

SILVIO ALEXSANDRO KRINSKI

ARRANJOS ESPACIAIS PARA O FEIJOEIRO EM SEMEADURA DIRETA

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná; como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Dr. Pedro Ronzelli Júnior

CURITIBA

2001

Catálogo na Fonte
Coordenação de Processos Técnicos do Sistema de Bibliotecas da UFPR

Krinski, Silvio Alexsandro

**Arranjos espaciais para o feijoeiro em semeadura direta /
Silvio Alexsandro Krinski. – 2001.**

57 f. : tabs. ; 30cm

Orientador: Pedro Ronzelli Júnior

**Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná,
Setor de Ciências Agrárias.**

**1. Feijão – Semeadura. 2. Feijão - Espaçamento. I. Ronzelli
Júnior, Pedro. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de
Ciências Agrárias. III. Título.**

CDD 633.372

CDU 631.543.8



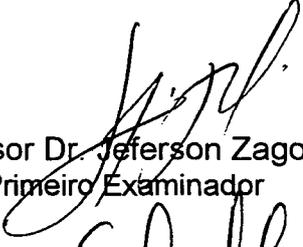
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
PRODUÇÃO VEGETAL

PARECER

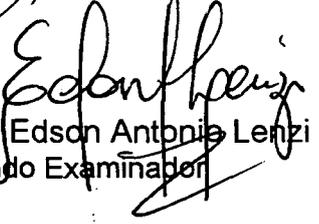
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de MESTRADO, apresentada pelo candidato **SILVIO ALEXSANDRO KRINSKI**, sob o título "**ARRANJOS ESPACIAIS PARA O FEIJOEIRO EM SEMEADURA DIRETA**", para obtenção do grau de Mestre em Ciências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação.

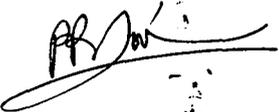
Curitiba, 12 de Novembro de 2001.



Professor Dr. Jeferson Zagonel
Primeiro Examinador



Professor Dr. Edson Antonio Lenzi
Segundo Examinador



Professor Dr. Pedro Ronzelli Júnior
Presidente da Banca e Orientador

A aqueles em que me inspiro, meus pais, SILVIO e MARIA INÊS KRINSKI pela educação e exemplo de vida.

AGRADECIMENTOS

A DEUS e a todos aqueles que ao lerem este trabalho sabem que ele é composto, também, por seus esforços, incentivos e alegrias. Em especial a um verdadeiro amigo e ao meu brioso orientador.

A mim coube o prazer e a felicidade de tê-los ao meu lado no momento de criar este trabalho. O meu sincero reconhecimento.

“A evolução é feita passo a passo, dia a dia”

BIOGRAFIA DO AUTOR

SILVIO ALEXSANDRO KRINSKI, filho de Silvio Krinski e Maria Inês Krinski, nasceu no Município de Guarapuava, Estado do Paraná, em 15 de fevereiro de 1974. Concluiu o Ensino Fundamental na Escola Estadual Visconde de Guarapuava e o Ensino Médio no Colégio Agrícola Estadual Arindo Ribeiro, onde formou-se Técnico em Agropecuária com Habilitação Plena em Agropecuária do Ensino de Segundo grau, ambos cursados no município de Guarapuava, PR. Ingressou na Universidade Federal do Paraná, no Curso de Agronomia, no ano de 1995. Recebeu o título de Engenheiro Agrônomo no final do ano de 1999. Pela mesma instituição, em março de 2000, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção e, em março de 2001, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Gestão e Engenharia Ambiental.

Como estagiário trabalhou um total de 3.336 horas. Primeiramente como Técnico Agropecuário na área de Extensão Rural, em 1993, na EMATER/PR - Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural do Paraná e, em 1994, na EPAGRI/SC - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina. Como universitário, em 1995 foi bolsista do Programa de Extensão "Atenção Integral à Criança e ao Adolescente", desenvolvendo atividades de Horticultura e Jardinagem no Centro de Atenção Integral à Criança e ao Adolescente. Em 1996, foi estagiário voluntário no Departamento de Bioquímica do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, trabalhando com Fixação Biológica de Nitrogênio. De 1997 a 2000 foi estagiário no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, desenvolvendo trabalhos de pesquisa com as culturas do feijoeiro, da soja e do milho. Concomitantemente aos trabalhos de pesquisa na UFPR, estagiou na Cooperativa Agropecuária Mista de Guarapuava em 1998, na área de Assistência Técnica e na Empresa Agrária Engenharia e Consultoria S/A, em 1999, desenvolvendo projetos na área de agricultura. No ano de 2000 fez parte do programa de Iniciação Científica da UFPR. Em 2001 atuou como consultor na área de Meio-ambiente.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE QUADROS	ix
LISTA DE ANEXOS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA	4
2.2 SUSTENTABILIDADE E SEMEADURA DIRETA	4
2.3 CULTURA DO FEIJOEIRO	6
2.4 FENOLOGIA	7
2.5 HÁBITO DE CRESCIMENTO DO FEIJOEIRO	8
2.6 PLANTAS DE FEIJÃO DO TIPO II	8
2.7 ESPAÇAMENTO E HÁBITO DE CRESCIMENTO	9
2.8 ESPAÇAMENTO E ANÁLISE ECONÔMICA	10
2.9 ESPAÇAMENTO E MANEJO DE PLANTAS DANINHAS E DOENÇAS	10
2.10 ESPAÇAMENTO E COLHEITA	11
2.11 ARRANJO DE PLANTAS	11
2.12 COMPETIÇÃO ENTRE PLANTAS	12
2.13 PLASTICIDADE	13
2.14 POPULAÇÃO FINAL DE PLANTAS	13
2.15 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	13
2.15.1 Formação de ramos	14
2.15.2 Número médio de nós por planta	14
2.15.3 Número médio de vagens por ramo	15
2.16 COMPONENTES DO RENDIMENTO	15
2.16.1 Número médio de vagens por planta	15
2.16.2 Número médio de grãos por vagem	16
2.16.3 Massa média de grãos	16

