sup>, para cada planta incluída na linha. No IAC-19, esta queda é de 0,43 dm<sup>2</sup>, apesar de iniciar mais alto que os outros dois cultivares.

Tabela 15. Valores médios para área foliar de soja (dm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) no estágio R<sub>6</sub>, observados nas épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19, manejados sob três densidades de plantas.

Épocas	Cultivares	Densidades (plantas. <sup>-1</sup> )			Médias
		10	20	30	
Normal	IAC - 12	18,4	10,9	8,4	12,6 <sup>1</sup> a
	IAC - 17	18,8	9,1	6,5	11,5 a
	IAC - 19	22,6	7,1	7,3	12,3 a
		D.M.S. 9,07	C.V. (%) 61,34		
Tardia	IAC - 12	16,8	8,9	6,8	10,9 a
	IAC - 17	14,7	9,4	8,1	10,8 a
	IAC - 19	20,3	11,2	12,2	14,6 a
		D.M.S. 4,23	C.V. (%) 28,78		
Safrinha	IAC - 12	10,4	6,6	4,5	7,2 a
	IAC - 17	3,9	4,0	3,7	3,9 b
	IAC - 19	10,0	5,7	4,1	6,7 a
		D.M.S. 2,22	C.V. (%) 31,0		

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância

Tabela 16. Valores médios para área foliar de soja ( $\text{dm}^2 \text{ planta}^{-1}$ ) no estádio R<sub>7</sub>, observados nas épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19, manejados sob três densidades de plantas.

Épocas	Cultivares	Densidades (plantas $\text{m}^{-1}$ )			Médias
		10	20	30	
Normal	IAC - 12	15,9	10,5	4,3	10,2 <sup>1</sup> a
	IAC - 17	8,9	6,2	2,8	6,0 b
	IAC - 19	17,9	6,0	6,0	10,0 a
		D.M.S. 3,50	C.V. (%) 32,70		
Tardia	IAC - 12	13,7	7,2	6,6	9,2 a
	IAC - 17	8,6	8,4	6,2	7,7 a
	IAC - 19	7,2	2,1	2,7	4,0 b
		D.M.S. 2,60	C.V. (%) 31,00		
Safrinha	IAC - 12	6,2	4,7	2,9	4,6 a
	IAC - 17	3,9	3,7	2,9	3,5 a
	IAC - 19	6,2	4,8	3,7	4,9 a
		D.M.S. 1,40	C.V. (%) 26,60		

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância

Relacionando-se a taxa de produção de matéria seca e o índice de área foliar na fase de maturidade fisiológica da soja (Tabela 17), observa-se que o padrão de acúmulo não apresentou proporcionalidade de variação com a queda no IAF, uma vez que nesta fase torna-se menor, devido ao amarelecimento e queda de folhas basais, que se intensificam a partir do enchimento de grãos nas vagens. Nesse caso, infere-se que as folhas basais, sombreadas pela copa da planta de soja, não se comportam como drenos da porção produtiva da copa, e assim, não diminuem a produção líquida de fotossintetizados pela comunidade. Estes resultados concordam com os encontrados por Shibles & Weber (1965), que observaram ainda, acréscimos na taxa de produção de

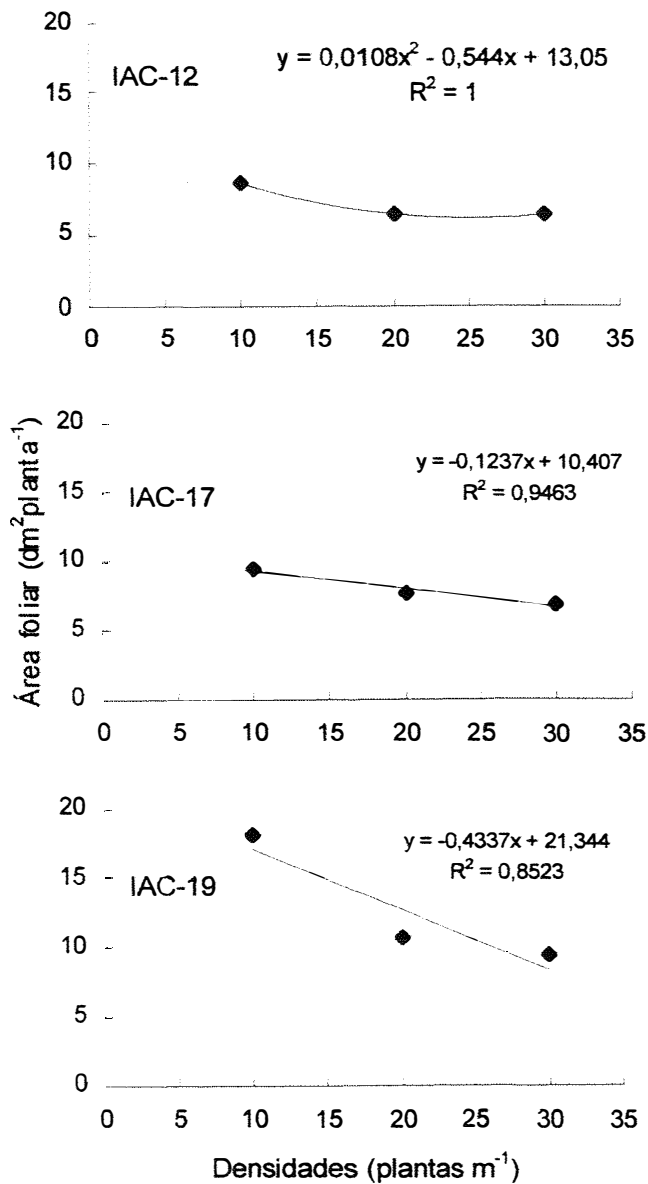


Figura 5. Área foliar de soja no estágio R<sub>2</sub> para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19 em função da densidade de plantas na linha na época de semeadura tardia.

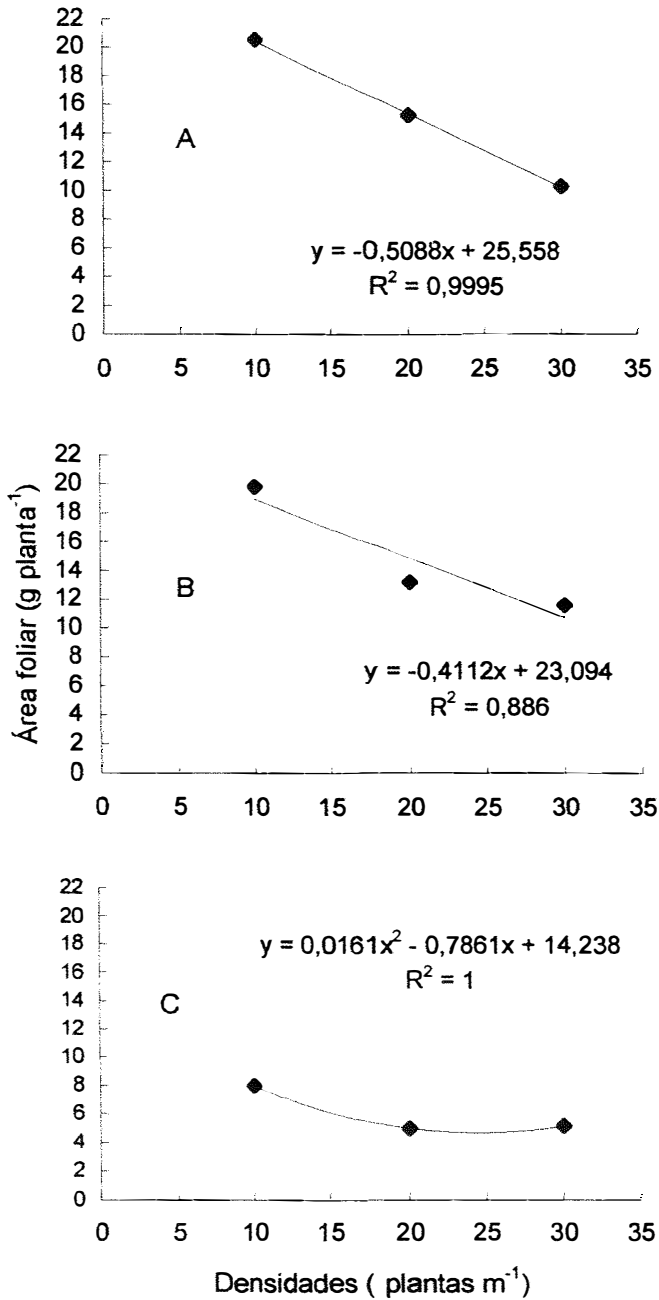


Figura 6. Variação da área foliar em soja em função da densidade de plantas na linha, para época de semeadura normal (A), tardia (B) e safrinha (C), no estágio fenológico R<sub>4</sub>.



matéria seca com o incremento na área foliar, até atingir um máximo, mantendo-se constante, com qualquer aumento adicional do IAF.

Tabela 17. Matéria seca total acumulada (MSTo em g planta<sup>-1</sup>) e índice de área foliar (IAF em dm<sup>2</sup> dm<sup>-2</sup>) no estágio de maturidade fisiológica (R<sub>7</sub>), para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19 em três densidades de plantas na linha, em três épocas de semeadura.

Cultivares	Densidades	Época Normal		Época Tardia		Época Safrinha	
		MSTo (g planta <sup>-1</sup> )	IAF	MSTo (g planta <sup>-1</sup> )	IAF	MSTo (g planta <sup>-1</sup> )	IAF
IAC-12	10	61,2	3,2	52,1	2,7	15,1	1,3
	20	39,2	4,0	31,2	2,9	9,2	1,8
	30	21,4	2,6	28,2	3,8	5,9	1,6
IAC-17	10	52,4	1,6	47,5	1,7	10,6	0,8
	20	23,3	2,4	31,5	3,3	9,7	1,5
	30	20,0	1,8	24,9	3,8	7,7	1,8
IAC-19	10	58,4	3,6	63,1	1,5	14,7	1,3
	20	21,0	2,4	25,0	0,8	9,5	1,8
	30	20,3	3,7	21,0	1,7	7,6	2,2

Na figura 7, observam-se os diferentes desempenhos dos cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19, estudados em três densidades de plantas, em três épocas de semeadura, através dos índices de área foliar, que foram ajustados, no tempo, pela função polinomial exponencial  $\ln y = a + bx^{1,5} + cx^{0,5}$ , para descrever a variação da área foliar. Observa-se a tendência parabólica para todas as curvas obtidas, com um máximo de área foliar sendo atingido entre 60 e 80 dias após emergência, variando com a época, densidade de planta e cultivar.

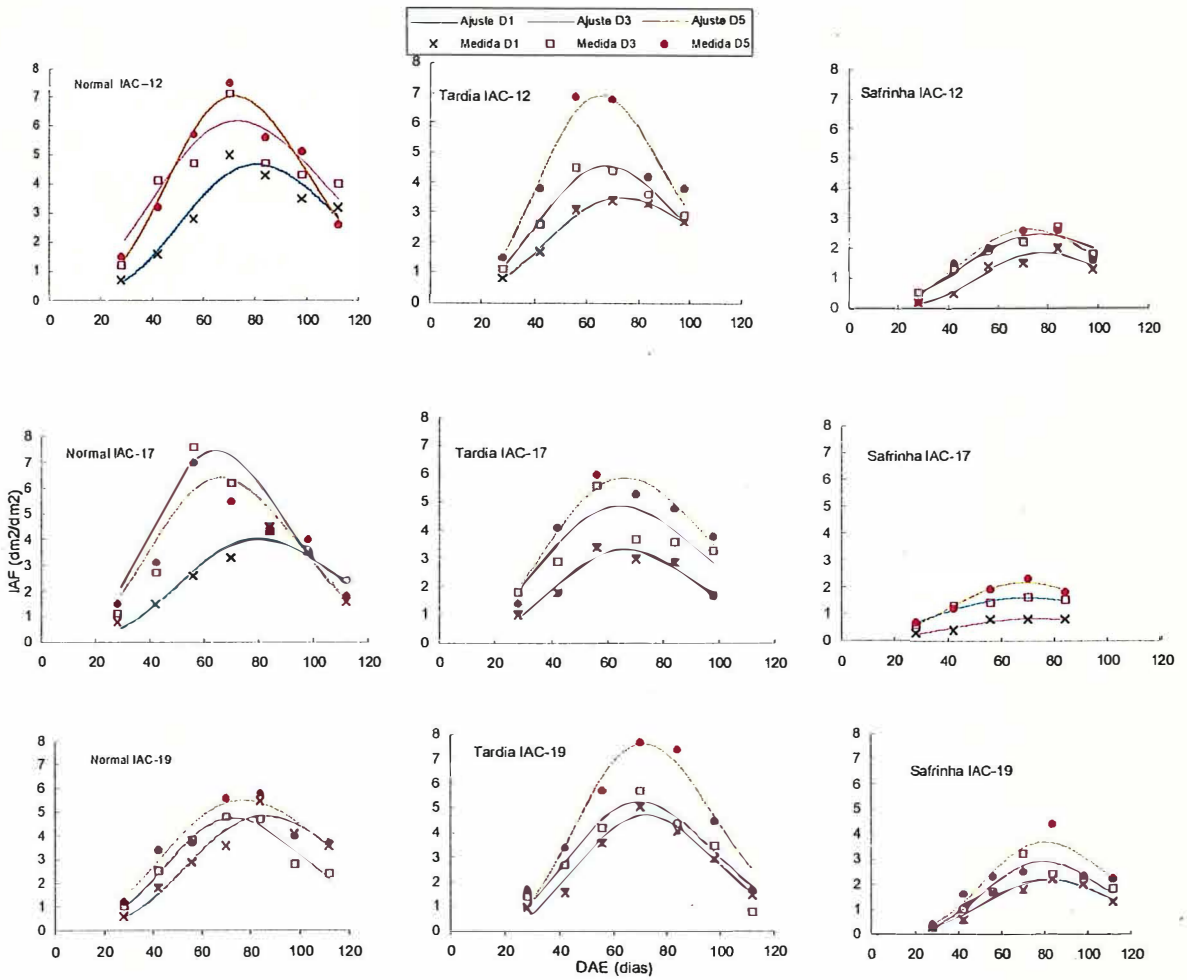


Figura 7. Variação do índice de área foliar ( $\text{dm}^2 \text{dm}^{-2}$ ), em três densidades de plantas na linha para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19 em épocas de semeadura normal, tardia e safrinha.

### 4.2.3 Taxa de crescimento da cultura (TCC)

A taxa de crescimento da cultura é dada pela variação da matéria seca no tempo ( $dMS/dt$ ) e, teoricamente, deveria apresentar a forma de uma parábola, com mínimos e máximos. Em função da variação da matéria seca (Figura 4) em algumas densidades de plantas na linha, obteve-se uma tendência exponencial, provavelmente, devido ao fato de que a última amostragem, tenha coincidido com a sua máxima acumulação, correspondente ao estágio da maturidade fisiológica da planta.

Os valores de TCC iniciais e máximos, os dias após emergência em que ocorreram (DAE) e os valores finais em três densidades de plantas na linha, para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19, nas três épocas de semeadura estudadas, encontram-se na Tabela 18. Nota-se que a magnitude de valores e a duração para a ocorrência de TCC máximas variam com o cultivar, a população de plantas e com a época de semeadura. Observa-se, com poucas exceções, que a TCC decresce com o aumento na densidade de plantas na linha, indicando existir uma relação praticamente inversa entre esse índice fisiológico e o aumento na densidade de plantas.

A existência de relação negativa entre número de plantas por área e produtividade por planta é relatada por vários autores (Duncan, 1958; 1984; Pereira, 1989), sendo perfeitamente comprovada, no presente estudo, mostrando que em populações mais esparsas, correspondentes as menores densidades, a produtividade por planta é máxima, embora por área, seja baixa, coincidentemente com os resultados de matéria seca total acumulada (Tabela 12). Auto sombreamento, pelo aumento do IAF, leva ao decréscimo da TCC. O efeito de alta densidade de plantas sobre a cultura da soja também foi estudado por Buttery (1970), concluindo que a taxa de crescimento da cultura decresceu com o incremento na densidade

Um outro aspecto a considerar é que a TCC, sendo função do produto entre TAL e IAF, espera-se que aumentos na população de plantas levem a um

auto sombreamento mais rápido, com o fechamento da cultura, diminuindo a TAL pelo aumento na respiração e pela degradação de folhas. Além disso, devido à estreita dependência da TCC com o IAF, apenas no IAF considerado ótimo, a TCC é máxima. Assim, mesmo que a TAL não diminua, os efeitos adversos do auto sombreamento pelo aumento do IAF, levam ao decréscimo da TCC.

Se toda a radiação solar incidente sobre uma cultura pudesse ser interceptada e totalmente utilizada pelos tecidos fotossintetizantes, a produção máxima por unidade de superfície do solo seria assegurada, pois, sendo a TCC o produto da TAL pelo IAF, a maior produtividade ocorre quando esses índices são maximizados.

Relacionando os estádios de desenvolvimento reprodutivos e os dias após a emergência em que ocorreram as máximas TCC (Tabelas 11 e 18), verifica-se que não há uniformidade, mesmo dentro de cada cultivar, pois variam em função da densidade, como pode ser visto para o cultivar IAC-12, na primeira época. Enquanto na época de semeadura normal a TCC máxima ( $0,985 \text{ g planta}^{-1}$ ), na densidade de 10 plantas por metro de linha ocorreu aos 75 DAE, o que corresponde ao estágio  $R_4$ , as TCC máximas para as densidades de 20 ( $0,706 \text{ g planta}^{-1}$ ) e 30 ( $0,283 \text{ g planta}^{-1}$ ) plantas por metro de linha, ocorreram aos 112 ( $R_7$ ) e 66 ( $R_3$ ) DAE, respectivamente.

Embora apresente tamanha variação de dias para atingir a TCC máxima, em função dos tratamentos estudados, pode-se perceber que todos ocorreram a partir do início do período reprodutivo, mais precisamente, do estágio de florescimento pleno, passando pelos demais estádios reprodutivos, até a maturidade fisiológica, de acordo com a densidade de plantas, o cultivar e as influências das condições mesológicas da época estudada. Em contraste, no estudo de Scott & Batchelor (1979) o período de maior taxa de crescimento da cultura (TCC) correspondeu ao final do período vegetativo e início do reprodutivo.

Tabela 18. Valores médios para a taxa de crescimento da cultura (TCC) e respectivo número de dias após a emergência (DAE) em que ocorreu a TCC máxima, observados nas épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19 em três densidades de plantas na linha.

Épocas	Cultivares	Densidades (plantas m <sup>-1</sup> )	Taxas de Crescimento da Cultura (g planta <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )			
			Inicial	Máxima	Final	DAE
Normal	IAC-12	10	0,254	0,985	0,261	75
		20	0,178	0,706	0,706	112
		30	0,166	0,283	0,118	66
	IAC-17	10	0,285	0,731	0,410	77
		20	0,275	0,436	-0,208	53
		30	0,146	0,311	0,033	66
	IAC-19	10	0,238	1,136	-0,062	72
		20	0,227	0,445	-0,258	55
		30	0,151	0,312	-0,004	62
Tardia	IAC-12	10	0,251	0,929	0,853	84
		20	0,155	0,702	0,702	98
		30	0,113	0,760	0,760	98
	IAC-17	10	0,283	0,875	0,875	98
		20	0,177	0,648	0,648	98
		30	0,226	0,244	-0,144	37
	IAC-19	10	0,310	1,152	-0,099	70
		20	0,199	0,500	-0,152	63
		30	0,130	0,606	-0,334	65
Safrinha	IAC-12	10	0,072	0,275	0,264	85
		20	0,051	0,199	0,008	63
		30	0,031	0,147	-0,041	62
	IAC-17	10	0,070	0,229	0,199	72
		20	0,056	0,297	0,297	98
		30	0,050	0,210	-0,003	57
	IAC-19	10	0,094	0,298	-0,080	65
		20	0,073	0,148	-0,018	60
		30	0,050	0,162	-0,086	60

Observa-se ainda que dentro de épocas, os cultivares apresentaram desempenho semelhantes quanto aos valores absolutos da TCC, sendo também bastante próximos, entre as épocas de semeadura normal e tardia. Entretanto, ambas apresentaram valores muito maiores, que os obtidos na semeadura safrinha.