2.17	PRODUÇÃO DE GRÃOS POR PLANTA.....	17
2.18	PRODUÇÃO POR ÁREA.....	17
2.19	ÍNDICE DE COLHEITA E ÍNDICE DE COLHEITA APARENTE.....	18
2.20	MATÉRIA SECA TOTAL.....	19
2.21	ÁREA FOLIAR.....	19
3	METODOLOGIA.....	21
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL.....	21
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO SOLO.....	21
3.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	22
3.4	INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1	CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS.....	28
4.2	ESTATURA DA PLANTA.....	29
4.3	DIÂMETRO DO CAULE.....	29
4.4	NÚMERO DE NÓS NA PLANTA.....	30
4.5	NÚMERO DE RAMOS.....	30
4.6	COMPRIMENTO DOS RAMOS.....	32
4.7	NÚMERO DE NÓS COM VAGEM.....	32
4.8	NÚMERO DE VAGENS.....	33
4.9	NÚMERO DE FOLHAS.....	35
4.10	MASSA SECA.....	36
4.11	COMPONENTES DO RENDIMENTO.....	38
4.12	POPULAÇÃO FINAL X POPULAÇÃO INICIAL.....	39
4.13	RENDIMENTO.....	39
4.14	ÍNDICE DE COLHEITA APARENTE.....	40
4.15	ANÁLISE DE CORRELAÇÃO E REGRESSÃO.....	40
5	CONCLUSÕES.....	43
6	REFERENCIAS.....	44

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Estatura da planta do feijoeiro, variedade ‘FT BIONOBRE’, em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001.	29
TABELA 2 – Diâmetro do caule do feijoeiro, variedade ‘FT BIONOBRE’, em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001.	30
TABELA 3 – Número de nós do caule e dos ramos do feijoeiro, variedade ‘FT BIONOBRE’, em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001	31
TABELA 4 – Número de ramos do feijoeiro, variedade ‘FT BIONOBRE’, em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001.	31
TABELA 5 – Comprimento dos ramos do feijoeiro, variedade ‘FT BIONOBRE’, em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001	32
TABELA 6 – Número de nós com vagens do caule, dos ramos e total no feijoeiro, variedade ‘FT BIONOBRE’, em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001	33
TABELA 7 – Número de vagens do caule, dos ramos e total do feijoeiro, variedade ‘FT BIONOBRE’, em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001	34
TABELA 8 – Número de folhas e área foliar do feijoeiro, variedade ‘FT BIONOBRE’, em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001.....	35
TABELA 9 – Massa seca de caule, ramos, vagens, pecíolos, folhas e total do feijoeiro, variedade ‘FT BIONOBRE’, em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001	37
TABELA 10 – Número médio de vagens, massa média de vagens e número médio de grãos por vagem do feijoeiro, variedade ‘FT BIONOBRE’, em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001.	38
TABELA 11 – População final do feijoeiro, variedade ‘FT BIONOBRE’, em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001.	39

TABELA 12 – Rendimento de grãos do feijoeiro, variedade 'FT BIONOBRE', em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001.....	40
TABELA 13 – Índice de colheita aparente do feijoeiro, variedade 'FT BIONOBRE', em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001	41

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Expansão da área cultivada em sistema de semeadura direta	5
FIGURA 2 – Desenvolvimento da cultura do feijoeiro em sistema de semeadura direta, Palmeira, PR, 2000/2001	25
FIGURA 3 – Representação da parcela do campo experimental e das linhas de avaliações realizadas nos estádio de desenvolvimento R ₆ , R ₇ , R ₈ e R ₉ , Palmeira, PR, 2000/2001	26
FIGURA 4 – Temperatura máxima, mínima e precipitação pluvial nos meses de outubro de 2000 até março de 2001. Os pontos no gráfico, representando os estádios, correspondem a etapa de semeadura e os estádios V ₁ , V ₃ , R ₅ , R ₆ , R ₇ , R ₈ e R ₉ , Estação Experimental do SIMEPAR. Ponta Grossa, PR.	28
FIGURA 5 – Análise de correlação entre as médias do rendimento e espaçamento, Palmeira, PR, 2000/2001.....	42

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Resultados das características químicas do solo da área experimental, Palmeira, PR, 2000/2001.....	22
QUADRO 2 – Resultados das características granulométricas do solo da área experimental, Palmeira, PR, 2000/2001.....	22
QUADRO 3 – Descrição das subparcelas, conforme os estádios de desenvolvimento e parte da planta avaliada, Palmeira, PR, 2000/2001	23

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 – Análise de variância do número médio de vagens, massa média de grãos, número médio de grãos por vagens e índice de colheita aparente, no estágio de desenvolvimento R ₉ , Palmeira, PR, 2000/2001	52
ANEXO 2 – Análise de variância da população final e rendimento no estágio de desenvolvimento R ₉ , Palmeira, PR, 2000/2001.....	52
ANEXO 3 – Análise de variância do número de vagens do caule, ramos e total, número de nós com vagens do caule, ramos e total e massa seca de vagens, nos estágio de desenvolvimento R ₇ , R ₈ e R ₉ , Palmeira, PR, 2000/2001	53
ANEXO 4 – Análise de variância do número de folhas, massa seca das folhas, área foliar e massa seca de pecíolos, nos estágio de desenvolvimento R ₆ , R ₇ , R ₈ e R ₉ , Palmeira, PR, 2000/2001	53
ANEXO 5 – Análise de variância da estatura, diâmetro, número de nós do caule, massa seca de caule e massa seca total, nos estágio de desenvolvimento R ₆ , R ₇ , R ₈ e R ₉ , Palmeira, PR, 2000/2001	54
ANEXO 6 – Análise de variância do número de ramos, comprimento de ramos, número de nós dos ramos e massa seca de ramos, nos estágio de desenvolvimento R ₆ , R ₇ , R ₈ e R ₉ , Palmeira, PR, 2000/2001	54
ANEXO 7 – Análise de correlação das características morfológicas com o rendimento e espaçamento, Palmeira, PR, 2000/2001	55
ANEXO 8 – Análise de correlação dos ramos com vagens, folhas e área foliar, Palmeira, PR, 2000/2001	56
ANEXO 9 – Análise de correlação do rendimento com massa seca, Palmeira, PR, 2000/2001	56
ANEXO 10 – Análise de correlação do espaçamento com o rendimento e seus componentes, Palmeira, PR, 2000/2001	57

RESUMO

Com o objetivo de determinar o arranjo espacial mais adequado para a cultura do feijoeiro, variedade 'FT BIONOBRE', em função das características morfológicas, componentes de rendimento e rendimento de grãos, realizou-se um experimento no Colégio Agrícola Estadual Getúlio Vargas (Palmeira, PR), no período de 08 de novembro de 2000 a 11 de fevereiro de 2001, em sistema de semeadura direta, variando-se os espaçamentos entre fileiras e mantendo-se uma população de 270.000 plantas.ha⁻¹. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro tratamentos (espaçamentos de 0,30 m; 0,40 m; 0,50 m e 0,60 m) e oito repetições, para as avaliações de rendimento e seus componentes, bem como do índice de colheita aparente. Para as demais avaliações, que ocorreram durante o desenvolvimento da cultura, os tratamentos foram formados por parcelas subdivididas nos estádios de desenvolvimento fisiológico R₅, R₆, R₇, R₈ e R₉. As parcelas foram compostas por dez fileiras de semeadura com 5,0 m de comprimento. Para a obtenção da população desejada, procurou-se, mediante o desbaste, manter uma média de 8,1; 10,8; 13,5 e 16,2 plantas.m⁻¹, para os espaçamentos de 0,30 m; 0,40 m; 0,50 m e 0,60 m, respectivamente. Os arranjos espaciais das plantas influenciaram a morfologia do feijoeiro. No menor espaçamento entre linhas de semeadura, a área foliar e a massa seca das diferentes partes das plantas foram menores, com reflexos negativos no número médio de vagens por planta, o único componente do rendimento influenciado pelo arranjo espacial das plantas. No entanto, no menor espaçamento, o espaçamento mais equidistante entre plantas contribuiu para a maior eficiência destas, uma vez que houve maior translocação de fotoassimilados para os grãos, o que resultou em maior índice de colheita aparente e, conseqüentemente, em maior rendimento.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, arranjo espacial, população de plantas, plantio direto

ABSTRACT

A field trial was carried out at Colégio Agrícola Estadual Getúlio Vargas (Palmeira, PR, Brazil) from November, 08th 2000 till February, 02nd 2001. Morphological characteristics, yield components and yield was analyzed in order to determine the most adequate spatial arrangement for dry bean in no-tillage system. The variety used was 'FT BIONOBRE'. Row widths varied, while the population of 270,000 plants.ha⁻¹ was maintained constant. The experimental design used to analyze yield, yield components and harvest index was a randomized complete block, with four treatments (0.30 m, 0.40 m, 0.50 m and 0.60 m) and eight replications. A randomized complete block for width row, with developmental stages R₅, R₆, R₇, R₈ and R₉, split plot on it, was used to evaluate other characteristics that occur during the development of the crop. Plots were formed by ten rows with 5.0 m length. Population was standardized by thinning in the four width rows, in which remained about 8.1; 10.8; 13.5; and 16.2 plants.m⁻¹. Spatial arrangements of plants affected morphological characteristics of dry bean. Lower results of leaf area and dry matter of different parts of plants were observed in the lowest row width. These characteristics contributed to reduce the mean number of pods per plant, which was the only yield component affected by spatial arrangement of plants. However, the lowest row width, in which the plants were distributed equidistantly, contributed to occurrence of more efficient plants. In these plants, more carbohydrates were translocated to grains. Therefore, harvest index and yield was increased.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, spatial arrangement, plant population, no tillage