Durante o período de crescimento, as TCC variaram na primeira época de 0,166 a 1,136 g planta<sup>-1</sup>, na época de semeadura tardia de 0,113 a 1,152 g planta<sup>-1</sup> e na terceira época de 0,031 a 0,298 g planta<sup>-1</sup>. Salienta-se que, coincidentemente, tais valores, foram obtidos, exatamente nas mesmas densidades e cultivares, nas três épocas de semeadura. Esses valores mostraram-se sensivelmente superiores aos encontrados por Scott & Batchelor (1979) que obtiveram para a soja, variação na TCR de 0,002 a 0,355 g m<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup>. Já Pedro Junior et al.(1985) encontrou valores de TCC de 17, 18 e 23 g m<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup>, em três cultivares de soja, no Estado de São Paulo.

De modo geral os valores da TCC foram menores nos períodos iniciais cresceram até um máximo e decresceram, posteriormente, resultando numa função matemática com mínimos e máximos, tendendo para uma parábola, ~~principalmente nas semeaduras em épocas normal e safrinha.~~ Entretanto, pelos resultados apresentados (Figura 8), verifica-se que nem sempre ocorreu esta tendência. Observa-se que os cultivares IAC-12, na primeira época e segunda época IAC-17, nas semeaduras tardia e safrinha, apresentaram padrões de curvas diferentes das apresentadas na literatura (Hunt, 1978; Reis & Muller, 1979; Machado et al., 1982).

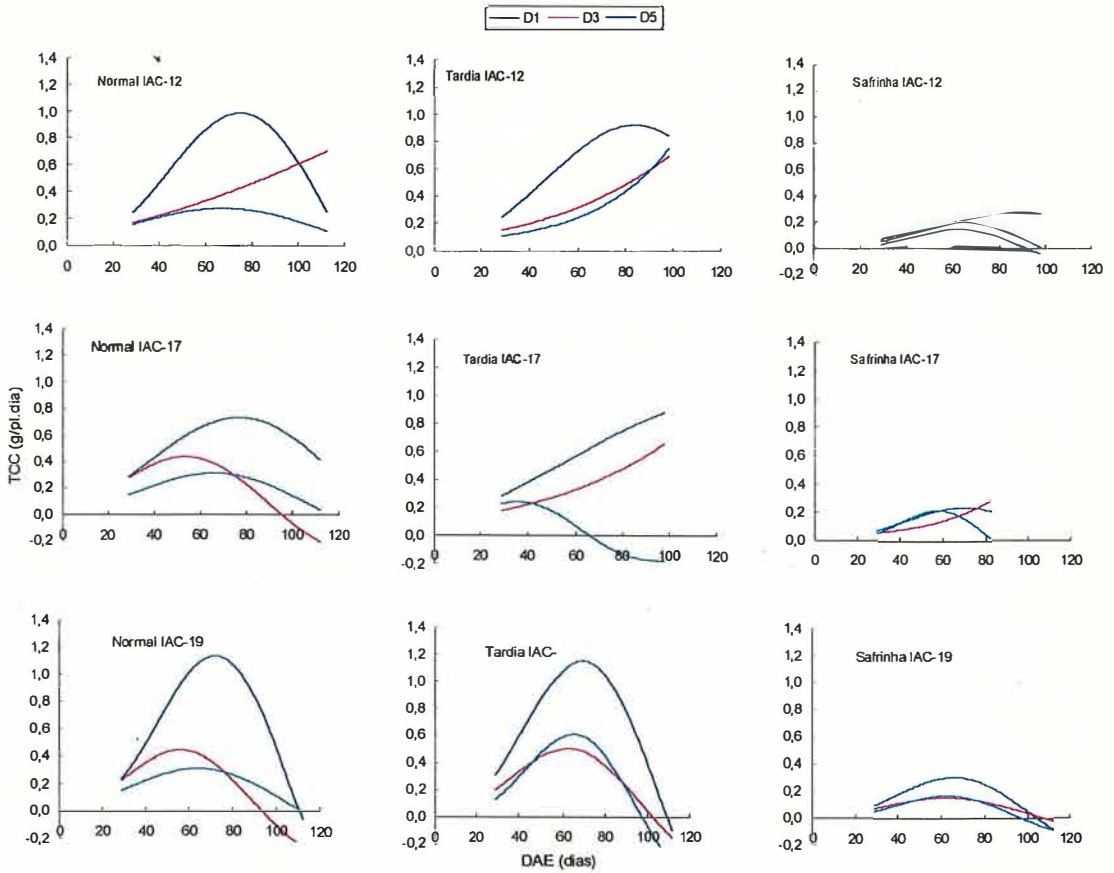


Figura 8. Taxa de crescimento da cultura (TCC) para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19, nas densidades de 10 (D1), 20 (D3) e 30 (D5) plantas por metro de linha, em épocas de semeadura normal, tardia e safrinha.

#### 4.2.4. Taxa de crescimento relativo (TCR)

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 19 e mostram que as taxas de crescimento relativo apresentaram valores máximos aos 30 dias após a emergência (DAE), e diminuíram, continuamente, até o período final de crescimento, onde em alguns casos, os cultivares apresentaram taxa de crescimento negativa. Esta variação, também foi encontrada por Koller et al., (1970) que observaram decréscimo para cada fração individual da planta de soja, com a progressão do ciclo. Entretanto, observa-se que as TCR para o IAC-12 na D5, em época de semeadura tardia e o IAC-17 na D3, em época de semeadura safrinha, praticamente, mantêm-se constantes (Figura 9).

Scott & Batchelor (1979) também verificaram que os valores de TCR foram maiores durante o início do período vegetativo e decresceram com a evolução do ciclo, variando de 0,002 a 0,355 g g<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>. Castro (1980) avaliando efeito de reguladores vegetais em plantas de soja, encontrou variação de TCR de 0,044 a 0,092 g g<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>.

A TCR é uma estimativa da eficiência da planta em acumular matéria seca. Portanto, nesses cultivares, cada unidade de matéria seca produzida, durante as fases vegetativas subsequentes e as reprodutivas, foi menos eficiente que a unidade produzida anteriormente no acúmulo de matéria seca.

Embora a taxa de crescimento da cultura (TCC) tenha ascendido até um máximo, durante o período reprodutivo, o mesmo não se verificou para a TCR. A eficiência na produção de matéria seca durante esta fase foi decrescente, provavelmente porque a maior quantidade de energia disponível naquele período, fosse utilizada para os processos de florescimento, formação de vagens e enchimento de grãos, até a maturidade fisiológica. Adicionalmente, há uma tendência natural da TCR decrescer com o tempo em função do incremento acumulativo da massa da matéria seca.



Tabela 19. Valores médios para taxa de crescimento relativo (TCR) observados nas épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19 em três densidades de plantas na linha.

Épocas	Cultivares	Densidades (plantas m <sup>-1</sup> )	Taxas de Crescimento Relativo (g g <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )			
			Inicial	Máxima	Final	DAE
Normal	IAC-12	10	0,094	0,094	0,004	30
		20	0,043	0,043	0,018	30
		30	0,057	0,057	0,005	30
	IAC-17	10	0,070	0,070	0,008	30
		20	0,072	0,072	-0,009	30
		30	0,073	0,073	0,002	30
	IAC-19	10	0,110	0,110	-0,001	30
		20	0,085	0,085	-0,013	30
		30	0,074	0,074	0,000	30
Tardia	IAC-12	10	0,080	0,080	0,016	30
		20	0,043	0,043	0,024	30
		30	0,024	0,024	0,028	30
	IAC-17	10	0,052	0,052	0,019	30
		20	0,037	0,037	0,022	30
		30	0,065	0,065	-0,030	30
	IAC-19	10	0,100	0,100	-0,002	30
		20	0,089	0,089	-0,006	30
		30	0,123	0,123	-0,013	30
Safrinha	IAC-12	10	0,078	0,078	0,018	30
		20	0,114	0,114	0,001	30
		30	0,132	0,132	-0,007	30
	IAC-17	10	0,093	0,093	0,019	30
		20	0,029	0,029	0,031	30
		30	0,140	0,140	0,000	30
	IAC-19	10	0,099	0,099	-0,005	30
		20	0,075	0,075	-0,002	30
		30	0,107	0,107	-0,012	30

Com relação ao efeito de densidade de plantas na linha, considerando a produtividade individual, observam-se decréscimos na TCR, com o aumento da população de plantas, resultantes da competição entre elas, concordando com resultados encontrados por Duncan (1958 ; 1984), e os efeitos discutidos por Pereira (1989). Entretanto, contrasta com os encontrados por Buttery (1970), que realizou o cultivo de soja sob alta densidade de plantas e verificou que a TCR média e a TAL média aumentaram com o incremento na densidade, enquanto a TCC e a RAF, decresceram.

Numa comparação entre os cultivares, verifica-se que o IAC-12 foi o mais influenciado pela variação da densidade de plantas na linha, pois reduziu a TCR proporcionalmente ao aumento na densidade, enquanto o IAC-17 e, principalmente, o IAC-19, praticamente não foram afetados por este fator. Em média, as maiores TCR foram obtidas pelo IAC-19 nas semeaduras de época normal e tardia e pelo IAC-12, na época de semeadura safrinha.

Observa-se ainda, com relação aos cultivares, que o IAC-19 teve maior sensibilidade pois apresentou TCR negativas, provavelmente, em função de ter o ciclo de maturação mais longo, levando a perdas de matéria seca no final do ciclo, principalmente na forma de folhas senescentes, não coletadas nas amostragens e vegetar por mais tempo, em relação aos cultivares IAC-12 e IAC-17, nas épocas de semeadura tardia e safrinha e, inclusive, na época de semeadura normal.

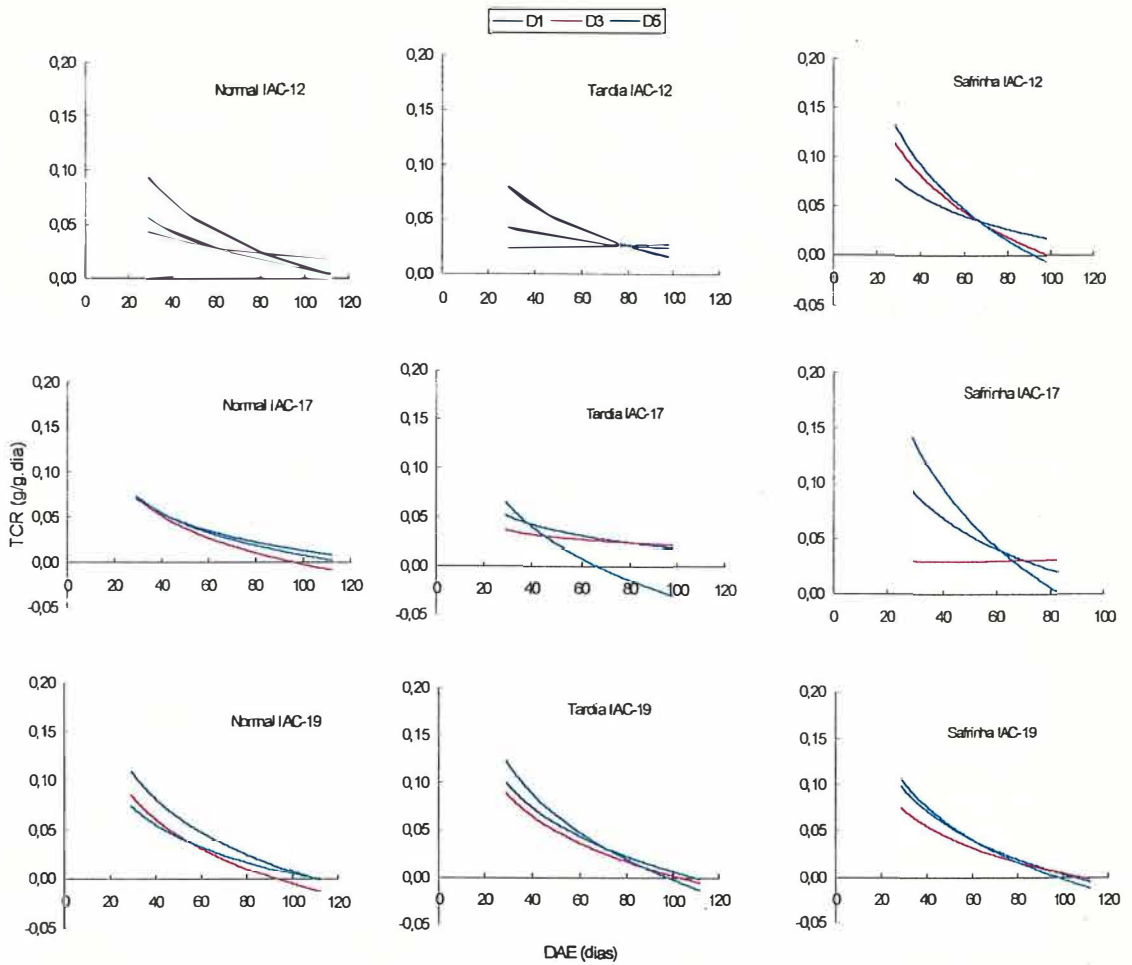


Figura 9. Taxa de crescimento relativo (TCR) para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19, nas densidades de 10 (D1), 20 (D3) e 30 (D5) plantas por metro de linha, em épocas de semeadura normal, tardia e safrinha.

#### 4.2.5 Taxa assimilatória líquida (TAL)

Os valores médios para taxa assimilatória líquida (TAL) e respectivo número de dias após a emergência (DAE) em que ocorreu a TAL máxima, observados nas épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19 em três densidades de plantas na linha, como também os gráficos ajustados para TAL relativos aos cultivares ~~nas~~ densidades de plantas e ~~épocas de semeadura~~, encontram-se na Tabela 20 e na Figura 10.

As variações na taxa assimilatória líquida não mostraram padrão definido de curvas entre os tratamentos nas diferentes épocas. Observa-se que na época de semeadura normal, demonstrou uma variação decrescente, à exceção do IAC-12, na densidade de 20 plantas por metro de linha que aumenta exponencialmente. Na semeadura tardia, verifica-se para o cultivar IAC-12, um decréscimo após os 30 DAE e uma elevação praticamente contínua, após os 60 DAE. A mesma tendência se observa para o IAC-17, com exceção na densidade de 30 plantas por metro. Por outro lado, o IAC-19 apresentou variação decrescente a partir dos 30 DAE, com grandezas variáveis entre as densidades estudadas.

Na época de semeadura safrinha, cada cultivar, por sua vez, apresentou um padrão diferente de variação, a depender inclusive da densidade de plantas. Apenas o IAC-17 mostrou a mesma tendência, embora as taxas produzidas fossem diferentes, com predominância da menor densidade, fato este que foi constante nas três épocas estudadas.

Na Tabela 20, os maiores valores de TAL na semeadura em época normal foram observados no período inicial, declinando em seguida até o final do crescimento, inclusive, à taxas negativas. O IAC-19 mostrou maior frequência para este declínio, nas três épocas, talvez pelo fato de possuir ciclo de maturação mais longo. Scott & Batchelor (1979) também encontraram

maiores valores para TAL durante o início do período vegetativo, decrescendo com a evolução do ciclo.

Em alguns casos, na semeadura tardia, ocorreu declínio até 60 DAE, com substancial elevação após o florescimento, até a maturidade fisiológica. Essa variação foi parecida com a encontrada por Pedro Junior et al., (1985), estudando três cultivares de soja na região de Campinas-SP. Na terceira época, ocorreram os dois padrões de variação discutidos (Figura 10).

Em alguns casos, o primeiro declínio talvez esteja associado ao aumento de IAF e ao consequente auto sombreamento de folhas. Com a continuação do crescimento, devido à grande demanda de assimilados, a fotossíntese é intensificada, aumentando a TAL, embora a TCR continue decrescendo (Figura 7), provavelmente em função da outra componente, a RAF, que diminui com o aumento da área foliar.

Aumentos na TAL também foram encontrados por Koller et al. (1970), após o período inicial vegetativo, sendo interpretado como resposta do aparelho fotossintético a um aumento na demanda de assimilados. O incremento na demanda de assimilados foi dado pelo rápido crescimento das sementes.

Sendo a TAL o resultado do balanço entre a matéria seca produzida pela fotossíntese e aquela perdida pela respiração, torna-se difícil a identificação de qual processo mais a afeta em um determinado instante. Em todos os casos, houve diminuição da TAL pelo aumento da densidade de plantas, resultante do efeito de competição, já discutido anteriormente (Pereira, 1989). Estes resultados no entanto, contradizem os encontrados por Buttery (1970), que observou valores crescente de TCR e TAL em cultivo de soja sob alta densidade.

Neste trabalho, os maiores valores foram obtidos na menores densidades, para os três cultivares, nas três épocas de semeadura (Tabela 20), sendo que o IAC-17, mostrou-se superior nas primeiras épocas, enquanto o IAC-19, foi melhor na terceira época. A TAL variou de um valor inicial de 0,057

Tabela 20. Valores médios para taxa assimilatória líquida (TAL) e respectivo número de dias após a emergência (DAE) em que ocorreu a TAL máxima, observados nas épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19 em três densidades de plantas na linha.

Épocas	Cultivares	Densidades (plantas m <sup>-1</sup> )	Taxas Assimilatória Líquida (g planta <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> AF)			
			Inicial	Máxima	DAE	Final
Normal	IAC-12	10	0,386	0,386	30	0,091
		20	0,087	0,203	112	0,203
		30	0,120	0,120	30	0,042
	IAC-17	10	0,531	0,531	30	0,176
		20	0,129	0,129	30	-0,124
		30	0,080	0,080	30	0,018
	IAC-19	10	0,395	0,395	30	-0,017
		20	0,214	0,214	30	-0,117
		30	0,099	0,099	30	-0,001
Tardia	IAC-12	10	0,297	0,325	98	0,322
		20	0,120	0,276	98	0,262
		30	0,064	0,252	98	0,234
	IAC-17	10	0,292	0,495	98	0,474
		20	0,068	0,230	98	0,219
		30	0,107	0,107	30	-0,049
	IAC-19	10	0,435	0,435	30	-0,062
		20	0,166	0,166	30	-0,081
		30	0,102	0,102	30	-0,130
Safrinha	IAC-12	10	0,405	0,405	30	0,188
		20	0,094	0,097	30	0,004
		30	0,057	0,064	45	-0,023
	IAC-17	10	0,247	0,250	84	0,250
		20	0,075	0,201	84	0,201
		30	0,078	0,110	49	-0,001
	IAC-19	10	0,306	0,308	30	-0,058
		20	0,205	0,205	30	-0,011
		30	0,108	0,108	30	-0,039

g planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (IAC-12 na semeadura de época safrinha) a um valor máximo de 0,531 g planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (IAC-17, na época de semeadura normal), maiores portanto, que os encontrados por Castro (1980) em plantas de soja sob efeito de reguladores de crescimento, de 0,040 a 0,091 g dm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>.