1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento da agricultura o homem vem modificando o ambiente, em maior ou menor grau, em seu próprio benefício, com a finalidade de produzir alimentos. Uma das principais alterações introduzidas no ecossistema é o cultivo do solo, o qual tem por finalidade preparar o leito da sementeira, incorporar matéria orgânica e fertilizantes e controlar plantas daninhas, insetos e doenças. No Estado do Paraná, na década de 1960, a mecanização foi intensificada, especialmente para a sementeira de pastagens, arroz e trigo. A pecuária explorada de forma extensiva agravou os problemas com a erosão, ocasionando perdas de solo e da sua fertilidade natural. Essa situação acentuou-se no início da década de 1970 quando a soja foi estabelecida em várias fronteiras agrícolas. Diante desse uso agressivo dos recursos naturais, produtores buscando obter aumento no rendimento de suas culturas a um menor impacto ambiental, passaram a utilizar uma agricultura sustentável com manejo conservacionista.

Essa evolução tecnológica resultou no sistema de sementeira direta, um método de cultivo que restringe a movimentação do solo somente na linha de sementeira, mantendo os restos vegetais das culturas anteriores na superfície do solo. Para a sustentabilidade desse sistema é de fundamental importância a rotação de culturas, que além de proporcionar melhor aproveitamento dos recursos ambientais, induz ao estabelecimento de um sistema eficiente de conservação do solo. A cultura do feijoeiro foi acrescentar a este sistema mais uma opção de fabácea para quebrar a sucessão das poáceas.

A cultura do feijoeiro é praticada predominantemente no modelo de agricultura familiar. Todavia, nos últimos anos, a cultura vem ganhando espaço entre os grandes produtores, como mais uma alternativa de renda e para a rotação com o milho. Esses agricultores, com aplicação de melhor tecnologia, conseguem maiores produtividades, podendo atingir, em média, 2.500 kg.ha^{-1} , rendimento este bem acima da produtividade média brasileira que está em torno de 500 kg.ha^{-1} . Apesar da área de sementeira, no Paraná, ter decrescido nos últimos anos, o índice de produtividade têm aumentado, o que revela a utilização de melhores tecnologias de cultivo (42). Um dos maiores responsáveis por essa inovação é o surgimento de novas variedades de porte ereto e mais altas, o que facilita a colheita mecanizada e possibilita o aumento na produção, com o uso de menores espaçamentos entre linhas de plantio e, conseqüentemente, aumento no número de plantas

por unidade de área (27, 69).

Na cultura do feijoeiro a densidade de semeadura é uma das características mais estudadas para variedades de diferentes hábitos de crescimento. São consideradas as interações entre diferentes espaçamentos, entre linhas e números variáveis de plantas por metro, resultando em diferentes populações e arranjos espaciais (27, 69).

Se uma determinada população de plantas pode apresentar vários arranjos espaciais, o seu desenvolvimento morfológico deverá ser diferenciado, melhor adaptando-se ao ambiente de cultivo, o que refletirá no rendimento, então haverá um arranjo de plantas no qual o feijoeiro apresentará o mais satisfatório desenvolvimento morfológico associado a maior produtividade. Assim sendo o objetivo geral desse trabalho foi determinar o arranjo espacial mais adequado para a variedade de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), 'FT BIONOBRE' com hábito de crescimento indeterminado tipo II, em sistema de semeadura direta. Os objetivos específicos foram avaliar o rendimento do feijoeiro e seus componentes e analisar as características morfológicas da planta, em quatro combinações de arranjos espaciais, para uma população de 270.000 plantas.ha⁻¹, no sistema de cultivo em semeadura direta.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O nascimento da civilização ocorreu por volta de 8.500 a.C., quando o homem deixou de seguir as manadas selvagens em suas migrações anuais e aprendeu a domesticar ovelhas e cabras e a cultivar trigo e cevada, fundando as primeiras aldeias na Mesopotâmia. Assim, surgiram os primeiros agricultores e a cultura Suméria. A agricultura era realizada nas planícies aluviais, às margens dos rios Tigre e Eufrates, onde os agricultores faziam furos na terra, com galhos pontudos ou chifres de animais, a fim de colocar as sementes no solo para o seu cultivo. Com o aumento da demanda por cereais, houve a necessidade de cultivar campos cada vez mais distantes das terras úmidas e brandas às margens dos rios. Com o cultivo dos solos mais duros surgiram os primeiros arados, que não passavam de galhos de árvores retorcidos que apenas abriam um sulco no solo. Em torno de 3.000 a.C. surgiram arados mais resistentes, feitos de bronze, que permitiam cultivar áreas mais extensas (71).

Nos primórdios da humanidade o homem adaptou o sistema de cultivo conforme as suas necessidades. Atualmente o homem precisa adaptar o sistema de cultivo para racionalizar e otimizar os recursos disponíveis, tendo em mente a necessidade da conservação do meio ambiente para as gerações futuras (50, 51, 71).

Nas regiões de clima temperado, onde os solos possuem boa fertilidade natural, o principal objetivo do sistema de preparo do solo é interromper o ciclo entre o inverno e a primavera, expondo o solo congelado à ação dos raios solares, para aquecê-lo, ativando sua microvida, eliminando plantas daninhas e criando condições de germinação e desenvolvimento para os cultivos. Além do que, nestas regiões as chuvas são suaves e bem distribuídas ao longo do calendário agrícola, permitindo assim, a infiltração da água e evitando a erosão (50, 51).

Por outro lado, nas regiões situadas entre os paralelos 40° N e 40° S, caracterizadas por clima tropical e sub-tropical, onde as chuvas torrenciais movimentam enormes quantidades de solo e o sol forte “queima” a microvida superficial, os solos são altamente suscetíveis à degradação quando a cobertura vegetal é retirada, devido a grande energia cinética causada pelo impacto das gotas da chuva no solo desnudo. Além do aspecto da desagregação do solo e o transporte de partículas coloidais, poluindo os mananciais, ocorre a formação de crostas superficiais, deixando o solo com uma baixa

capacidade para a infiltração de água e com altos valores de escoamento superficial. Recentemente estimou-se, nestas regiões, as perdas de solo por erosão na ordem de $30 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, com conseqüências danosas para o meio ambiente, refletindo não somente no potencial da unidade produtiva, por sua degradação, como também nos mananciais hídricos que abastecem os centros urbanos (46, 51).

O sistema de exploração agrícola e os equipamentos desenvolvidos para as atividades nas regiões frias não são ecologicamente recomendados para as regiões tropicais e subtropicais. Para estas regiões em particular há maior preocupação de se estabelecer um sistema sustentável, consistindo o sistema de semeadura direta em uma prática conservacionista capaz de reverter a situação de degradação resultante do cultivo convencional (46, 50, 51).

2.1 SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA

O sistema de semeadura direta constitui-se em um modelo de implantação de culturas em solo não revolvido e protegido por cobertura morta proveniente de restos de culturas, coberturas vegetais semeadas para esse fim e de plantas daninhas controladas por métodos químicos combinados. O revolvimento do solo não é nulo, se restringe somente a abertura do sulco de semeadura (18).

As pesquisas concernentes às práticas de semeadura direta foram iniciadas na Estação Experimental de Rothamsted (Inglaterra – 1940) e em Michigan (USA – 1946), sendo, no entanto, testadas em lavouras comerciais de milho somente em 1965. Os resultados satisfatórios obtidos favorecem a evolução e aprimoramento desse novo sistema de implantação de culturas. No Brasil a semeadura direta teve início em lavouras de trigo e soja no Estado do Paraná, em 1971. A partir disso a área cultivada sob sistema de semeadura direta expandiu acentuadamente atingindo hoje mais de 13 milhões de hectares, como pode ser observado na Figura 01 (18).

2.2 SUSTENTABILIDADE E SEMEADURA DIRETA

O sistema de semeadura direta é uma alternativa que viabiliza um modelo de sustentabilidade da agricultura sob os pontos de vista econômico, social e ecológico, tanto para grandes quanto pequenos produtores (17). O conceito de agricultura sustentável

proposto, oficialmente pela FAO [Food Agriculture Organization] em 1991, na conferência SARD [Sustainable Agriculture and Rural Development] é: “A agricultura sustentável é o manejo e a conservação dos recursos naturais e a orientação de mudanças tecnológicas e institucionais, de tal maneira a assegurar a satisfação das necessidades humanas de forma contínua para as gerações presentes e futuras. Tal desenvolvimento sustentável conserva o solo, a água e recursos genéticos animais e vegetais, não degrada o meio ambiente, é tecnicamente apropriada, economicamente viável e socialmente aceitável” (50).