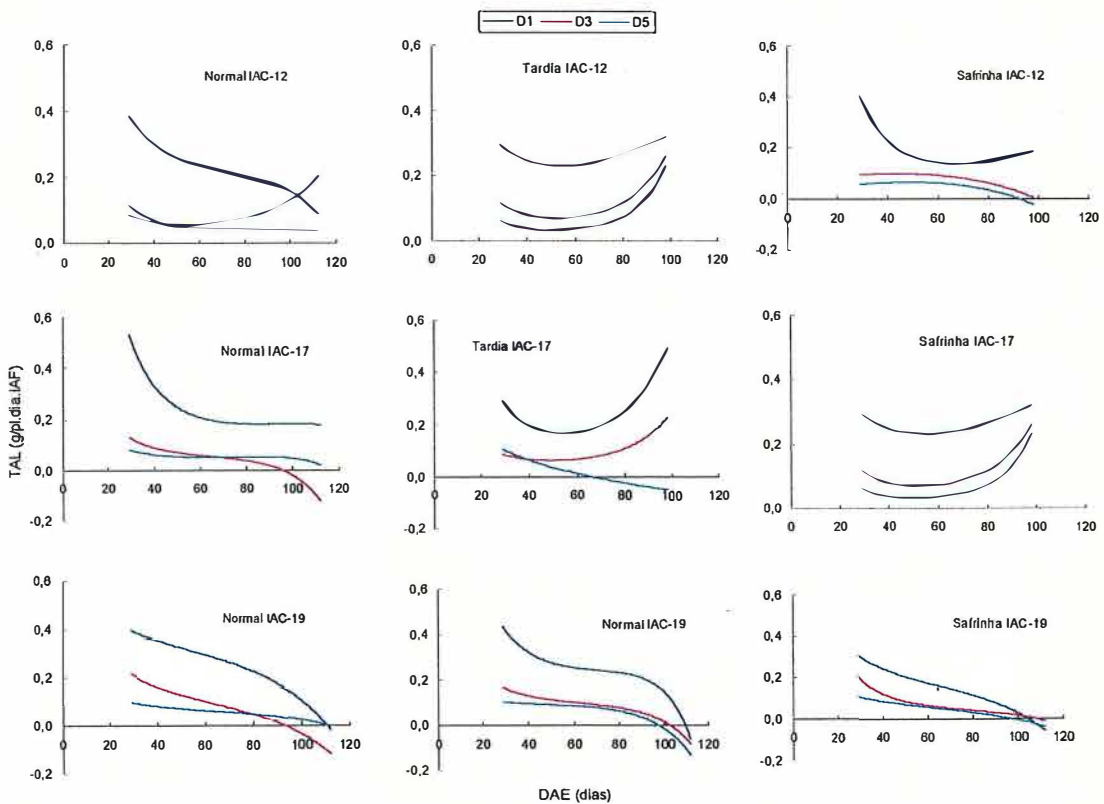


Figura 10. Taxa assimilatória líquida (TAL) para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19, nas densidades de 10 (D1), 20 (D3) e 30 (D5) plantas por metro de linha, em épocas de semeadura normal, tardia e safrinha.

Os valores de TAL encontrados nos experimentos, tomados por área (3,42 a 10,62 g m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>), também foram superiores aos de Scott & Batchelor (1979), que encontraram variação de 1,33 a 8,50 g m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> e por Pedro Junior et al.(1985), que encontrou valores máximos de 3,8 g m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>.

#### **4.2.6 Razão de área foliar (RAF)**

Os valores médios para razão de área foliar (RAF) e respectivo número de dias após a emergência (DAE) em que ocorreu a RAF máxima, observados nas épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19 em três densidades de plantas na linha, são apresentados na Tabela 21, bem como os gráficos ajustados para RAF relativos aos cultivares nas densidades de plantas e épocas de semeadura, encontram-se na Figura 11.

As relações conjuntas entre a RAF, TAL e TCR em uma cultura, são influenciadas pela plasticidade fenotípica de cada cultivar, pelos tratamentos a que são submetidos e pelas condições do meio em que se desenvolve. No presente estudo, verifica-se que o padrão de variação da RAF foi semelhante ao esperado para espécies de ciclo determinado, em que há uma elevação no início do ciclo, decaindo até a maturação (Machado et al., 1982). Faz-se exceção, entretanto, o cultivar IAC-17 na densidade de 30 plantas m<sup>-1</sup>, na época de semeadura tardia, que praticamente não variou (Figura 11).

Nota-se no entanto, outras variações, em que a partir de um máximo aos 30 DAE, há um decréscimo contínuo da RAF até valores próximos de zero, concordando com os resultados encontrados por Briggs (1920 b). A RAF é máxima no início do período vegetativo, decresce posteriormente, com o desenvolvimento da cultura, indicando que inicialmente, a maior parte do material fotossintetizado é convertido em folhas, visando a maior captação da radiação solar disponível (Pereira & Machado, 1987).



Tabela 21. Valores médios para razão de área foliar (RAF) e respectivo número de dias após a emergência (DAE) em que ocorreu a RAF máxima, observados nas épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19 em três densidades de plantas na linha.

Épocas	Cultivares	Densidades (planta .m <sup>-1</sup> )	Razão de Área Foliar (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )			
			Inicial	Máxima	DAE	Final
Normal	IAC-12	10	0,240	0,240	29	0,05
		20	0,500	0,550	29	0,09
		30	0,480	0,660	47	0,042
	IAC-17	10	0,130	0,170	41	0,04
		20	0,560	0,590	37	0,07
		30	0,920	0,930	30	0,09
	IAC-19	10	0,280	0,280	29	0,06
		20	0,400	0,400	29	0,11
		30	0,750	0,750	29	0,17
Tardia	IAC-12	10	0,270	0,270	29	0,051
		20	0,357	0,470	46	0,091
		30	0,371	0,722	52	0,119
	IAC-17	10	0,177	0,214	43	0,038
		20	0,413	0,449	51	0,094
		30	0,610	0,610	29	0,605
	IAC-19	10	0,231	0,234	32	0,025
		20	0,539	0,539	29	0,070
		30	1,209	1,209	29	0,101
Safrinha	IAC-12	10	0,193	0,290	54	0,093
		20	1,209	1,209	29	0,207
		30	2,310	2,310	29	0,287
	IAC-17	10	0,377	0,377	29	0,075
		20	0,392	0,425	38	0,154
		30	1,790	1,790	29	0,238
	IAC-19	10	0,322	0,322	29	0,088
		20	0,368	0,499	53	0,175
		30	0,984	0,984	29	0,301

Observa-se, comparando-se os outros índices, que há uma inversão no desempenho dos cultivares, com relação às densidades de plantas, pois embora tenha apresentado menores valores quanto a TCR e TAL, a densidade de 30 plantas por metro mostra-se, nesta variável, sempre superior em todos os tratamentos. Este resultado sugere que na maior densidade a área foliar útil para crescimento é maior, durante todo o ciclo, mesmo havendo declínio da fase vegetativa para a maturidade fisiológica.

Comparando-se a RAF inicial e dias após emergência em que ocorreu a máxima RAF verifica-se que para a maioria dos tratamentos o seu valor máximo ocorreu ao redor dos 30 DAE, diminuindo em seguida. Exceção se faz, em alguns casos, em que houve acréscimos até o período de florescimento, voltando a decrescer em seguida, acompanhando a tendência da TCR, sem entretanto, assemelhar-se à TAL, que muitas vezes apresentou variação crescente a partir do florescimento (Tabelas 6 e 21; Figura 11).

Em apenas algumas situações, observou-se efeito inverso, na qual RAF foi máxima ocasionando a mínima TAL no mesmo período, como pode ser visto para os cultivares IAC-12 e IAC-17, na época de semeadura tardia, por ocasião dos períodos de florescimento e formação de vagens. Isso foi mais notável nos cultivares IAC-12 e IAC-17 (Figuras 10 e 11), entre os 50 e 60 dias após a emergência, aproximadamente.

A RAF diminui com o crescimento da planta ou com a evolução do ciclo, tanto através de sua AFE, que relaciona a superfície com a matéria seca da folha, quanto com a RMF, que se constitui no componente fisiológico. Já que é razão de matéria seca contida na folha e matéria seca acumulada na planta, expressa a fração de massa seca não exportada. A quantidade de matéria seca retida na folha, diminui com o tempo, em função da maior translocação para crescimento de vagens e enchimento de grãos.

Na Tabela 21 observa-se valores crescentes de RAF com o aumento da densidade, indicando uma variação diferente das encontradas para

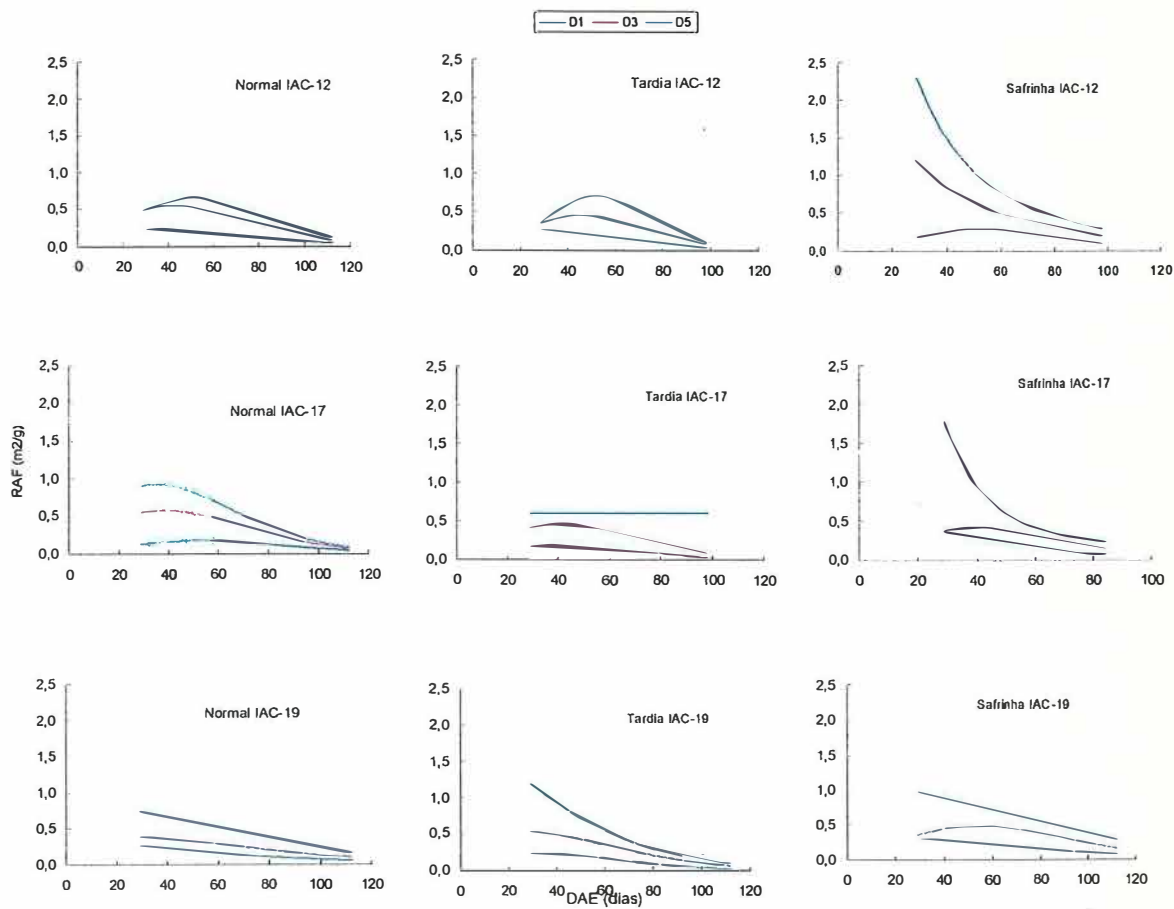


Figura 11. Razão de área foliar (RAF) para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19, nas densidades de 10 (D1), 20 (D3) e 30 (D5) plantas por metro de linha, em épocas de semeadura normal, tardia e safrinha.

os outros índices, já discutidos. Estes resultados contrastam com os de Buttery (1970) que, estudando cultivos da soja em alta densidades, encontrou incremento nas TCR e TAL médias com o aumento na densidade de plantas enquanto a TCC e a RAF decresceram.

Nota-se ainda que os cultivares mantêm as taxas de RAF semelhantes nas duas primeiras épocas e aumentam sensivelmente para a época de semeadura safrinha, sugerindo que há modificações morfológicas e fisiológicas nas plantas para adaptarem-se às condições inerentes àquela época, procurando desenvolver, inicialmente, uma maior área foliar útil, principalmente, na maior densidade.

Valores iniciais de 0,13 ao máximo de 0,93 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> foram encontrados na época de semeadura normal; 0,18 a 1,20 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> na semeadura tardia e 0,19 a 2,3 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> na época de semeadura safrinha, estando estes, muito superiores aos encontrados por Scott & Batchelor (1979): 0,037 a 0,12 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> e diferente dos de Castro (1980), que encontrou valores de RAF de 1,085 a 1,526 dm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>.

#### **4.2.7 Índice de colheita (IC)**

Dentre os autores que encontraram correlações negativas entre a produção de matéria seca e o rendimento de grãos, há os que justificam, considerando que a maior parte da produção biológica é produzida no período antes da formação dos grãos e que por isso, maior produção biológica não significa, necessariamente, maior produção econômica. O fato de que a eficiência de conversão do cultivar é determinada pelas suas características genéticas e da ação do ambiente, fica evidenciado, quando se observa os resultados obtidos na Tabela 22, comparando os três cultivares as três densidades e as três épocas de semeadura.

Atentando-se para a produtividade individual, nota-se uma diminuição proporcional ao aumento da densidade de plantas na linha, indicando um efeito

competitivo, provocando transformações morfológicas e fisiológicas nas plantas de tal forma que refletem no seu rendimento. Este poderia ser considerado o efeito biológico da população de plantas sobre o rendimento destas.

Para a maioria das culturas a produtividade por área é fator determinante do rendimento econômico (Pereira, 1989). Esta produtividade é resultante do produto do número de plantas existente por área pela produtividade por planta. Esta produtividade individual depende do arranjo das plantas no campo e da sua capacidade de adaptar-se e produzir sob diferentes densidades de semeadura.

Para a maioria das espécies a produtividade por planta é reduzida quando aumenta a presença de outras ao seu redor, mostrando haver uma relação negativa entre o número de plantas por área e o rendimento individual destas. Este fato é perfeitamente comprovado quando se observa os resultados apresentados na Tabela 22, onde o efeito de densidade se faz notar, em todos os cultivares estudados, nas três épocas de semeadura, com redução de duas e até três vezes, na produtividade individual das plantas, quando se compara a menor com a maior densidade de plantas na linha. Este mesmo efeito é relatado por Duncan, (1958; 1984) e discutido por Pereira (1989).

Por outro lado, observa-se que no plantio mais espaçado ou com menor densidade de plantas por área, o rendimento por planta é maior. No entanto, por área é menor. O decréscimo individual é compensado pelo maior número de indivíduos por área. Essa compensação passa por um máximo, onde a população é ideal. No caso da soja, quando se considera apenas seu rendimento em grãos como produto econômico, verifica-se a necessidade de se estabelecer uma população ótima, para que seu rendimento seja maximizado.

Um outro aspecto com relação ao rendimento individual da planta, é o efeito da época de semeadura, causando diferentes respostas da planta de soja, à medida em que a semeadura é atrasada. Quando se atrasa da época de semeadura normal para a tardia, há redução na produtividade individual dos

cultivares IAC-12 e IAC-17, na menor população e concomitante aumento nas densidade maiores. Para o IAC-19, há aumento em todas as densidades.

Com relação a época de semeadura safrinha, as diferenças são muito drásticas e as reduções na produtividade individual, mostram claramente, o efeito do ambiente sobre as respostas biológicas das plantas, associando este baixo rendimento com variação na altura da planta, na arquitetura destas, no número de vagens, no tamanho e número de grãos, entre outros caracteres. Observa-se ainda, que estas respostas são diferenciadas de acordo com o cultivar.

Quando se trata de resposta ao tratamento agrônômico, ou seja, o aumento da densidade de plantas por área, os cultivares quase sempre, respondem ao aumento da população, em produtividade biológica em termos de matéria seca por área. Os cultivares IAC-17 e o IAC-19, apresentam na primeira época, os menores valores na densidade intermediária (20 plantas  $m^{-1}$ ). Na época de semeadura tardia, houve recuperação desses cultivares, com o IAC-17, apresentando, desta feita, menor rendimento na densidade menor (10 plantas  $m^{-1}$ ). Nota-se também, que a discrepância entre os cultivares, comparando a produtividade biológica na época de semeadura safrinha, foi menor, do que quando se compara o rendimento em grãos, na mesma época.

A variação dos índices de colheita, ocorreu de forma pouco coerente dentro e entre as épocas, pois apenas o cultivar IAC-17, mostrou algum padrão de proximidade entre eles, nas primeiras épocas de semeadura. Na primeira época, onde as condições mesológicas favoreciam maior produtividade aos cultivares, a variação do IC foi de 23 a 31% sendo a média para o IAC-12, de 28%. O IAC-17 e IAC-19, apresentaram os valores médios de 27 e 30%, respectivamente.

Na época de semeadura tardia, a variação foi de 24 a 36%, sendo as médias para os cultivares IAC-12: 27%; IAC-17: 27% e IAC-19: 30%. Verifica-se

Tabela 22. Valores médios para massa de matéria seca total acumulada individualmente ( $\text{g planta}^{-1}$ ), por unidade de área ( $\text{g m}^{-2}$ ), rendimento de grãos ( $\text{g m}^{-2}$ ) e índice de colheita em épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19, em três densidades de plantas.

Cultivares	Densidades $\text{plantas.m}^{-1}$	Épocas																								
		Normal						Tardia						Safrinha												
		Ms Total(PB) $\text{g planta}^{-1}$	Ms Total $\text{g m}^{-2}$	IC (%)	Rend (PE) $\text{g m}^{-2}$	IC (%)	Rend (PE) $\text{g m}^{-2}$	Ms Total $\text{g planta}^{-1}$	Ms Total $\text{g m}^{-2}$	IC (%)	Rend (PE) $\text{g m}^{-2}$	IC (%)	Rend (PE) $\text{g m}^{-2}$	Ms Total (PB) $\text{g m}^{-2}$	Rend (PE) $\text{g m}^{-2}$											
IAC-12	10	61	1224	361	30	52	1043	305	29	15	303	63	21	20	39	1568	355	23	31	1246	375	30	9	368	78	21
	30	21	1282	399	31	28	1692	370	22	6	355	97	27													
IAC-17	10	52	1049	293	28	47	949	278	29	10	213	66	31	20	23	931	270	29	32	1260	365	29	10	390	88	23
	30	20	1200	285	24	25	1493	358	24	8	465	66	14													
IAC-19	10	58	1168	318	27	63	1263	351	28	15	294	136	46	20	21	839	295	35	25	1001	358	36	10	380	155	41
	30	20	1218	341	28	21	1261	341	27	8	302	162	54													

portanto, que os cultivares apresentaram os mesmos valores nas duas épocas. Na época de semeadura safrinha, o intervalo foi de 14 a 54%, aumentando o espectro de variação, com o atraso na época de semeadura, tendo as médias dos cultivares passado para 23% nos cultivares IAC-12 e IAC-17 e para 47% no cultivar IAC-19. Não se verificou, portanto, a tendência encontrada por Garcia (1979), dos cultivares mais precoces apresentarem maiores índices de colheita, inclusive, com o atraso de época de semeadura.

Embora esses resultados estejam dentro dos limites encontrados para a soja no Brasil, pois coincidem com a faixa de valores encontrada por Garcia (1979), verifica-se serem muito discrepantes. Entretanto, ficam 40 a 50% abaixo dos encontrados por Pedro Junior et al.(1985) estudando cultivares com diferentes ciclos de maturação. Por outro lado, foram maiores que os encontrados por Johnson & Major (1979).

Embora a literatura reporte um decréscimo no IC com o aumento da população, em virtude de adaptações morfológicas (Pereira,1989), o mesmo não ocorreu de forma repetitiva no presente trabalho, uma vez que, em alguns casos, houve aumento do IC com o aumento na densidade; por exemplo, IAC-12, na primeira e terceira épocas e o IAC-19, na terceira época.

Na terceira época, o IAC-19 apresentou os maiores índices indicando ser o mais eficiente naquelas condições, em converter produto sintetizados em produto econômico, pois mesmo considerando os baixos rendimentos nessa época de semeadura, esse cultivar sobressaiu-se, com o melhores rendimentos, produzindo mais que o dobro dos outros dois cultivares, com ciclo de maturação mais precoces.

Esta maior capacidade de conversão de matéria seca em produto econômico, numa época em que as condições do meio já não favorecem a cultura da soja e que levou a um maior rendimento, toma-se um bom indicativo, de que este cultivar poderá ser uma alternativa, quando houver necessidade de cultivo da soja nessa época.



Os dados apresentados na Tabela 22 não devem ser comparados estatisticamente, pois foram agrupados apenas para facilitar a apresentação e comparação dos mesmos, de forma que as análises correspondentes, são apresentadas na tabela de quadrados médios de acordo com as características estudadas (Apêndice 1 a 6).

Entretanto, pode-se observar que o rendimento em grãos, quando comparado com a produtividade biológica em matéria seca total, e os respectivos índices de colheitas, parecem não apresentar interdependência. Com base nos dados apresentados, fica muito difícil estabelecer uma correlação, dada a grande variação entre eles, seja pela produção de matéria seca ou rendimento de grãos variar, em função da densidade ou do cultivar, ou ainda, em virtude de época de semeadura.

### **4.3. Características agronômicas**

#### **4.3.1. Altura final de planta (AFP)**

Para esta característica a análise de variância revelou diferenças significativas nas três épocas de semeadura para os fatores cultivar e densidade, sem contudo, apresentar significância para a interação cultivar e densidade.

Os resultados mostram que dentre os cultivares estudados (Tabela 23), o IAC-19, de ciclo de maturação médio, apresentou maior altura de planta, na época de semeadura normal e safrinha, diferindo estatisticamente dos demais, igualando-se ao IAC-17, na época de semeadura tardia, e significativamente superior ao IAC-12, mostrando que independente da densidade, foi o maior para esse caráter.

Observa-se que a altura final de planta diminui com o atraso na semeadura para todos os cultivares, resultados que confirmam as observações

de Miranda & Mascarenhas (1986), e afirmam que sementeiras de soja fora da época recomendada podem determinar redução na altura das plantas e no rendimento. No entanto, contradizem Garcia (1979), que não verificou efeito de épocas de sementeira sobre a altura da plantas, para a maioria dos cultivares estudados.

Por outro lado, Marchiori (1998) afirma que da época de sementeira normal para a época safrinha, há redução no tamanho da planta de soja, devido à redução no comprimento do entrenó e à formação de menor número de nós vegetativos na haste principal.

Vários autores verificaram redução na altura das plantas de soja devido à menor duração do período vegetativo, relacionada a atrasos na sementeira (Sediyama et al., 1972; Tragnago & Bonetti, 1984; Marcos Filho, 1986; Bhering, 1989; Câmara, 1991). Entretanto, neste trabalho, observou-se encurtamento do período reprodutivo, mais precisamente, nas fases compreendidas entre o florescimento e a maturidade fisiológica, sendo que o IAC-17, de ciclo de maturação precoce, apresentou a maior redução (Tabela 6).

Com relação ao fator densidade, observou-se diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre elas, com o teste F da análise de regressão polinomial, revelando valores altamente significativos para regressão quadrática na época de sementeira normal e regressões lineares nas épocas de sementeira tardia e safrinha (Figura 12).

Embora a análise de variância não tenha revelado efeito significativo de interação cultivar e densidade, verifica-se que, independente da época de sementeira, quanto maior a densidade de plantas, maior é a altura final de planta. Isso significa que na época de sementeira normal a densidade ótima estabiliza-se em torno de 20 plantas por metro. Nas sementeiras tardia e safrinha, as regressões lineares indicam que entre 10 e 30 plantas por metro na linha, para cada unidade de planta, aumenta em 0,5 e 0,4 cm, respectivamente, a altura da planta.

Na época de semeadura safrinha, apenas o cultivar IAC-19 apresentou valor para altura final de planta dentro da faixa de 0,60 a 1,00 m, preconizada por Garcia (1979) e Sedyama et al. (1985), como a ideal para rendimento de grãos e colheita mecanizada da cultura. Portanto, para semeaduras da soja em épocas adversas, é preferível, através do manejo varietal, escolher cultivares com plasticidade morfológica do que consumir mais sementes para aumentar a população e obter plantas mais altas.

Tabela 23. Valores médios (cm) para altura final de plantas (AFP) observadas na época de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19, manejados sob três densidades de plantas.

Épocas	Cultivares	Densidades (plantas m <sup>-1</sup> )			Médias
		10	20	30	
Normal	IAC - 12	70,6	83,5	85,2	79,7 <sup>1</sup> b
	IAC - 17	70,0	80,9	76,5	75,8 b
	IAC - 19	81,2	91,8	94,6	89,1 a
		D.M.S. 5,28	C.V. (%) 5,32		
Tardia	IAC - 12	52,6	58,3	62,1	57,7 b
	IAC - 17	63,0	66,2	69,0	66,0 a
	IAC - 19	60,5	62,9	72,9	65,4 a
		D.M.S. 7,45	C.V. (%) 9,71		
Safrinha	IAC - 12	34,2	43,2	48,0	41,5 b
	IAC - 17	35,5	38,4	39,9	36,0 b
	IAC - 19	58,6	60,0	65,9	61,5 a
		D.M.S. 7,01	C.V. (%) 12,24		

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância

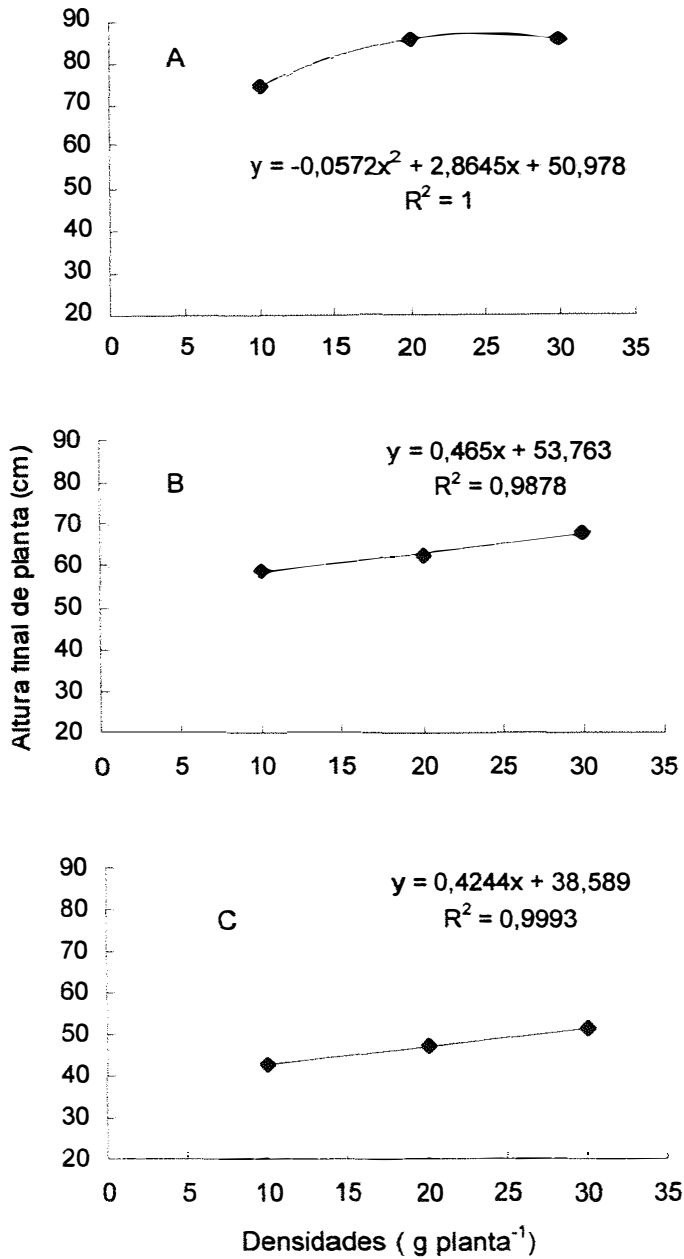


Figura 12. Altura final de planta de soja para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19, em função da densidade de plantas na linha em épocas de semeadura normal (A), tardia (B) e safrinha (C).

### 4.3.2 Número de nós (NN)

O número de nós vegetativos na haste principal de uma planta de soja está diretamente relacionado com a sua altura e a quantidade de pontos para inserção de vagens, que irão contribuir para o rendimento final de grãos, sendo portanto, um importante caráter a ser considerado, para descrever um cultivar, ou a sua adaptação a diferentes ambientes ou ainda, às diferentes práticas de manejo.

A análise de variância revelou que os cultivares diferiram significativamente ao nível de 1% de probabilidade, na primeira época, não houve diferenças na época de semeadura tardia, sendo, outra vez, altamente significativa ( $P < 0,01$ ), na semeadura de época safrinha. Entretanto, não detectou efeito significativo para densidade, em nenhuma época, indicando que o número de nós vegetativos na haste principal da planta de soja não varia em função da densidade entre 10 e 30 plantas por metro de linha, nas três épocas estudadas. Na Figura 13, apresentam-se os valores médios para número de nós na haste principal de plantas de soja, em função da densidade de plantas na linha, para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19, nas épocas de semeadura tardia e safrinha, uma vez que a regressão polinomial para os níveis de densidade na primeira época não foi significativa.

Os valores médios para número de nós formados na haste principal, nas três populações de plantas, em três épocas de semeadura, são apresentados na Tabela 24. Observa-se que na época de semeadura normal o IAC-19 foi superior ao IAC-17 e igual ao IAC-12, sendo na segunda época, ligeiramente inferior ao IAC-12, sem entretanto, haver diferenças significativas entre os cultivares. Na semeadura de época safrinha, novamente, o IAC-19, mostrou supremacia, diferindo dos demais, até com dois nós de diferença.

Um outro aspecto a observar é que todos os cultivares reduziram o número de nós com o atraso na semeadura. Esse desempenho foi mais notório para o IAC-17, que apresentou maior sensibilidade à mudança de época, tanto

nesta característica, quanto na altura final de plantas. O número de nós vegetativos formados na haste principal da planta, diminuiu da época de semeadura normal para safrinha, apresentando reduções de 21%, 27% e 15% para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19, respectivamente.

O cultivar IAC-19, formou maior número de nós na haste principal das plantas que o IAC-12, demonstrando ser menos sensível às influências de época, inclusive quanto ao caráter altura de planta, porquanto foi mais alto que os demais, nas épocas de semeadura normal e safrinha, sendo o único que apresentou altura compatível para alta produtividade, na última época (Garcia, 1989 e Sedyama et al., 1985).

Tabela 24. Valores médios para número de nós observados nas épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19, manejados sob três densidades de plantas.

Épocas	Cultivares	Densidades (plantas <sup>-1</sup> )			Médias
		10	20	30	
Normal	IAC - 12	12,3 <sup>2</sup>	12,3	13,0	12,6 <sup>1</sup> ab
	IAC - 17	12,0	12,3	11,7	12,0 b
	IAC - 19	13,0	13,0	13,3	13,1 a
		D.M.S. 0,10	C.V. (%) 2,52		
Tardia	IAC - 12	12,3	11,7	11,0	11,7 a
	IAC - 17	11,7	11,3	11,0	11,3 a
	IAC - 19	11,7	11,3	11,3	11,4 a
		D.M.S. 0,11	C.V. (%) 2,80		
Safrinha	IAC - 12	10,0	10,3	9,3	9,9 b
	IAC - 17	9,3	8,7	8,3	8,8 c
	IAC - 19	11,3	11,3	11,0	11,2 a
		D.M.S. 0,12	C.V. (%) 3,37		

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

<sup>2</sup> Dados transformados segundo  $\sqrt{x}$ .

Pode-se afirmar que o cultivar IAC-19 cresce mais em altura que os outros dois, pelo fato de apresentar ciclo de maturação maior, vegetar durante mais tempo e, conseqüentemente, formar maior número de nós ao longo da haste principal.

Fazendo-se a relação entre altura final de planta (Tabela 23) e o número de nós vegetativos (Tabela 24) obtém-se o comprimento médio de cada entrenó. Neste caso, observa-se que há um encurtamento da distância média entre os nós da haste principal, para todos os cultivares, principalmente para IAC-12 e IAC-17, que encurtaram cerca de dois centímetros da primeira para a terceira época de semeadura.

Desta maneira, pode-se inferir que a redução na altura final de planta observada com o atraso na semeadura, foi conseqüência do menor número de nós vegetativos formados na haste principal e do encurtamento dos entrenós, fato este, também observado por Câmara (1991) e Marchiori (1998). Garcia (1979), mostra que há uma estreita associação entre o crescimento em altura da planta e o aparecimento de nós na sua haste principal, cessando o crescimento com a emissão do último nó.

#### **4.3.3 Número de ramificações (NR)**

Esta é uma característica bastante afetada pelas práticas de manejo quanto à populações de plantas e está também associada com a maior altura final de planta e ao número final de nós vegetativos na haste principal da planta de soja.

Os valores médios de ramificações de plantas observados nos cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19 (Tabela 25), manejados sob três populações de plantas em três épocas de semeadura, apresentam diferenças altamente significativas entre os cultivares, apenas para a época de semeadura normal. O teste de Tukey revelou que o cultivar IAC-17 foi o que apresentou maior número

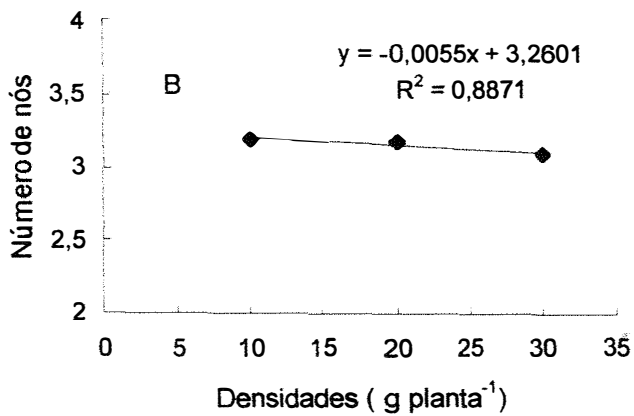
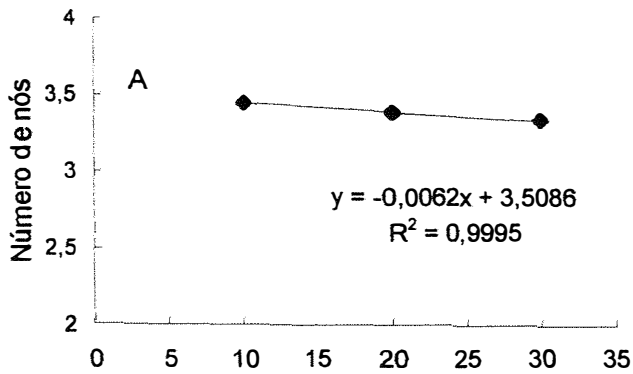


Figura 13. Número de nós na haste principal de plantas de soja para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19, em função da densidade de plantas na linha em época de semeadura tardia (A) e safreinha (B).



de ramificações formadas por planta, sendo significativamente superior aos outros dois cultivares.

Por outro lado, embora os cultivares não tenham diferido significativamente nas sementeiras tardia e safrinha, o cultivar IAC-17, nesta última, foi o que cresceu menos em altura, formou menor número de nós na haste principal e apresentou menor número de ramificações por planta.

Tabela 25. Valores médios para número de ramificações observadas nas épocas de sementeira normal, tardia e safrinha para os cultivares de soja IAC - 12, IAC - 17 e IAC - 19, manejados sob três densidades de plantas.

Épocas	Cultivares	Densidades (plantas m <sup>-1</sup> )			Médias
		10	20	30	
Normal	IAC - 12	3,0 <sup>2</sup>	1,0	0,4	1,3 <sup>1</sup> b
	IAC - 17	5,0	3,3	2,8	3,7 a
	IAC - 19	2,6	2,6	2,3	2,5 ab
		D.M.S. 0,47	C.V. (%) 25,42		
Tardia	IAC - 12	4,0	2,6	1,3	2,5 a
	IAC - 17	3,7	2,3	2,3	2,7 a
	IAC - 19	3,7	3,3	1,6	2,8 a
		D.M.S. 0,20	C.V. (%) 10,95		
Safrinha	IAC - 12	2,3	1,6	1,3	1,7 a
	IAC - 17	2,0	0,4	0,1	0,7 a
	IAC - 19	2,6	0,9	0,7	1,3 a
		D.M.S. 0,59	C.V. (%) 45,42		

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

<sup>2</sup>Dados transformados segundo  $\sqrt{x}$ .

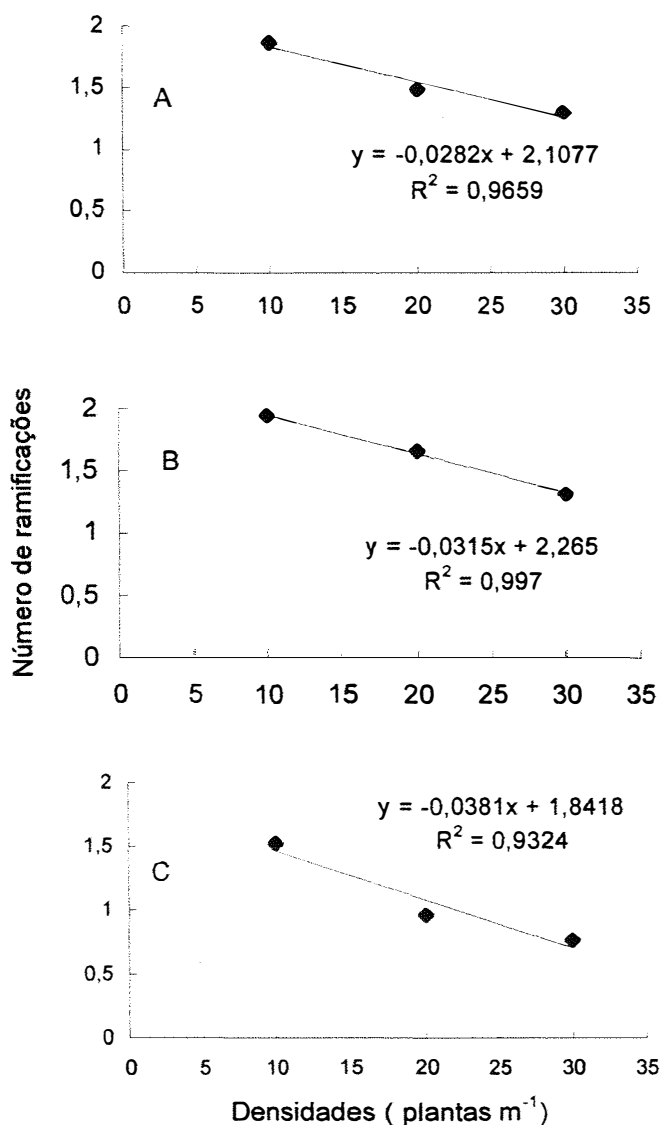


Figura 14. Número de ramificações de plantas de soja para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19, em função da densidade de plantas na linha em épocas de semeadura normal (A), tardia (B) e safrinha (C).