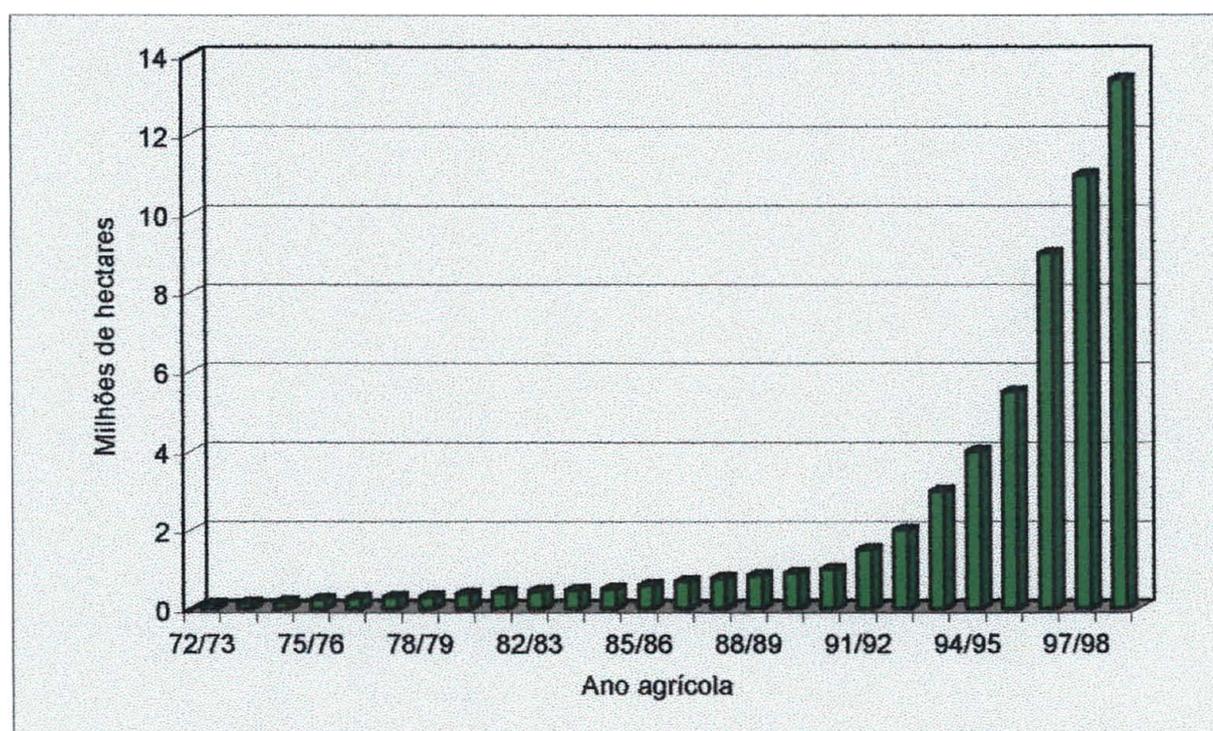


FIGURA 1 – Expansão da área cultivada em sistema de semeadura direta no período de 1972 a 1999.

Fonte: Adaptado de Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha.

O sistema de semeadura direta representa o sistema de cultivo conservacionista mais popular. Protege a superfície do solo do impacto direto das gotas da chuva durante todo o ano. É o caminho da recuperação da estrutura do solo, visto que proporciona uma menor degradação, diminuindo sensivelmente a erosão, em razão da presença da camada morta vegetal e, também, uma forma eficiente de manejar as áreas de pousio sem o uso do fogo. Com o aumento da cobertura do solo há um crescimento da diversidade biológica, formada na decomposição da palha, que contribui para o maior porosidade, favorecendo a

retenção de CO₂ e evitando perdas para a atmosfera, além de acelerar a taxa de infiltração, reduzindo a velocidade e a quantidade de água de escoamento superficial, o que proporciona redução no fluxo de poluentes, como o nitrogênio, para os rios. Estas vantagens ficam mais evidentes com as fortes chuvas de verão, onde fica nítida a diferença na qualidade do material em suspensão transportado em áreas com sistema de semeadura direta e convencional. Entretanto, a maior disponibilidade de água no solo e a redução do escoamento superficial são fatores potenciais para o lixiviamento do NO₃⁻ para camadas mais profundas de solo, transferindo assim, o problema de poluição superficial dos mananciais para uma poluição dos aquíferos subterrâneos (17, 46, 60, 63).

2.3 CULTURA DO FEIJOEIRO

O feijão é o quarto produto agrícola, em área cultivada e volume de produção, no Brasil, ficando atrás apenas do milho, da soja e do arroz. Desempenha papel fundamental na alimentação humana. O grão é utilizado como fonte barata de proteína, cujo teor varia de 16 a 33 %, além de possuir alto conteúdo de carboidratos (60 a 65 %) e de ser rico em ferro. No Brasil, o feijão juntamente com o arroz forma a base alimentar da população, onde o cereal complementa as deficiências nutritivas da leguminosa e vice-versa (18, 26, 24, 36, 38).

No cenário mundial a produção de feijão é de 19,3 milhões de toneladas ano, destacando-se a Índia como o maior produtor, seguida de Brasil, China, EUA e México. De um modo geral a produção desta leguminosa é para atender o consumo interno de cada país, razão pela qual, o comércio internacional é reduzido e instável. No MERCOSUL a produção fica por volta dos 3 milhões de toneladas ano, sendo o Brasil o maior destaque como produtor e consumidor, com uma participação de 92% na produção. A Argentina apresenta-se como segundo maior produtor, sendo que sua produção se destina quase que em totalidade para atender o mercado consumidor brasileiro. No Brasil o Estado do Paraná com um rendimento médio em torno dos 900 kg.ha⁻¹ se destaca historicamente como principal produtor, sendo responsável por 15% da produção nacional (22, 41, 42).