Com relação ao fator densidade, a análise de variância revelou efeito altamente significativo ( $P < 0,01$ ) para as primeiras épocas de semeadura e ao nível de 5% de probabilidade, para a época de semeadura safrinha. Na Figura 14 apresenta-se o efeito da densidade sobre o número de ramificações por planta. A análise de regressão polinomial revelou para as três épocas de semeadura, efeitos significativamente lineares e proporcionalmente inversos, significando que a cada aumento na densidade de plantas na linha, dentro do intervalo estudado, tem-se redução no número de ramificações por planta.

Esta redução no número de ramificações devido ao aumento na densidade, está associado com a altura final de plantas e com o número de nós formados na haste principal, conforme descrito por Nakagawa et al. (1988), que obtiveram resultados semelhantes. Para Gilioli et al. (1978), que também estudaram essas associações, a densidade mostrou-se um fator útil para modificar a arquitetura da planta, permitindo adaptá-la a algumas condições especiais, particularmente à colheita mecanizada.

#### **4.3.4 Número total de vagens (NTV)**

As variações no número total de vagens observadas nas três épocas de semeadura para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19, não apresentaram diferenças significativas entre os cultivares (Tabela 26) na época normal, mas revelou efeitos altamente significativos para densidade e para a interação cultivar e densidade. O desdobramento das regressões para esse efeito (Figura 15), é apresentado apenas para os cultivares IAC-12 e IAC-17, uma vez que a regressão polinomial para os níveis de densidade dentro do IAC-19 não foi significativo.

A Figura 15 mostra que para cada aumento no número de plantas na linha, dentro das densidades estudadas, obtém-se um decréscimo no número de vagens por plantas. Essa tendência foi verificada por vários autores (Val et al., 1971; Rosolem et al.; 1983; Ritchie et al., 1994 e Marchiori, 1998), que

concluíram que o número de vagens por planta varia inversamente com o aumento de população. O número de grãos por vagem também diminui com o aumento da população, estando estreitamente correlacionado com o número de vagens por planta.

Nas épocas de semeadura tardia e safrinha os cultivares não apresentaram diferenças estatísticas. Entretanto, diminuíram o NTV da primeira época para segunda e desta para a terceira época, com a última apresentando reduções da ordem de 40% para o IAC-12, 39% para o IAC-17 e 34% para o IAC19, indicando que este cultivar, embora tenha apresentado menor NTV nas três épocas, foi menos sensível ao atraso na semeadura.

Tabela 26. Valores médios no número total de vagens observadas nas épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares de soja IAC - 12 , IAC - 17 e IAC - 19, manejados sob três densidades de plantas.

Épocas	Cultivares	Densidades (plantas m <sup>-1</sup> )			Médias
		10	20	30	
Normal	IAC - 12	82,3 <sup>2</sup> a	30,6 b	44,9 a	49,2 <sup>1</sup>
	IAC - 17	62,8 b	38,9 b	41,4 a	48,9
	IAC - 19	48,8 b	53,0 a	40,3 a	46,7
		D.M.S. 1,02	C.V. (%) 7,00		
Tardia	IAC - 12	77,6	42,0	25,8	46,1 a
	IAC - 17	57,7	35,9	31,2	40,8 a
	IAC - 19	63,5	44,4	21,4	41,2 a
		D.M.S. 0,91	C.V. (%) 14,63		
Safrinha	IAC - 12	24,1	20,4	14,0	19,6 a
	IAC - 17	23,4	14,9	11,0	19,3 a
	IAC - 19	27,7	17,8	14,0	16,0 a
		D.M.S. 0,80	C.V. (%) 15,47		

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

<sup>2</sup> Dados transformados segundo  $\sqrt{x}$ .

Embora o cultivar IAC-19 tenha apresentado a menor variação no NTV da época de semeadura normal para a safrinha, o IAC-12, em média, apresentou o melhor desempenho para essa característica nas três épocas, obtendo inclusive, o maior número total de vagens por planta na densidade de 10 plantas por linha, quando semeado na época normal.

Observando-se as características altura final de plantas, número de nós, número de ramificações por planta, número total de vagens e número total de grãos, destaca-se o IAC-19 com maior AFP e maior NN. O IAC-17, apresenta maior NR e o IAC-12, maior NTV e maior NTG, igualando-se ao IAC-19, na época de semeadura safrinha.

Considerando-se que as vagens são produzidas pela planta em suas axilas foliares, tem-se que, quanto maior a quantidade de nós na haste principal, maior é o potencial de frutificação do genótipo. Agregando-se a essa característica, tem-se a capacidade de ramificação da planta, pois, ao ramificar, aumenta a quantidade de nós por indivíduo e, conseqüentemente, o seu potencial de produtividade.

Entretanto, essas considerações não são suficientes para garantir que o potencial de produtividade seja atingido, uma vez que este depende da capacidade da planta em preencher as vagens com grãos, que por sua vez, devem acumular uma satisfatória quantidade de matéria seca. Por outro lado, explicam o melhor desempenho dos cultivares IAC-12 e IAC-19 em relação ao cultivar IAC-17.

#### **4.3.5. Número total de grãos (NTG)**

O caráter número total de grãos, estando estreitamente relacionado com o número total de vagens, apresenta variação semelhante a este, de forma que também diminui com o aumento da população (Fontes & Ohlrogge, 1972; Val et al., 1971). Há casos em que é pouco afetado, sendo que neste trabalho, a

maioria dos resultados obtidos manteve a tendência observada pelos autores Ritchie (1994) e Marchiori (1998).

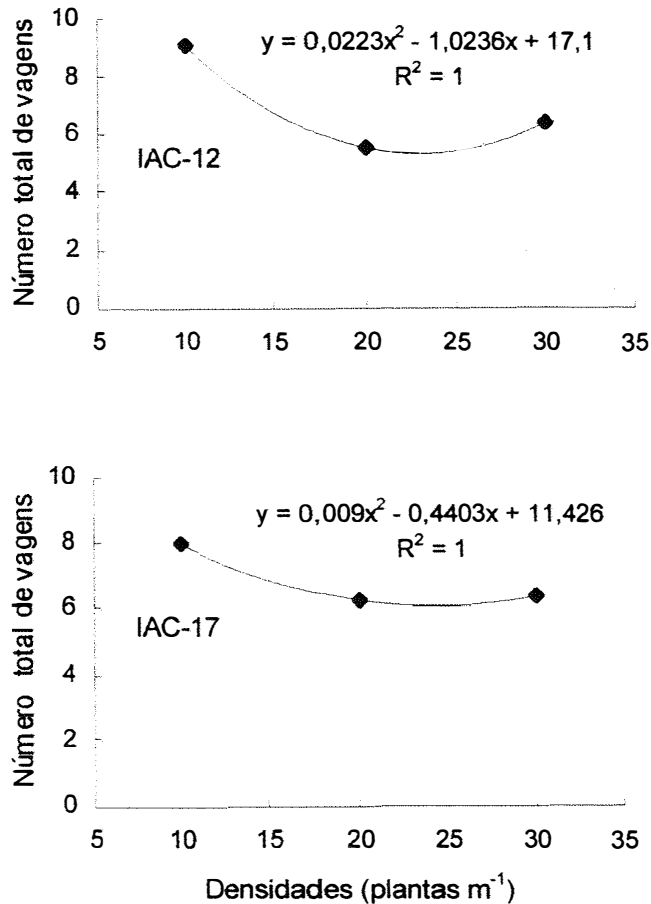


Figura 15. Número total de vagens de soja para os cultivares IAC-12 e IAC-17 em função da densidade de plantas na linha em época de semeadura normal.

A análise da variância para esta variável, revelou valores com diferenças significativas para os fatores cultivar, densidade e para a interação entre eles

(Tabela 27), na época normal de semeadura, enquanto que na época tardia, valores de  $F$  significativos foram verificados apenas para interação cultivar e densidade. Na época de semeadura safrinha, não houve diferenças estatísticas entre os cultivares, mas apenas para o fator densidade. O desdobramento da análise de regressão para a interação cultivar e densidade na época de semeadura normal é apresentado na Figura 16, revelando efeito quadrático para o cultivar IAC-12, sendo que os cultivares IAC-17 e IAC-19, apresentaram efeito linear, para as densidades estudadas. As equações de regressão e seus respectivos coeficientes de determinação, para os efeitos de densidade nas épocas de semeadura tardia e safrinha, são apresentados no Anexo D.

Observa-se também, que os valores do número total de grãos por planta sempre foram superiores na densidade de 10 plantas  $m^{-1}$ . O resultado apresentado para o cultivar IAC-12 nesta densidade, nas épocas de semeadura normal e tardia, foi surpreendentemente superior aos demais, provavelmente, devido a melhor adaptação deste cultivar nas condições testadas. Na segunda época de semeadura, observa-se melhor desempenho do IAC-12, significativamente superior aos cultivares IAC-17 e IAC-19, que não diferiram entre si. Nesta época, também foi o cultivar IAC-12 quem mais produziu vagens por planta, embora não tenha diferido estatisticamente dos outros cultivares (Tabela 26).

O número médio de grãos por nó vegetativo, obtido pela relação entre o número total de grãos (Tabela 27) e o número final de nós vegetativos (Tabela 24), mostra que o cultivar IAC-12, apresentou os maiores valores nas três épocas, demonstrando ser o mais eficiente, na média, para essa característica. De acordo com esses resultados é possível sugerir uma redução na população de plantas para este cultivar, gerando economia de sementes combinada com um aumento na produção em época de semeadura normal, resultando em maior rendimento econômico.

Tabela 27. Valores médios para o número total de grãos observados nas épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19, manejados sob três densidades de plantas.

Épocas	Cultivares	Densidades (plantas m <sup>-1</sup> )			Médias
		10	20	30	
Normal	IAC - 12	146,9 <sup>2</sup> a	81,0 a	67,7 a	85,7 <sup>1</sup>
	IAC - 17	86,6 b	56,0 a	55,5 a	64,6
	IAC - 19	78,3 b	55,1 a	53,5 a	71,1
		D.M.S. 1,58	C.V. (%) 8,77		
Tardia	IAC - 12	147,7	85,3	49,9	89,9 a
	IAC - 17	95,3	55,3	46,3	64,0 b
	IAC - 19	107,7	66,7	39,5	68,5 b
		D.M.S. 0,96	C.V. (%) 9,24		
Safrinha	IAC - 12	47,9	40,6	26,6	37,9 a
	IAC - 17	47,1	26,9	20,6	30,6 a
	IAC - 19	58,0	34,2	28,3	39,2 a
		D.M.S. 1,13	C.V. (%) 15,56		

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

<sup>2</sup> Dados transformados segundo  $\sqrt{x}$ .

Verifica-se ainda que, em média, as produções de grãos nas primeiras épocas de semeadura foram semelhantes, com os cultivares produzindo cerca de duas vezes mais grãos em relação à época de semeadura safrinha. As menores diferenças entre a primeira e a terceira épocas foram obtidas pelo cultivar IAC-19, de ciclo de maturação médio, combinando com o maior NTG por planta produzido nesta época.



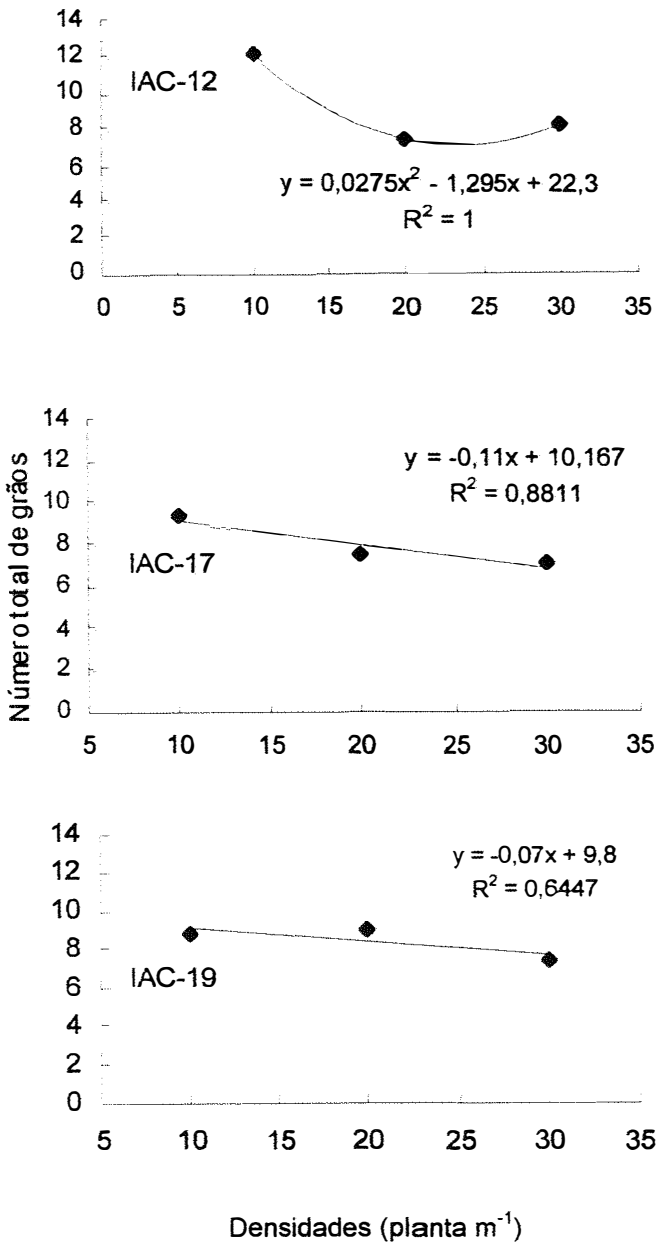


Figura 16. Número total de grãos de soja para os cultivares IAC-12, IAC17 e IAC-19 em função da densidade de plantas na linha em época de semeadura normal.

#### 4.3.6 Massa de 1000 grãos (M1000)

Os dados médios para a massa de 1000 grãos observados nas épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19, estão apresentados na Tabela 28. Verifica-se diferenças altamente significativas para o fator cultivar, nas três épocas de semeadura. Apenas na época tardia de semeadura, foi verificado efeito significativo para densidade, ao nível de 5% de probabilidade. Não houve efeito de interação para o fator cultivar e densidade.

Tabela 28. Valores médios para a massa de 1000 grãos observadas nas épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19, manejados sob três densidades de plantas.

Épocas	Cultivares	Densidades (plantas m <sup>-1</sup> )			Médias
		10	20	30	
Normal	IAC - 12	148,0	148,9	146,4	147,8 <sup>1</sup> c
	IAC - 17	167,0	166,6	166,8	166,8 b
	IAC - 19	176,0	183,7	179,8	179,9 a
		D.M.S. 6,76	C.V. (%) 3,37		
Tardia	IAC - 12	118,8	124,7	120,5	121,3 c
	IAC - 17	151,8	163,4	167,4	160,9 a
	IAC - 19	148,6	150,7	150,6	150,0 b
		D.M.S. 6,18	C.V. (%) 3,53		
Safrinha	IAC - 12	109,0	109,4	112,1	100,2 c
	IAC - 17	127,7	125,8	120,5	124,7 b
	IAC - 19	138,7	142,1	140,7	140,5 a
		D.M.S. 4,71	C.V. (%) 3,10		

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância

Na primeira época, o cultivar IAC-12 produziu grãos mais leves que o

IAC-17 e este, mais leves que o IAC-19. Na semeadura de época tardia, por sua vez, o IAC-17 diferiu significativamente dos outros dois cultivares, produzindo grãos mais pesados que o IAC-19 e este, com maior massa que o IAC-12. Por outro lado, na época de semeadura safrinha, o melhor desempenho foi decrescente a partir do IAC-19 para o IAC-17 e deste para o IAC-12. Portanto, este último, mostrou menor massa de 1000 grãos em todas as épocas estudadas.

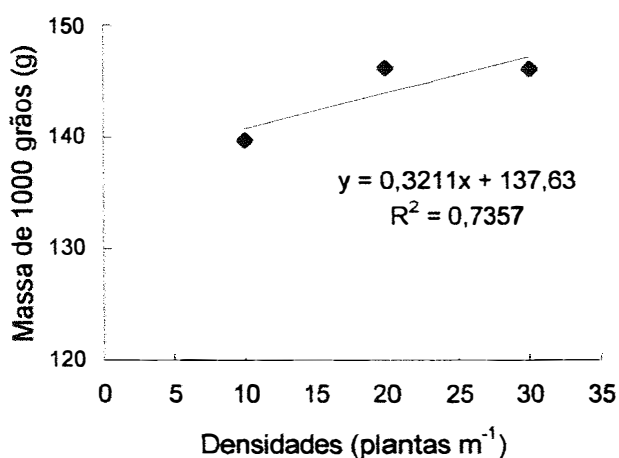


Figura 17. Variação na massa de 1000 grãos para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19, em função da densidade de plantas na linha em épocas de semeadura tardia.

O efeito da população sobre a massa de grãos é variável. Vários estudos afirmam que a massa de 1000 grãos não sofre variação com a mudança na densidade de plantas na linha, a exemplo dos autores Hicks, et al. (1969) e Val et al.(1971). Entretanto, outros afirmam ter encontrado aumento nesta característica, quando aumentaram a população de plantas (Weber et al., 1966).

Na primeira época de semeadura não houve efeito significativo de densidade, indicando que as diferentes populações de plantas não influenciaram na massa de 1000 grãos. Na semeadura de segunda época, a análise de variância mostrou significância ( $P < 0,05$ ), com a análise de regressão polinomial indicando que as variações observadas para a massa de 1000 grãos independem do fator cultivar e são explicadas por regressão linear a 5% de probabilidade (Figura 17) e demonstra que aumentando-se a densidade de plantas na linha aumenta-se a massa de grãos produzidos.

Com base na Figura 17, pode-se afirmar que com o aumento da densidade de 10 plantas por linha para a densidade de 30 plantas, aumenta-se de forma linear a massa de grãos, indicando que neste intervalo, aumentando-se uma planta por linha tem-se um incremento de 0,32g na massa de 1000 grãos.

#### **4.3.7 Rendimento**

Para o rendimento de soja expresso em quilogramas de grãos por hectare, a análise da variância revelou valores de  $F$  significativos para o fator cultivar com  $P < 0,05$  na primeira época e  $P < 0,01$  na época de semeadura safrinha. Na época de semeadura tardia o teste  $F$  não apresentou diferenças para este fator. Com relação ao fator densidade, não se verificou efeitos significativos nas três épocas, como também não se constatou significância para a interação entre os fatores cultivar e densidade.

A análise comparativa entre médias do fator cultivar na primeira época de semeadura, revelou que o cultivar IAC-12 foi mais produtivo que o cultivar IAC17. Ambos não diferiram do cultivar IAC-19. O cultivar IAC-17, foi o único a produzir menos de 3000 kg de grãos por hectare. Na época de semeadura tardia, os três cultivares apresentaram elevados valores para o rendimento de grãos, porém, sem diferenças significativas entre si. Na época de semeadura safrinha, o cultivar IAC-19 foi significativamente superior aos demais, rendendo praticamente o dobro da quantidade de grãos produzida individualmente pelos

cultivares IAC-12 e IAC-17. Provavelmente, devido ao seu ciclo de maturação mais prolongado, o cultivar IAC-19 apresentou-se melhor adaptado às condições ambientais proporcionadas pela semeadura em época safrinha (Tabela 29).

Tabela 29. Valores médios do rendimento de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) nas épocas de semeadura normal, tardia e safrinha para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19, manejados sob três densidades de plantas.

Épocas	Cultivares	Densidades (plantas $\text{m}^{-2}$ )			Médias
		10	20	30	
Normal	IAC - 12	3613,7	3548,9	2986,0	3382,9 <sup>1</sup> a
	IAC - 17	2928,7	2701,4	2851,2	2827,1 b
	IAC - 19	3181,3	2951,2	3407,2	3180,0 ab
		D.M.S. 494,44	C.V. (%) 12,98		
Tardia	IAC - 12	3049,9	3743,2	3703,5	3498,9 a
	IAC - 17	2784,2	3646,8	2381,6	2937,5 a
	IAC - 19	3508,5	3584,3	3407,8	3500,2 a
		D.M.S. 823,27	C.V. (%) 20,43		
Safrinha	IAC - 12	627,4	778,8	968,4	791,5 b
	IAC - 17	664,3	877,2	655,6	791,5 b
	IAC - 19	1360,3	1544,8	1623,8	1509,6 a
		D.M.S. 232,68	C.V. (%) 18,91		

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância

O conjunto dos resultados apresentados é, possivelmente, uma decorrência do equilíbrio entre os componentes do rendimento, devido aos efeitos de compensação entre eles. Um exemplo desse efeito, pode ser verificado, observando as variações na massa de 1000 grãos para o IAC-12, nas três épocas de semeadura (Tabela 28), onde apresenta as menores massa de 1000 grãos. Entretanto, o mesmo cultivar proporcionou maior rendimento de

grãos na primeira época e, mesmo sem diferir significativamente, na segunda época, obteve melhor rendimento, juntamente com o cultivar IAC-19 (Tabela 29).

Verifica-se que o IAC-12 produziu o mesmo NTV que IAC-17 e IAC-19 (Tabela 26). Entretanto, diferencia-se dos dois cultivares na produção de NTG (Tabela 27), justificando maior rendimento, mesmo com menor massa de 1000 grãos. Por outro lado, o mesmo raciocínio explica o baixo rendimento do IAC-17, pois produziu maior número de vagens sem grãos (chochas) ou com menos de dois grãos por vagem.

Outros exemplos podem ser observados entre as características estudadas, comparando-se as densidades de plantas, o número de vagens e o número de grãos produzidos, associando-se com a massa de 1000 grãos.

Com relação ao fator densidade, apenas na terceira época de semeadura a análise de regressão polinomial revelou valores de  $F$  significativos, onde as variações em rendimento observadas para as diferentes densidades são independentes do fator cultivar e explicadas por regressão linear (Figura 18). Observa-se que, dentro do intervalo estudado, para cada unidade de planta aumentada na densidade, tem-se um acréscimo aproximado de 10 kg de grãos por hectare.

Nas épocas de semeadura normal e tardia verificaram-se os maiores rendimentos, onde os cultivares puderam, teoricamente, demonstrar todo o seu potencial produtivo, sem contudo, diferirem significativamente entre si. Foi na época de semeadura tardia que se obtiveram maiores rendimentos. Maiores rendimentos também foram encontrados por Demuner (1988) para vários cultivares de soja, quando semeados em época considerada pelo autor como tardia (24/11), no Estado do Mato Grosso do Sul. Essas diferenças mostram que é possível manejar cultivares, de acordo com seu ciclo de maturação, visando obter-se ganhos em produtividade, para cada época.

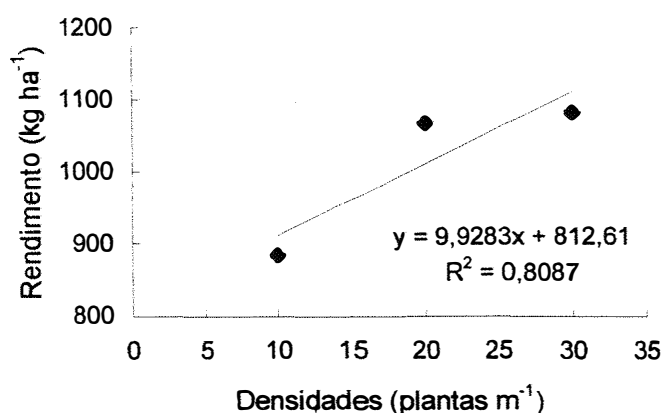


Figura 18. Variação no rendimento de grãos para os cultivares de soja IAC-12, IAC-17 e IAC-19, em função da densidade de plantas na linha em época de semeadura safrinha.

Comparando-se os efeitos do atraso de épocas de semeadura sobre os cultivares, constatou-se que a superioridade da época de semeadura normal e tardia, em relação à safrinha, foi determinada pelas condições ambientais, durante as fases fenológicas dos cultivares, influenciando os componentes de produção e comprometendo o rendimento final nessa época. Essas perdas no rendimento, devido ao atraso de época de semeadura também foram constatadas por Sediya et al. (1972), Bergamaschi et al. (1977), Sanchez & Yuyama (1979), Nakagawa et al. (1983), Marcos Filho (1986), Bhéring (1989), EMBRAPA (1996) e Marchiori (1998).

Observa-se que da época normal para a época de safrinha, as plantas de soja diminuem de tamanho, devido à redução no comprimento do entrenó e à formação de menor número de nós vegetativos na haste principal (Tabela 24) bem como, reduzem o número total de vagens (Tabela 26) e de grãos formados

(Tabela 27), os quais, também diminuem em massa (Tabela 28), acarretando menores rendimento de grãos (Tabela 29). As perdas ocorridas entre as épocas, condicionadas pelas mudanças nessas características, variaram conforme o cultivar utilizado: 76% para IAC-17 (precoce), 75% para IAC-12 (semi precoce) e 55% para IAC-19 (médio).

Na época de semeadura safrinha, verifica-se o melhor desempenho do cultivar de ciclo de maturação médio (IAC-19), podendo ser uma opção para esta época de semeadura no Estado de São Paulo, principalmente visando a produção de sementes, mesmo em detrimento do rendimento destas, uma vez que as características bioclimáticas desta época oferecem potencial para a produção de sementes de boa qualidade fisiológica. O melhor desempenho desse cultivar, está de acordo com EMBRAPA (1996) ao afirmar que cultivares de ciclo de maturação médio a semi tardio tem maiores potenciais de rendimento para semeaduras mais tardias.

Em época normal e tardia de semeadura, todos os cultivares apresentaram elevado rendimento, próximos ou acima de 3.000 kg ha<sup>-1</sup>, com destaque para os cultivares IAC-12 e IAC-19 como os mais produtivos. O cultivar IAC-12 de ciclo semi precoce, apresentou elevado rendimento com a menor densidade de plantas na época de semeadura normal. No entanto, aumentou seu rendimento de grãos, com o aumento na densidade de plantas na linha, na semeadura de época tardia, sugerindo que o efeito competitivo entre plantas diminuiu, embora os elementos climáticos pouco tenham variado entre as épocas (Tabela 5).

A associação de precocidade de ciclo com juvenilidade longa em um cultivar de soja como IAC-17, não garante a manutenção de alta produtividade e de boa altura de planta para a colheita em épocas de semeadura muito tardias, como no caso da época de safrinha, haja vista, ter sido o cultivar que apresentou em média, o menor acúmulo individual de matéria seca (Tabela 12). Além disso, foi o cultivar que apresentou a menor área foliar por ocasião da



maturidade fisiológica, podendo, esses dois aspectos, terem influenciado no rendimento final de grãos.

Quando se relaciona tratamentos quantitativos (densidades de plantas) e se justifica a existência de uma dependência funcional que ligue os valores dos tratamentos fixados ( $x$ ) com os dados analisados ( $y$ ), utiliza-se a equação de regressão (Gomes, 1987). Por outro lado, quando as variáveis são interdependentes, o coeficiente de correlação linear, é o mais indicado para medir o grau de relação entre elas, como no caso das características agrônomicas e o rendimento final de grãos.

As estimativas de correlações simples ( $r$ ) para todas as combinações das características estudadas são apresentadas na Tabela 30, onde são comparadas a altura final de plantas (AFP), o número de nós (NN), o número de ramificações (NR), o número total de vagens (NTV), o número total de grãos (NTG), a massa de 1000 grãos (M1000 (g)) e o rendimento de grãos (REND(kg ha<sup>-1</sup>)) com a massa de matéria seca (MS(g planta<sup>-1</sup>)) e área foliar (AF(dm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>)), nos estádios reprodutivos R<sub>2</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>6</sub> e R<sub>7</sub>.

O dados da correlação foram positiva e significativamente maiores para a característica rendimento e matéria seca em todos os subperíodos, sendo mais elevadas ( $r > 0,6$ ) em R<sub>4</sub> e R<sub>7</sub>, com valores de  $r > 0,5$  nos estádios R<sub>2</sub> e R<sub>6</sub>. O teste  $t$  para a correlação simples mostrou, também, haver alta associação significativa entre o rendimento e a área foliar, variando próximo a 0,5 e tendo a menor correlação ( $r = 0,354$ ), na maturidade fisiológica (R<sub>7</sub>).

Observa-se que a matéria seca desde a formação plena de flores, já correlaciona-se positiva e significativamente com o rendimento ( $r > 0,5$  e  $t < 0,01$ ), demonstrando indicação de que há interdependência com as características NF, NTV e NTG, uma vez que os valores de  $r$ , quando relacionados, estão próximos ou são maiores que 0,5. Nos demais estádios fenológicos estudados, o acúmulo de matéria seca apresentou valores de correlação significativamente maiores e positiva com o NNF ( $r \sim 0,5$ ) e NTV, NTG e REND ( $r > 0,5$ ). A

correlação positiva entre rendimento de grãos e o acúmulo de matéria seca total nas plantas, confirmam resultados de Garcia (1992).

Como as características fisiológicas são mais difíceis de detectar, considera-se que tais valores foram altos quando  $r > 0,5$  ou mesmo, quando próximos deste. A área foliar com  $r$  próximo de 0,5 indica que esta característica explica, apenas em parte, o rendimento, não podendo contudo, explicar totalmente sua participação no rendimento de grãos. Assim, tendo em vista a associação de processos fisiológicos com os caracteres agrônômicos, optou-se por considerar, neste trabalho, como alta, as correlações que apresentam  $r > 0,5$ .

Tabela 30. Estimativa dos coeficientes de correlação simples ( $r$ ) entre os pares formados com as características agrônômicas estudadas e a massa de matéria seca (MS) e a área foliar (AF) da planta de soja, nos subperíodos reprodutivos R<sub>2</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>6</sub> e R<sub>7</sub>.

Estádios	Variáveis	Características Agrônômicas						
		AFP	NNF	NR	NTV	NTG	M1000	REND
R2	MS	0,4339**	0,4947**	0,1610	0,4876**	0,4457**	0,2663**	0,5730**
	AF	0,4164**	0,4963**	0,2498*	0,4930**	0,4236**	0,3143**	0,4885**
R4	MS	0,3237*	0,4475*	0,1677	0,5225**	0,5354**	0,1108	0,6414**
	AF	0,2985*	0,4468**	0,3048**	0,5655**	0,5653**	0,1573**	0,5809**
R6	MS	0,3705**	0,4950**	0,1459	0,5033**	0,5349**	0,0968	0,5645**
	AF	0,1880*	0,3152**	0,1025	0,3820**	0,4310**	-0,0644	0,4303**
R7	MS	0,3428**	0,4675**	0,1972*	0,5555**	0,5888**	0,0541	0,6420**
	AF	0,2036*	0,2812**	0,0775	0,3413**	0,3617**	-0,0416	0,3537**

Os coeficientes de correlação ( $r$ ) das associações entre vários caracteres e índices fisiológicos, com rendimento de grãos são apresentados na Tabela 31. Nas três épocas de semeadura o caráter rendimento de grãos apresentou correlações lineares simples positivas e significativas com a maioria das

características e índices, registrando-se correlações negativas apenas para a taxa de crescimento relativo e a razão de área foliar. A taxa assimilatória líquida e o índice de colheita, por sua vez, não apresentaram correlações significativas com o caráter estudado.

As características agronômicas AFP e NN estão correlacionadas significativamente e positivamente com o rendimento de grãos, discordando de resultados de Garcia (1979), onde a AFP e outros caracteres relacionados com o porte da planta, não apresentaram importância na predição do rendimento. Entretanto, concordam com os resultados encontrados por Gastal & Verneti (1978), que verificaram correlação significativa. O número de ramificações, apesar de altamente significativa e positiva, apresentou correlação muito baixa.

Tabela 31. Estimativa dos coeficientes de correlação simples ( $r$ ) entre algumas características agronômicas e alguns índices fisiológicos com o rendimento de grãos de três cultivares de soja em três épocas de semeadura e três densidades de plantas.

Características Agronômicas	Rendimento de grãos ( $r =$ )
Altura final de plantas (AFP)	0,6463**
Número de nós final (NNF)	0,6398**
Número de ramificações (NR)	0,3197**
Número total de vagens (NTV)	0,5672**
Número total de grãos (NTG)	0,5017**
Massa de 1000 grãos (M1000)	0,5313**
Taxa de crescimento da cultura (TCC)	0,7013**
Taxa de crescimento relativo (TCR)	-0,3912*
Taxa assimilatória líquida (TAL)	0,2034 <sup>ns</sup>
Razão de área foliar (RAF)	-0,3758*
Índice de colheita (IC)	0,0214 <sup>ns</sup>

Sendo o rendimento final dependente da interação entre os componentes da produção da planta, os resultados apresentados mostram que, pelo menos

50% do rendimento em grãos está correlacionado positiva e significativamente com NTV, NTG e M1000. Entretanto, para Garcia (1979), apenas NTG, apresentou correlação significativa ( $P < 0,05$ ), sendo que o NTV não assegurou ser um bom indicador do rendimento, apesar dos valores de coeficientes de correlação alcançados ( $r = 0,545$  e  $r = 0,520$ ), em duas épocas de semeadura, próximos, inclusive, dos encontrados no presente estudo e que apresentaram correlações altamente significativas ( $P < 0,01$ ).

Os índices fisiológicos foram comparados nas suas taxas máximas durante o ciclo da cultura (Tabelas 18, 19, 20, 21 e 22) e mostram diferentes relações com o rendimento de grãos. A TCC mostrou-se altamente correlacionada, concordando com resultados encontrados por Board & Harville (1996), estudando a dinâmica do crescimento da soja em plantios adensados, em época de semeadura tardia. Por outro lado, a TAL, apesar de positiva, foi baixa. A TCR e a RAF, embora tenham apresentado significância a 5% de probabilidade, relacionaram-se negativamente. O IC mostra correlação muito baixa e não significativa, ao contrário de Garcia (1979), que encontrou índice de colheita apresentando correlação negativa e significativa com a maior parte das características estudadas.

## 5 CONCLUSÕES

Com base nas informações coletadas e analisadas neste trabalho, foram estabelecidas as seguintes conclusões:

a) O acúmulo de matéria seca na planta é diferenciado com o cultivar, a época de semeadura e diminui com o aumento na densidade de plantas, correlacionando-se positiva e significativamente com o rendimento de grãos.

b) Os caracteres componentes do rendimento apresentam variações entre eles, tendo, um efeito de compensação, no sentido de uniformizar o rendimento de grãos, entre cultivares, densidades e dentro de épocas de semeadura.

c) Os cultivares não apresentam desempenho diferenciado para rendimento de grãos na combinação de época de semeadura normal com densidades.

d) Os cultivares IAC-12 e IAC-19 apresentam melhor desempenho para rendimento de grãos em semeadura de época normal, independente das densidades.

e) Na época de semeadura safrinha, o cultivar IAC-19 apresenta melhor desempenho para rendimento de grãos, independente das densidades.

f) A época de semeadura foi o que mais influenciou nas características agronômicas da planta e no rendimento de grãos.

## **ANEXOS**

Anexo A. Coeficientes empíricos determinados estatisticamente para os índices fisiológicos em três densidades, para os cultivares IAC-12, IAC-17 e IAC-19 nas épocas de semeadura normal, tardia e safrinha.

CULTIVAR	E1				E2				E3			
	D1	D3	D5	r <sup>2</sup>	D1	D3	D5	r <sup>2</sup>	D1	D3	D5	r <sup>2</sup>
12	a	-5,57654510	-1,20608690	-2,85530090	-4,31568760	-1,20276210	0,60191122	0,60191122	-5,35898280	-9,2081163	-11,421131	
	b	-0,00368322	-0,00032503	-0,00200771	-0,00259521	0,00003297	0,00141247	0,00141247	-0,00238131	-0,005830068	-0,007489294	
	c	1,32793730	0,49570044	0,78754415	1,08901060	0,46347585	0,13498924	0,13498924	1,04838590	1,7306881	2,0710065	
	r <sup>2</sup>	0,99867893	0,98836100	0,97565905	0,99870481	0,98189893	0,93855570	0,93855570	0,99485195	0,96177911	0,98532724	
17	a	-7,9076764	-4,34034680	-7,27916650	-6,53884750	-6,52276330	-7,33788510	-7,33788510	-11,3466920	-6,95730860	-8,02028020	
	b	-0,006551251	-0,00495491	-0,00756242	-0,00614859	-0,00724150	-0,00878371	-0,00878371	-0,00876919	-0,00588479	-0,00739604	
	c	1,5806866	1,08289260	1,63223600	1,36159130	1,46799000	1,72105140	1,72105140	2,03981890	1,34955900	1,59222820	
	r <sup>2</sup>	0,95009483	0,88491179	0,97113974	0,99396878	0,98197600	0,94945939	0,94945939	0,95367105	0,96562987	0,96516594	
19	a	-3,41952280	-4,03529500	-4,47130770	-1,5807614	-0,48635194	-4,5090863	-4,5090863	-6,9176657	-0,60296724	-12,04313500	
	b	-0,00237785	-0,00388912	-0,00301453	-0,000895017	0,00015801	-0,006305989	-0,006305989	-0,003975574	0,00149852	-0,00920189	
	c	0,96395857	1,11134980	1,04685270	0,63444656	0,37938589	1,2512343	1,2512343	1,3461917	0,18707039	2,31261510	
	r <sup>2</sup>	0,99453365	0,98038327	0,95975282	0,990116431	0,97440675	0,9420545	0,9420545	0,991162995	0,97433055	0,98620088	
17	a	-8,52468300	-6,71893347	-6,45304980	-7,05046040	-4,56092680	-5,00210940	-5,00210940	-6,29184510	-4,27151760	-6,75237080	
	b	-0,00701480	-0,00849287	-0,00777254	-0,00772250	-0,00593284	-0,00631682	-0,00631682	-0,00494533	-0,00416146	-0,00664658	
	c	1,67089930	1,63491650	1,53634200	1,52721310	1,14854200	1,25131780	1,25131780	1,07676010	0,85835605	1,36442100	
	r <sup>2</sup>	0,92286520	0,79903341	0,89528237	0,96326209	0,84041997	0,96579542	0,96579542	0,96426299	0,98025337	0,98447503	
19	a	-7,09595000	-5,46586850	-4,59206260	-6,10045880	-5,74510650	-9,13137720	-9,13137720	-7,24238140	-5,47960350	-8,69135710	
	b	-0,00482849	-0,00477094	-0,00322187	-0,00447642	-0,00434746	-0,00645743	-0,00645743	-0,00469888	-0,00342841	-0,00562076	
	c	1,60131470	1,33503680	1,07840730	1,47163460	1,34110080	1,89192360	1,89192360	1,47128640	1,11084780	1,63764170	
	r <sup>2</sup>	0,97063118	0,99351989	0,99396232	0,99490401	0,94879759	0,91905965	0,91905965	0,95760918	0,97517537	0,89738829	
19	a	-7,69176190	-6,80864290	-4,91781350	-9,29610210	-7,25263340	-8,37757310	-8,37757310	-8,61453280	-9,30454940	-8,73674580	
	b	-0,00585895	-0,00672742	-0,00491855	-0,00891265	-0,00765670	-0,00866345	-0,00866345	-0,00644607	-0,00737998	-0,00700287	
	c	1,50369360	1,47085550	1,13425520	1,92151470	1,60228890	1,85125320	1,85125320	1,56646790	1,75007880	1,68319010	
	r <sup>2</sup>	0,95183878	0,97437477	0,94410809	0,97242452	0,93672905	0,96637957	0,96637957	0,96692218	0,92962127	0,82488928	

Anexo B. Equações de regressões, coeficientes de determinação, pontos críticos e máximos (plantas m<sup>-1</sup>), relativos ao fator densidade das análises estatísticas individuais, para a massa da matéria seca (MS) nos estádios reprodutivos R<sub>2</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>6</sub> e R<sub>7</sub>.