Atualmente, no Paraná, quatro milhões de estabelecimentos utilizam tração animal combinada com tração humana. Essas propriedades caracterizam-se por uma agricultura familiar e o recurso natural disponível é quase sempre limitado, inadequado para a agricultura intensiva. A necessidade de preservação deu origem a projetos de pesquisa conduzidos pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), adaptando o sistema de

semeadura direta para as condições das pequenas propriedades, assim desenvolvendo tecnologias para a viabilização do sistema de semeadura direta com tração animal (15).

As pequenas propriedades são caracterizadas pela elevada demanda de mão-de-obra familiar, concentrada nas fases de preparo de solo, de controle de invasoras (capina) e de colheita, devido uma tecnificação voltada para a auto-sustentação. Como no sistema de semeadura direta não há preparo de solo e o controle de plantas daninhas é realizado com métodos químicos combinados, a adoção deste sistema propicia, dentro da pequena propriedade, uma diminuição da mão-de-obra utilizada, havendo assim uma melhor distribuição durante o ano, possibilitando ao pequeno agricultor a diversificação da produção e maior tempo disponível para a manutenção de benfeitorias, para o gerenciamento e para o planejamento de suas atividades. A cultura do feijoeiro ocupa lugar de destaque na agricultura brasileira, por ser importante na ocupação de mão-de-obra familiar, como também pela área semeada e pelo volume de produção (15, 56).

2.4 FENOLOGIA

As recomendações técnicas de manejo, em geral, são relacionadas à simples escala de tempo, representada pelo número de dias transcorridos após semeadura, emergência ou florescimento do feijoeiro. Tal procedimento tem contribuído para redução da eficiência no uso de fertilizantes, defensivos e água, bem como tem ocasionado equívocos na preservação de etapas importantes de definição de produção e rendimento por parte das plantas. A escala fenológica, estudo dos eventos periódicos da vida vegetal, em função da sua reação às condições de ambiente e sua correlação com aspectos morfológicos da planta, seria a opção mais adequada para as recomendações técnicas. No caso do feijoeiro a utilizada é aquela proposta por Gepts e Fernández, em 1982 (18).

O desenvolvimento do feijoeiro compreende dois conjuntos de fases, denominado Fase Vegetativa, favorecida por temperatura elevada (superior a 21,0° C e inferior a 29,5° C), adequada disponibilidade hídrica e abundante luminosidade e Fase Reprodutiva, sensível a deficiência hídrica e excesso de água (18). A fase vegetativa compreende o período entre a germinação e a diferenciação floral, enquanto que a reprodutiva vai desta à maturação. Cada uma dessas fases é dividida em cinco etapas sendo Germinação (V₀), emergência (V₁), folhas primárias (V₂), primeira folha trifoliada (V₃) e terceira folha trifoliada (V₄) etapas características da fase vegetativa e, pré-floração (R₅), floração (R₆), formação de vagens (R₇), enchimento de vagens (R₈) e maturação (R₉) etapas características da fase

reprodutiva (39).

2.5 HÁBITO DE CRESCIMENTO DO FEIJOEIRO

O feijoeiro apresenta diferenciação quanto ao seu hábito de crescimento, podendo este ser determinado, cujas plantas ao atingirem o florescimento cessam a emissão e alongação de folhas e ramos, ou indeterminado, onde há o processo de crescimento, mesmo após a floração, apresentando desenvolvimento por maior tempo. As plantas além de hábito de crescimento diferenciado, podem apresentar relativa desigualdade quanto ao porte, distribuição de flores e vagens, número e tipo de ramificações e tendência a prostrar-se, necessitando de tutoramento. Assim, as variedades de feijão foram classificadas em quatro grupos diferentes. Tipo I – Hábito de crescimento determinado arbustivo, porte reduzido, com ramificações eretas e fechadas e com ciclo de vida curto (precoce); Tipo II – Hábito de crescimento indeterminado arbustivo, porte ereto, com ramificações eretas e fechadas; Tipo III – Hábito de crescimento indeterminado prostrado, com ramificações abertas; e Tipo IV – Hábito de crescimento indeterminado trepador, com ramos volúveis (18, 39, 65, 67).

2.6 PLANTAS DE FEIJÃO DO TIPO II

As plantas classificadas dentro do grupo de plantas do Tipo II são aquelas que apresentam hábito de crescimento indeterminado, haste principal com tendência de crescimento francamente vertical, ramos laterais não numerosos e geralmente curtos, o que confere à planta aspecto arbustivo. Apresentam guias curtas ou longas, não havendo necessidade de tutoramento. Estas plantas apresentam potencial produtivo satisfatório e capacidade de compensação adequada quando há redução da população. Normalmente são preconizadas para sistemas de produção sob irrigação e com média e alta tecnologia. São plantas com adequada distribuição das flores e das vagens no dossel, o que assegura melhor qualidade do produto, mesmo quando há ocorrência de período úmido no final do ciclo da cultura, por não possibilitar o contato da maioria das vagens produzidas com o solo (18).