Variável	E <sup>1</sup>	Unidade	Equação: y =	R <sup>2</sup> (%)	Ponto Crítico	y
MSR2	N	g planta <sup>-1</sup>	-0,4587x+22,223**	0,99		
MSR2 d.IAC-17	T	g planta <sup>-1</sup>	-0,1697x+10,676*	0,94		
MSR2 d.IAC-19	T	g planta <sup>-1</sup>	-0,5355x+24,823**	0,84		
MSR2 d.IAC-12	S	g planta <sup>-1</sup>	-0,1272x+6,1444**	1,00		
MSR2 d.IAC-17	S	g planta <sup>-1</sup>	-0,0172x <sup>2</sup> + 0,6937x-3,9232*	1,00	20,10 min	16,96
MSR2 d.IAC-19	S	g planta <sup>-1</sup>	-0,212x+9,0322**	0,84		
MSR4	N	g planta <sup>-1</sup>	-0,7653x+34,78**	0,95		
MSR4 d.IAC-12	T	g planta <sup>-1</sup>	-0,6657x+32,649**	0,85		
MSR4 d.IAC-17	T	g planta <sup>-1</sup>	-0,4305x+21,678*	0,99		
MSR4 d.IAC-19	T	g planta <sup>-1</sup>	-0,9793x+44,031**	0,85		
MSR4	S	g planta <sup>-1</sup>	-0,14805x+9,4181**	0,78		
MSR6	N	g planta <sup>-1</sup>	-0,7281x+67,9**	0,83		
MSR6	T	g planta <sup>-1</sup>	-1,0995x+47,31**	0,81		
MSR6 d.IAC-12	S	g planta <sup>-1</sup>	-0,2193x+13,398*	0,93		
MSR6 d.IAC-19	S	g planta <sup>-1</sup>	-0,5773x+22,321089**	0,89		
MSR7	N	g planta <sup>-1</sup>	-1,839x+72,014**	0,89		
MSR7 d.IAC-12	T	g planta <sup>-1</sup>	-1,1967x+61,088**	0,84		
MSR7 d.IAC-17	T	g planta <sup>-1</sup>	-1,1288x+57,194**	0,95		
MSR7 d.IAC-19	T	g planta <sup>-1</sup>	-2,106x+78,517**	0,82		
MSR7	S	g planta <sup>-1</sup>	-0,3208x+16,427**	0,98		

<sup>1</sup> Época: N = normal; T = tardia; S = safrinha



Anexo C. Equações de regressões, coeficientes de determinação, pontos críticos e máximos (plantas m<sup>-1</sup>), relativos ao fator densidade das análises estatísticas individuais, para a área foliar (AF) nos estádios reprodutivos R<sub>2</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>6</sub> e R<sub>7</sub>.

Variável	E <sup>1</sup>	Unidade	Equação: y =	R <sup>2</sup> (%)	Ponto Crítico	y
AFR2	N	dm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup>	-0,248111x+17,9122*	0,75		
AFR2 d.IAC-12	T	planta <sup>-1</sup>	0,0108x <sup>2</sup> -0,544x+13,05*	1,00	25,18 min	6,20
AFR2 d.IAC-19	T	planta <sup>-1</sup>	-0,4337x+21,344*	0,85		
AFR2 d.IAC-12	S	planta <sup>-1</sup>	-0,1727x+8,4266**	0,99		
AFR2 d.IAC-19	S	planta <sup>-1</sup>	-0,2428x+10,548**	0,83		
AFR4	N	planta <sup>-1</sup>	-0,5088x+25,558**	0,99		
AFR4	T	planta <sup>-1</sup>	-41,12x+23,094**	0,87		
ASR6	N	planta <sup>-1</sup>	-0,2005x+9,9037**	0,96		
AFR6	T	planta <sup>-1</sup>	-0,412x6x+20,331**	0,82		
AFR6	S	planta <sup>-1</sup>	-0,2006x+9,9066**	0,96		
AFR7	N	planta <sup>-1</sup>	-0,492x+18,576**	0,96		
AFR7	T	planta <sup>-1</sup>	-0,2313x+11,6**	0,87		
AFR7	T	planta <sup>-1</sup>	-0,1115x+6,5615**	0,99		

\* Época: N = normal; T = tardia; S = safrinha

Anexo D. Equações de regressões, coeficientes de determinação, pontos críticos e máximos (plantas m<sup>-1</sup>), relativos ao fator densidade das análises estatísticas individuais, para as características agronômicas.

Variável	E <sup>1</sup>	Unidade	Equação: y =	R <sup>2</sup> (%)	Ponto Crítico	$\hat{y}$
Altura final de plantas	N	no.	$-0,0572x^2 + 2,8645x + 50,978^{**}$	1,00	25,04 máx	86,84
Altura final de plantas	T	no.	$0,465x + 53,763^{**}$	0,99		
Altura final de plantas	S	no.	$0,4244x + 38,589^{**}$	0,99		
Número de nós final	T	no.	$-0,0062x + 3,5086^*$	0,99		
Número de nós final	S	no.	$-0,0055x + 3,2601^*$	0,89		
No. de ramificações	N	no.	$-0,0282x + 2,1077^{**}$	0,96		
No. de ramificações	T	no.	$-0,0315x + 2,265^{**}$	0,99		
No. de ramificações	S	no.	$-0,0381x + 1,8418^{**}$	0,93		
No. total de vagens d12	N	no.	$0,0223x^2 - 1,0236x + 17,1^{**}$	1,00	22,23 min.	4,51
No. total de vagens d17	N	no.	$0,009x^2 - 0,4403x + 11,426^*$	1,00	24,46 min.	7,65
No. total de vagens	T	no.	$-0,1517x + 9,5666^{**}$	0,99		
No. total de vagens	S	no.	$-0,0694x + 5,6628^{**}$	0,99		
No. total de grãos d. 12	N	no.	$0,0275x^2 - 1,295x + 22,3^{**}$	1,00	23,54 min	37,54
No. total de grãos d.17	N	no.	$-0,11x + 10,167^{**}$	0,88		
No. total de grãos d.19	N	no.	$-0,07x + 9,8^*$	0,65		
No. total de grãos	T	no.	$-0,2023x + 12,633^{**}$	0,98		
No. total de grãos	S	no.	$-0,1064x + 8,1073^{**}$	0,97		
Massa de 1000 grãos	T	g	$-0,3211x - 137,63^*$	0,74		
Rendimento	S	kg ha <sup>-1</sup>	$9,9283x + 812,61$	0,80		

<sup>1</sup> Época: N = normal; T = tardia; S = safrinha

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERINI, J. L.; MATSUMOTO, M. N.; ZUFFO, N. L. Cultivares de soja para os Estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1. Piracicaba, 1991. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1992. p. 89 – 108.
- ALMEIDA, L. A. Correlações fenotípicas e de ambiente, efeitos diretos e indiretos em variedades de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Viçosa, 1979. 44p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.
- BARNI, N. A.; BERGAMASCHI, H. Alguns princípios técnicos para a semeadura. In: MIYASAKA, S; MEDINA, J. L. **A soja no Brasil**. Campinas: S. Miyasaka; J.C. Medina, 1981. p. 476 - 480.
- BARNI, N. A.; GOMES, J. E. S.; GONÇALVES, J. C. Efeito da época de semeadura, espaçamento e população de plantas sobre o desempenho da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em solo hidromórfico. **Agronomia Sulriograndense**, v.21,n. 2, p. 245 – 296, 1985.

- BASTIDAS, R.G.; CAMARGO, L.H.M.; LONDOÑO, J.F.V.; BUITARGO, L. A.; DAVIS, F. Efecto de la densidad de población sobre algunas características agronómicas e fisiológicas de três genotipos de soya, bajo condiciones tropicales. **Fitotecnia Latinoamericana**, n. 8, p. 37-43, 1973.
- BATAGLIA, O. C.; MASCARENHAS, H. A. A. **Absorção de nutrientes pela soja**. Campinas: Instituto Agronômico, 1977. 36p. (IAC. Boletim Técnico, 41).
- BATAGLIA, O. C.; MASCARENHAS, H. A. A.; TEIXEIRA, J. P. F; TISSELI FILHO, O. Acúmulo de matéria seca e nutrientes, em soja cultivar Santa Rosa. **Bragantia**, v. 35, n. 21, p. 237 – 247, 1976.
- BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas (noções básicas). Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.
- BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; WESTPHALEM, S. L. Épocas de semeadura de soja no Rio Grande do Sul: avaliação e interpretação dos ensaios ecológicos de soja. **Ipagro Informa**, n. 18, p. 7-14, set. 1977.
- BERLATO, M. A. Bioclimatologia da soja. In: MIYASAKA S.; MEDINA, J. C. (Ed.) **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, 1981. p. 175-184.
- BERLATO, M. A.; BERGAMASCHI, H. Consumo de água da soja: I. Evapotranspiração estacional em ótimas condições de disponibilidade de água no solo. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISAS DE SOJA, 1., Londrina, 1978. **Anais**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo. 1978. v.1, p. 53 – 58.

BERLATO, M. A.; MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H. Evapotranspiração máxima da soja e relações com a evapotranspiração calculada pelo método de penman, evaporação do tanque “classe A” e radiação solar global. **Agronomia Sulriograndense**, n. 22, p. 251 – 259, 1986.

BHÉRING, M. C. Influência de épocas de plantio sobre algumas características agrônômicas e qualidade das sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Viçosa, 1989. 57p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

BLACKMAN, V.H. The compound interest law and plant growth. **Annals of Botany**, v. 33, p. 353 - 360, 1919.

BLAD, B. L.; BAKER, D. G. Orientation and distribution of leaves within soybean canopies. **Agronomy Journal**, v. 64, p. 26 – 29, 1972.

BOARD, J.E.; HAVILLE, B.G. Growth dynamics during the vegetative period affects yield of narrow-row, late-planted soybean. **Agronomy Journal**, v.88, p.567-572, 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: LANARV, SNDA, 1992. 365p.

BRIGGS, G. E.; KIDD, F.A.; WEST, C. A quantitative analysis of plant growth. Part I. **Annals of Applied Biology**, v.7, p. 103-23, 1920a.

BRIGGS, G. E.; KIDD, F. A & WEST, C. A quantitative analysis of plant growth. Part II. **Annals of Applied Biology**, v.7, p. 202-23, 1920b.

- BRIGGS, G. E.; KIDD, F. A.; WEST, C. Methods in the quantitative analysis of plant growth – a reply to criticism. **Annals of Applied Biology**, v. 7, p. 403 – 403, 1920c.
- BUENO, L. C. S.; SEDIYAMA, C. S.; VIEIRA, C. Efeitos de espaçamento, densidade e época de plantio sobre duas variedades de soja. **Experientiae**, v.20, n.10, p. 263 – 287, nov. 1975.
- BUTTERY, B. R. Effects of variation in leaf area index on growth of mayze and soybeans. **Crop Science**, v. 10, p. 9 -13, 1970.
- BUTTERY; B. R. ; BUZZELL, R. I. Some differences between soybean cultivars observed by growth analysis. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 52, n.1, p. 13-20, 1972.
- BUTTERY, B. R. Analysis of the growth of soybeans as affected by plant population and fertilizer. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 49, p. 675 - 684, 1974.
- BUZZELL, R. I.; BUTTERY; B. R. Soybean harvest index in hill-plos. **Crop Science**, v. 17, n. 6 p. 958 – 970, 1977.
- CALBO, A. G.; SILVA, W. L. C.; TÔRRES, A. C. Comparação de modelos e estratégias para análise de crescimento. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 1 , n. 1 p. 1-7, 1989.
- CÂMARA, G. M. S. Efeito do fotoperíodo e da temperatura no crescimento, florescimento e maturação de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Viçosa, 1991. 266p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa.

- CÂMARA, G. M. S. Ecofisiologia da cultura da soja. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1. Piracicaba, 1991. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1992. p. 129 - 142.
- CÂMARA, G. M. S. Ecofisiologia da soja e rendimento. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba: ESALQ, Depto. de Agricultura, 1998a. p. 256 – 275.
- CÂMARA, G. M. S. Fenologia da soja. **Informações Agronômicas**, n. 82, p. 1–6, jun. 1998b.
- CÂMARA, G. M. S. Origem, difusão geográfica e importância da soja. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba: ESALQ, Depto. de Agricultura, 1998c. p.1 – 25.
- CÂMARA, G. M. S.; PIEDADE, S. M. S.; MONTEIRO, J. H.; GUERZONI, R. A. Desempenho vegetativo e produtivo de cultivares e linhagens de soja de ciclo precoce no município de Piracicaba - SP. **Scientia Agricola**, v. 55, n.3, p. 403-412, set./dez. 1998.
- CAMARGO, A. C. de. Efeitos do ácido giberélico no crescimento invernal de dois cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.), sob condições de casa de vegetação. Rio Claro, 1992. 180p. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”.
- CAMARGO, M. B. P. Exigências bioclimáticas e estimativa da produtividade para quatro cultivares de soja no Estado de São Paulo. Piracicaba, 1984. 96 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” , Universidade de São Paulo.

- CARRARO, I. M.; SEDIYAMA, C. S.; ROCHA, A.; BAIRRÃO, J. F. M. Efeito da época de semeadura sobre altura e rendimento de doze cultivares de soja em Cascavel, PR. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 3., Campinas, SP. **Anais**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1984. p.70 – 81.
- CASTRO, P. R. C. Efeitos de reguladores de crescimento em soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Piracicaba, 1980. 173p. Tese (Livre docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- CASTRO, P. R. C.; BERGAMASHI, H.; SILVEIRA, J. A. G.; MARTINS, P. F. S. Desenvolvimento comparado de três cultivares de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, v.41, p. 555-84. 1984.
- COOPER, R. L. Influence of soybeans production practices on longing and seed yield in highly productive environments. **Agronomy Journal**, v. 63, p.490-493, 1971.
- COSTA, J. A. **Cultura da soja**. Porto Alegre; I. Manica; J.A. Costa. 1996. 233 p.
- COSTA, N. P.; PENDLETON, J. W. Estudo de população de plantas e espaçamento em diversos genótipos de soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1., Londrina, PR. **Anais**: Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1979. v. 1, p. 67 – 77.
- COSTA, N. P.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; CABRAL, N. T.; MENDES, M. C. Efeito da época de semeadura sobre a qualidade fisiológica de semente de soja no Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 17, n. 1, p. 107 – 112, 1995.



- DEMUNER, A. M. Influência da época de semeadura, espaçamento e população de plantas, em regime de irrigação suplementar ou de sequeiro, sobre a cultura da soja. Viçosa, 1988. 65p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa.
- DOMINGUEZ, C.; HUME, D. J. Flowering abortion and yield of early maturing soybeans at three densities. **Agronomy Journal**, v. 70, p. 801-804, 1978.
- DONALD, C.M. Competition among crop and pasture plants. **Advances in Agronomy**, v.15, p.1-118, 1963.
- DONALD, C.M.; HAMBLLIN. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. **Advances in Agronomy**, v.28, p.361-405, 1976.
- DORNOHOFF, G. M.; SHIBLES, R. M. varietal differences in net photosynthesis of soybean leaves. **Crop Science**, v. 10, p. 42 – 45, 1970.
- DUNCAN, W. G. The relationship between population and yield. **Agronomy Journal**, v. 50, p. 82 – 84, 1958.
- DUNCAN, W. G. A theory to explain the relationship between corn population and grain yield. **Crop Science**, v. 24, p. 1141 – 1145, 1984.
- DUNCAN, W.G.; McCLOUD, D.E.; McGRAW, R.L.; BOOT, K.J. Physiological aspects of peanut yield improvement. **Crop Science**, v.18, p.1015-1020, 1978.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 1994/95.** Cascavel: OCEPAR; EMBRAPA, CNPSo, 1994. 140p. (OCEPAR. Boletim Técnico, 36).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na Região Central do Brasil 1996/97.** Londrina, 1996. 149p. (EMBRAPA.CNPSo. Documentos, 88).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na Região Central do Brasil 1997/98.** Londrina, 1997. 171p. (EMBRAPA.CNPSo. Documentos, 106).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na Região Central do Brasil 1998/99.** Londrina, 1998. 182p. (EMBRAPA.CNPSo. Documentos, 120).

FAO. **El cultivo de la soja en los trópicos:** mejoramiento y produccion. Roma, 1995. 254 p.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development.** Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11p.

FONTES, L. A. N.; OHLROGGE, A. J. Influence of seed size and populations on yield and other characteristics of soybean (*glycine max* (L.) Merrill). **Agronomy Journal**, v. 64, n. 6, p. 833 – 836, 1972.

GARCIA, A. Estudo do índice de colheita e de outras características agronômicas de dez cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e de suas correlações com a produção de grãos, em duas épocas de semeadura. Viçosa, 1979. 76 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

GARCIA, A. Manejo da cultura da soja para alta produtividade. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., Piracicaba, 1991. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1992. p. 213 - 235.

GARCIA, A.; KIIHL, R. A. S.; GAUDÊNCIO, C. A.; QUEIROZ, E. F. Práticas culturais para maximizar o aproveitamento dos fatores climáticos. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de soja 1980/81**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1981. p.55 – 65.

GASTAL, M. F. C.; VERNETTI, F. J. Correlação da produção com características morfológicas em soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, I, Londrina, 1978. **Anais**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo. 1978, v. 1, p.82 – 83.

- GAUDÊNCIO, C. A.; GARCIA, A.; QUEIROZ, E. F.; ROESSING, A. C. Época de semeadura de soja e de trigo. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de soja 1982/83**. Londrina: EMBRAPA/CNPSo, 1983. p.112 – 115.
- GAUDÊNCIO, C. A. A.; GAZZIERO, D. L. P.; JASTER, F.; GARCIA, A.; WOBETO, C. População do plantas de soja no sistema de semeadura direta para o Centro-Sul do Estado do Paraná. **Comunicado Técnico do Centro Nacional de Pesquisa de Soja**, n. 47, p. 1 – 4, set. 1990.
- GAZZONI, D. L. Avaliação do efeito de três níveis de desfolhamento aplicado em quatro estádios de crescimento de dois cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sobre a produção e a qualidade do grão. Porto Alegre, 1974. 70p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- GAZZONI, D. L.; MINOR, H. C. Efeito de três níveis de desfolhamento em quatro estádios de desenvolvimento sobre a produção e qualidade de grãos de duas variedades de soja. In: REUNIÃO CONJUNTA DE PESQUISA DE SOJA, 2., Porto Alegre, 1974. s.n.t.n.p.
- GILIOLI, J. L. Herança do número de dias para a floração e maturação, em quatro mutantes naturais em soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Viçosa, 1979. 42 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.
- GILIOLI, J. L.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S. **Aspecto sobre o melhoramento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1980. 20p. (Série Miscelânea, 1).

- GILIOLI, J. L.; PALVDZYSYN FILHO, E.; ALMEIDA, L. A. Efeito da interação da densidade de semeadura e adubação fosfatada sobre algumas características agronômicas da soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1., Londrina, 1978. **Anais**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo. 1978. v. 1, p.82-83.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 12. ed. São Paulo: Nobel, 1987. 467 p.
- HAMMOND, L. C; KIRKHAM, D. Growth curves of soybeans and corn. **Journal of the American Society Agronomy**, v. 41, p. 23 –29, 1949.
- HANWAY, J. J.; WEBER, C. R. Dry matter accumulation in eight soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties. **Agronomy Journal**, v. 63, p. 227 – 230, 1971a.
- HANWAY, J. J.; WEBER, C. R. Dry matter accumulation in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plants as influenced by N, P and K fertilization. **Agronomy Journal**, v. 63, p. 263 – 266. 1971b.
- HARTWIG, E. E.; EDWARDS, C. J. Effects of morphological characteristics upon seed yield in soybeans. **Agronomy Journal**, v. 62, p. 64 – 65, 1970.
- HENDERSON, J. B. KAMPRATH, E. J. **Nutrient and dry matter accumulation by soybeans**. Raleigh: North Carolina. Agriculture Experiment. Station, 1970. 27p. (Technical Bulletin, 197).
- HICKS, D. R.; PENDLETON, J. W.; BERNARD, R. L.; JOHNSTON, T. J. Response of soybean plant types to planting patterns. **Agronomy Journal**, v. 61, p. 290-293, 1969.

- HOGGARD, A. L.; SHANNON, J. G.; JOHNSON, D. R. Effect of plant population on yield and height characteristics in determinate soybeans. **Agronomy Journal**, v. 70, p. 1070-1072, 1978.
- HOLLIDAY, R. Plant population and crop yield. **Nature**, V.186, P.22-24, 1960.
- HUME, D. J.; TANNER, J. W.; CRISWELL, J. G. Effects of environment on response of soybean to TIBA. **Crop Science**, v. 12, p. 293 – 294, 1972.
- HUNT, R. **Plant growth curves; the functional approach to plant growth analysis**. London: Edward Arnold, 1982. 248p.
- JOHNSON, B. J.; HARRIS, H. B. Influence of plant population on yield and other characteristics of soybeans. **Agronomy Journal**, v. 57, p. 447-449, 1967.
- JOHNSON, D. R.; MAJOR, D. J. Harvest Index of soybeans as affected by planting date and maturity rating. **Agronomy Journal**, v. 71, p.538 – 541, 1979.
- JOHNSON, R. E. Comparison of methods for estimating cotton leaf area. **Agronomy Journal**, v. 59, p. 493 – 494, 1967.
- KASTER, M.; MENOSSO, O. G. Cultivares de soja para o Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., Piracicaba, 1991. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1992. p. 119 - 128.

- KIIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A. Situação atual e perspectivas do melhoramento genético da soja no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., Piracicaba, 1991. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1992. p. 38 - 40.
- KIIHL, R. A. S.; GARCIA, A. The use of the long-juvenile trait in breeding soybean cultivars. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 4., Buenos Aires, 1989. **Proceedings**. Buenos Aires: World Soybean Research Conference, 1989. p.994 – 1000.
- KLAR, A. V.; CATANEO, A.; DENADAI, I. M. A.; GISHIFU, M. T. Os efeitos da água, da densidade e da época de plantio sobre uma cultura de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Científica**, v. 14, n. 1/2, p. 115-128, 1986.
- KOLLER, H. R. Analysis of growth within distinct strata of the soybean community. **Crop Science**, v. 11, p. 400 – 402, 1971.
- KOLLER, H. R. Leaf area–leaf weight relationships in the soybean canopy. **Crop Science**, v. 12, p. 180 – 183, 1972.
- KOLLER, H. R.; NYQUIST, W. E.; CHORUSH, I. S. Growth analysis of the soybean community. **Crop Science**, v. 10, p. 407 – 412, 1986.
- LEOPOLD, A. C.; KRIEDMAN, P. E. **Plant growth and development**. New York: McGraw-Hill, 1978. 545p.
- LUCCHESI, A. A. Utilização prática da análise quantitativa do crescimento vegetal. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, v.42, p.401-428, 1985.

- MACHADO, E. C.; PEREIRA, A. R.; FAHL, J. L., ARRUDA, H. V.; TEIXEIRA, J. P. F. Análise quantitativa de crescimento de quatro variedades de milho em três densidades. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, n. 6, p, 825 – 833, jun. 1982.
- MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1985. v.1, p.333 - 350.
- MAJOR, D. J.; JOHNSON, D. R.; LUEDDERS, V. D. Evaluation of eleven thermal unit methods for predicting soybean development. **Crop Science**, v.15, p. 172 – 174, 1975a.
- MAJOR, D. J.; JOHNSON, D. R.; TANNER, J. W.; ANDERSON, I. C. Effects of daylength and temperature on soybean development. **Crop Science**, v. 15, p. 174 – 179, 1975b.
- MARCHIORI, L. F. S. Desempenho vegetativo e produtivo de três cultivares de soja em cinco densidades populacionais nas épocas normal e safrinha. Piracicaba, 1998. 55p. Dissertação (Mestrado.) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- MARCOS FILHO, J. **Produção de sementes de soja**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. 86 p.
- MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A. D. L. C. **Características agronômicas e fenologia da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sob influência da época de semeadura**: relatório técnico apresentado ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Piracicaba: ESALQ, 1990. 57p.



- MASCARENHAS, H. A. A. Acúmulo de matéria seca, absorção e distribuição de elementos na soja, durante o seu ciclo vegetativo. Piracicaba, 1972. 100p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T. Soja. In: RAIJ, B van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p.202 – 203. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- MEDINA, P. F. Produção de sementes de cultivares precoces de soja, em diferentes épocas e locais do Estado de São Paulo. Piracicaba, 1994. 173p. Tese (Doutorado)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- MELHORANÇA, A. L.; MESQUITA, A. N. Efeito do espaçamento e épocas de semeadura sobre o rendimento e características agronômicas da soja em Dourados, MS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 5, p. 729-732, maio 1982.
- MIRANDA, M. C. A. Cultivares de soja para os Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., Piracicaba, 1991. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1992. p. 109 - 118.
- MIRANDA, M. A C. de; MASCARENHAS, H. A. **A Soja**. In: PEDRO JÚNIOR, M.J.; BULISANI, E.A.; POMMER, C.V. et al . **Instruções Agrícolas para o Estado de São Paulo**. 3. ed. Campinas: IAC. 1986. p.192-193. (IAC. Boletim, 200).

- MIRANDA, M. A. C.; DIEHL, S. R. L.; INTERLICHE, P. H. **Soja: recomendações de cultivares e épocas de plantio para o Estado de São Paulo – ano agrícola 1994/95**. Campinas: CATI, 1994. 4p. (CATI.Comunicado Técnico, 120).
- MULLER, L. Fisiologia. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. L. **A soja no Brasil**. Campinas: S. Miyasaka; J. L. Medina, 1981. p.109 – 129.
- MUNERA, S. A. E.; BASTIDAS, R. G. Estudio de distancias y densidades de siembra de cinco lineas o variedades de soja, *Glycine max* (L.) Merrill. **Acta Agronomica**, v. 35, n. 4, p. 21-34, oct./ dic. 1985.
- NAKAGAWA, J.; MACHADO, J. R.; ROSOLEM, C. A. Efeito da densidade de plantas e da época de semeadura na produção e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 8, n. 3, p. 99-112, 1986a.
- NAKAGAWA, J.; MACHADO, J. R.; ROSOLEM, C. A. Efeito da densidade de plantas no comportamento de cultivares de soja. **Científica**, v.15, n.1/2, p.23 – 36, 1987.
- NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R. Épocas de semeadura de soja. I. Efeitos na produção de grãos e nos componentes da produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 11, p. 1187-1198, set. 1983.
- NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R. Efeito da densidade de plantas sobre o comportamento de dois cultivares de soja. **Revista de Agricultura**, v. 61, n. 3, p. 277-290, dez. 1986b.

- NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R. Efeito da densidade de plantas no comportamento de cultivares de soja, em duas épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n. 9, p. 1003-1014, set. 1988.
- NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R. Efeito da época de semeadura sobre o tamanho e o peso de cem sementes de soja. **Científica**, v. 19, n. 1, p. 143 – 150, 1991.
- NOGUEIRA, S. S. S.; HAAG, P. H.; CARELLI, M. L. C.; FAHL, J. I.; MAEDA, J. A. Variação dos componentes da produção de dois cultivares de soja, UFV-1 e IAC-7, em função da época de semeadura. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, v. 41, n. 1, p. 141 – 153, 1984.
- OJIMA, M.; FUKUI, J. Studies on the seed production of soybean. 3. An analytical study of dry matter production in the soybean plant community. **Crop Science**, v. 34, p. 448 – 452, 1966.
- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440p.
- PANIZZI, A.R. Manejo integrado de pragas da soja no Brasil. In: CROCOMO, W.B. (Ed.). **Manejo integrado de pragas**. São Paulo: UNESP, 1990. cap.15, p.293-321.
- PASCALE, A. J.; VILLEGAS, J. A.; MEDINA, L. F. Aptitude agroclimática del Noroeste Argentino para el cultivo de la soja. **Revista Agronomica del Noroeste Argentino**, v. 33, n. 3/4, p. 173-203. 1973.

- PEDRO JUNIOR, M. J.; MASCARENHAS, H. A. A.; TISSELI FILHO, O.; ANDELOCCI, L. A. Análise de crescimento em soja. *Turrialba*, v. 35, n. 4, p. 323 – 327, 1985.
- PEIXOTO, C. P. Comparação de cinco métodos de estimativa da área foliar do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 5., Lavras. 1995. **Anais**. Lavras: I C. Carvalho Júnior; L.E. Silva, 1995. p.92.
- PENDLETON, J.W.; HARTWIG, E.E. Management. In: CALDWELL, B.E. (Ed.) **Soybeans: improvement, production and uses**. Madison: American Society of Agronomy, 1973. p. 211-238.
- PEREIRA, A. R. Competição intra-específica entre plantas cultivadas. **O Agrônomo**, v. 41, n. 1. 5-11, 1989.
- PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de vegetais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1987. **Boletim Técnico**, 33p. (IAC. Boletim Técnico, 114).
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo (Transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.
- QUEIROZ, E. F. Efeito de época de plantio e população sobre o rendimento e outras características agrônômicas de quatro cultivares de soja. Porto Alegre, 1975. 109 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia., Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

- QUEIROZ, E. F. Quantificação do efeito da oferta hídrica sobre a resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à época de plantio da região Norte do Paraná. Piracicaba, 1988. 312 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- QUEIROZ, E. F.; TORRES, E.; GARCIA, A.; VAL, W. M. C.; GRODSKI, L.; ALMEIDA, C. A. Ensaio Nacional de Ecologia - Londrina e Ponta Grossa – PR. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de soja 1978/79**. Londrina, 1979. p.40 – 49.
- RADFORD, P. J. Growth analysis formulae – their use and abuse. **Crop Science**, v. 7, p. 171 – 175, 1967.
- REIS, G. G.; MULLER, M. W. **Análise de crescimento de plantas mensuração do crescimento**. Belém: CPATU, 1979. 35p.
- REIS, M. S.; VIEIRA, C.; ANDRADE, A. M. S.; SEDIYAMA, T. Efeitos do espaçamento e da densidade de plantio sobre a variedade de soja UFV-1 no Triângulo Mineiro. **Revista Ceres**, v.24, n.134, p.412 – 419, 1977.
- REMUSSI, C.; SAUMELL, H.; GUTIÉRREZ, H. Influencia de la densidad de siembra en soya sobre el rendimiento e sus componentes. **Revista de la Facultad Agronomia Veterinaria de la Universidad del Buenos Aires**, n. 19, p. 99-107, 1971.
- RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G. O. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1994. 20p. (Special Report, 53).

- ROCHA, V. S.; OLIVEIRA, A. B.; SEDIYAMA, T.; GOMES, J. L. L.; SEDIYAMA, C. S.; PEREIRA, M. G. **A qualidade da semente de soja**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1984. 76 p. (UFV.Boletim, 188).
- ROSOLEM, C. A.; SILVÉRIO, J. C. O.; NAKAGAWA, J. Densidade de plantas na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 9, p. 977-984, set.1983.
- SANCHES, A. L.; YUYAMA, K. Época de plantio na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivares Santa Rosa e Viçoja em Jaboticabal, SP. **Cientifica**, v. 7, n. 2, p. 225-234, 1979.
- SCOTT, H. D.; BATCHELOR, J. T. Dry weight na leaf area production rates of irrigated determinate soybeans. **Agronomy Journal**, v. 71, p. 776 – 782, 1979.
- SEDIYAMA, C.S.; VIEIRA, C.; SEDIYAMA, T.; CARDOSO, A. A.; ESTEVÃO, H. H. Influência do retardamento da colheita sobre a deiscência das vagens e sobre a qualidade e poder germinativo das sementes de soja. **Experientiae**, v. 14, n. 5, p. 117-141, 1972.
- SEDIYAMA, T. Melhoramento de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) na Universidade Federal de Viçosa. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., Piracicaba, 1991. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1992. p. 82 – 88.
- SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da soja: I parte**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1985. 96p.

- SHIBLES, R. M.; WEBER, C. R. Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybeans. **Crop Science**, v. 5, p. 575 – 577, 1965.
- SHIBLES, R. M.; WEBER, C. R. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. **Crop Science**, v. 6, p. 55 – 59, 1966.
- SHIBLES, R. M.; ANDERSON, I. C.; GIBSON, A. H. Soybean. In: EVANS, L. T. **Crop Physiology**. London: Cambridge University Press, 1975. p. 151 – 189.
- SOSA-GOMÉS, D.R.; TAKASHI, C.Y.; MOSCARDI, F. Determinação de sinergismo e suscetibilidade diferencial de *Nezara viridula* (L.) e *Euschistus heros* (F.) ( *Heteroptera: Pentatomidae*) a inseticida em misturas com cloreto de sódio. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.22, n.3, p.569-576. 1993.
- TOLEDO, J. F. F.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; CARRÃO – PANIZZI, M. C.; KASTER, M.; MIRANDA, L. C.; MENOSSO, O. G. Genetics and breeding. In: BRAZILIAN AGRICULTURAL RESEARCH ENTERPRISE. National Soybean Research Center. **Tropical soybean: improvement and production**. Rome: FAO, 1994. p.19 – 36 (Plant Production and Protection Series, 27).
- TRAGNAGO, J. L.; BONETTI, L. P. Diferentes épocas de semeadura no rendimento e outras características de alguns cultivares de soja no Rio Grande do Sul. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 3., Campinas, 1984. **Anais**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1984. p. 57-69.

- URBEN FILHO, G.; SOUZA, P. I. M. Manejo da cultura da soja sob cerrado. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I.M. **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.267-298.
- VAL, W. M. C.; BRANDÃO, S. S.; GALVÃO, J. D.; GOMES, F. R. Efeito do espaçamento entre fileiras e da densidade na fileira sobre a produção de grãos e outras características agrônômicas da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Experientiae**, v.12, n.12, p. 431 – 475, dez. 1971.
- VELLO, N. A. Métodos de melhoramento de soja. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., Piracicaba, 1991. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1992. p. 41 - 59.
- VERNETTI, F. J. (Coord.). **Soja**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. v.1, 124p.
- WATSON, D. J. The physiological basis of variation in yield. **Advances in Agronomy**, v. 4, p. 101 – 145, 1952.
- WATSON, D. J. The dependence of net assimilation rate on leaf-area index. **Annals of Botany**, v. 22, p. 38 –54, 1958.
- WEBER, C. R.; SHIBLES, R. M.; BYTH, D. E. Effect of plant population and row spacing on soybean development and production. **Agronomy Journal**, v.58, p. 99 – 102, 1966.



## **APÊNDICES**

Apêndice 1. Valores dos quadrados médios para as variáveis analisadas e relativas a época de semeadura normal.

Fontes da variação	GL	Variáveis						
		AFP	NNF	NR	NTV	NTG	M1000	REND
Bloco	2	133,20	0,03	0,06	1,18	1,62	220,47	1173400,84
Cultivar (C)	2	427,69*	0,06**	1,38**	0,08	3,50*	2345,32**	711855,15*
Densidade (D)	2	396,37*	0,00	0,74*	7,47**	15,75**	17,63	84051,29
C * D	4	11,52	0,01	0,20	2,80**	4,52**	15,47	234751,76
Resíduo	16	18,86	0,01	0,15	0,24	0,57	30,88	165155,48

Apêndice 2. Valores dos quadrados médios para as variáveis analisadas e relativas a época de semeadura tardia.

Fontes da variação	GL	Variáveis						
		AFP	NNF	NR	NTV	NTG	M1000	REND
Bloco	2	10,74	0,00	0,03	0,34	0,01	170,57	389250,61
Cultivar (C)	2	196,75*	0,01	0,02	0,46	5,60*	3755,21**	947554,94
Densidade (D)	2	197,00*	0,02	0,89**	20,88**	37,48**	126,13*	813149,81
C * D	4	14,04	0,00	0,09	0,89	0,98	51,91	459220,26
Resíduo	16	37,50	0,01	0,03	0,56	0,63	25,86	457878,09

Apêndice 3. Valores dos quadrados médios para as variáveis analisadas e relativas a época de semeadura safrinha.

Fontes da variação	GL	Variáveis						
		AFP	NNF	NR	NTV	NTG	M1000	REND
Bloco	2	113,70	0,02	0,12	0,31	0,58	181,15	31431,79
Cultivar (C)	2	1438,42**	0,34**	0,59	0,50	1,41	2073,12**	1684973,61**
Densidade (D)	2	162,23*	0,03	1,40*	4,38**	10,39**	4,13	109706,59
C * D	4	22,23	0,01	0,11	0,10	0,35	27,25	39981,71
Resíduo	16	33,24	0,01	0,24	0,44	0,87	15,04	36576,92

Apêndice 4. Valores dos quadrados médios para as variáveis analisadas e relativas a época de semeadura normal.

Fontes da variação	GL	Variáveis							
		MSR2	MSR4	MSR6	MSR7	AFR2	AFR4	AFR6	AFR7
Cultivar (C)	2	10,20	19,03	66,00	197,19	67,84*	78,69	2,84	50,64*
Densidade (D)	2	189,42**	533,78*	3253,45**	3415,43**	73,76*	233,10*	419,68*	226,76**
C x D	4	63,61	34,46	137,12	79,89	37,64	5,97	13,41	21,34
Bloco	2	67,52	59,38	187,36	177,50	25,27	80,48	15,86	3,16
Resíduo	16	114,57	25,20	169,88	91,47	19,05	22,34	55,54	8,16

Apêndice 5. Valores dos quadrados médios para as variáveis analisadas e relativas a época de semeadura tardia.

Fontes da variação	GL	Variáveis							
		MSR2	MSR4	MSR6	MSR7	AFR2	AFR4	AFR6	AFR7
Cultivar (C)	2	169,68**	292,22*	117,82*	15,26	79,18**	53,70*	42,43	64,06**
Densidade (D)	2	74,31**	482,12*	1340,44*	2278,56**	52,24**	171,77*	186,28*	55,57**
C x D	4	20,44**	34,72**	56,57	128,81*	11,87*	20,24	4,63	9,12
Bloco	2	0,94	4,69	19,42	10,59	9,37	7,21	1,61	2,41
Resíduo	16	2,16	4,93	23,83	38,20	3,07	10,49	12,08	4,70

Apêndice 6. Valores dos quadrados médios para as variáveis analisadas e relativas a época de semeadura safrinha.

Fontes da variação	GL	Variáveis							
		MSR2	MSR4	MSR6	MSR7	AFR2	AFR4	AFR6	AFR7
Cultivar (C)	2	18,70**	63,75**	35,18**	3,35	28,28**	55,24*	27,91*	4,79
Densidade (D)	2	11,13**	25,39**	69,64**	94,49*	16,86**	26,37	37,80*	11,21**
C x D	4	6,28**	4,72	30,28**	9,23	7,67**	6,86	8,80	1,11
Bloco	2	3,93	14,98	11,87	29,66	6,88	16,53	6,84	9,90
Resíduo	16	0,87	4,06	7,46	7,14	1,32	8,50	3,34	1,32