2.7 ESPAÇAMENTO E HÁBITO DE CRESCIMENTO

As variedades com hábito de crescimento indeterminado prostrado, tipo III, apresentam geneticamente maior potencial de crescimento vegetativo e maior propensão para emitir ramificações, possibilitando rápida cobertura do solo, o que não ocorre com as variedades com hábito de crescimento indeterminado arbustivo, tipo II, as quais apresentando menor número de ramificações laterais, são plantas mais eretas, adaptando-se melhor e respondendo com maior rendimento nas altas populações de plantas (2, 31).

Na confrontação do comportamento dos diferentes hábitos de crescimento do feijoeiro, observou-se que as variedades de hábito determinado, reduzem sua produção por área com a redução da população de plantas, porque o número de grãos por vagens e a massa dos grãos permanecem relativamente constantes. Já, as variedades de hábito indeterminado mantem sua produção por área na menor população de plantas, por aumentar a quantidade de grãos por vagens, a massa de grãos e o número médio de vagens por planta (14, 30, 69). Isto também indica que essas últimas são sujeitas a menor estresse competitivo que aquelas, quando em grandes populações (69), o que sugere a existência de correlação negativa entre espaçamento e rendimento (47). Logo, o grande potencial para aumentar o rendimento em populações maiores é a utilização de variedades de hábito determinado (47, 69). Entretanto, o comportamento de variedades de ambos os hábitos de crescimento, ao se aumentar o espaçamento, foi indiferente ao meio, não havendo variação no rendimento (31).

A variação no espaçamento entre linhas de semeadura não influenciou o rendimento da cultura (23), mesmo nos menores espaçamentos, quando estes apresentaram menor número de vagens, de grãos por planta e massa de grãos, havendo compensação em função do aumento do número de plantas por unidade de área, não influenciando assim, o rendimento final da cultura (4). No entanto existem pesquisas mostrando haver um aumento no rendimento com a redução do espaçamento, tanto para uma mesma população (18, 28, 52, 66, 68), quanto para populações maiores, aonde a competição entre plantas venha a diminuir a produção por indivíduo (27). O que indica a existência de correlação negativa entre espaçamentos (49). Os diferentes rendimentos para os espaçamentos são explicados com base no mínimo de grãos por vagens e na massa de grãos, componentes do rendimento estes, bastante influenciados pelo meio (69). Para atingir tais resultados nos menores espaçamentos é de fundamental importância que seja mantido um adequado controle de plantas daninhas e que o procedimento da colheita mecanizada seja avaliado (30). Opondo-se a maioria dos estudos envolvendo a variação do

espaçamento, também, constatou-se que o seu aumento resultou em acréscimo no rendimento de grãos (32).

2.8. ESPAÇAMENTO E ANÁLISE ECONÔMICA

Embora de um modo geral os maiores índices de rendimento venham sendo encontrados nos espaçamentos mais estreitos, do ponto de vista prático, estes não são recomendados, considerando as dificuldades na realização dos tratos culturais (30, 47). Outro fator a ser considerado é o maior gasto de sementes e adubo por área de cultivo, que apesar do incremento no rendimento, muitas vezes não é economicamente viável pelo aumento no custo de produção e conseqüentemente redução na margem de lucro (4, 30).

2.9 ESPAÇAMENTO E MANEJO DE PLANTAS DANINHAS E DOENÇAS

O espaçamento mais utilizado pelos agricultores, no Paraná, é o de 0,50 m entre fileiras (34). A decisão sobre o espaçamento deve levar em conta as possibilidades para os tratos culturais, entre outros, controle de doenças e de plantas daninhas. Grandes produtores, em particular aqueles que utilizam irrigação e tecnologia mais avançada e eficiente para a cultura do feijoeiro, têm utilizado sementeiras mais adensadas em busca de maior rendimento. A Produção por planta depende do arranjo das plantas no campo e de sua plasticidade morfológica, o que representa a capacidade da planta em adaptar-se e produzir sob diferentes densidades de sementeira (34, 44).

A manipulação do espaçamento também é uma prática cultural muito usada para auxiliar no controle de plantas daninhas e na diminuição das infestações e da severidade das doenças. A redução do espaçamento aumenta o sombreamento, o que favorece a formação de microclima favorável para o desenvolvimento de patógenos. Essa é a razão da adoção de espaçamentos mais largos que o usual, ser recomendada para o controle de doenças da parte aérea como antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) e mancha alternaria (*Alternaria alternata*) e doenças de solo como mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), mela (*Thanatephorus cucumeris*) e murcha de *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*). No controle cultural de plantas daninhas são aproveitadas as próprias características do feijoeiro, onde a redução do espaçamento, entre linhas, geralmente proporciona vantagem competitiva à cultura sobre as infestantes em razão do

rápido fechamento das entre linhas, promovendo a cobertura total do solo quando a cultura atinge seu pleno desenvolvimento vegetativo. Isto é válido especialmente no cultivo de variedades de hábito de crescimento do tipo I e II que apresentam porte ereto e são por isso mais favorecidas pela maior insolação nas entre linhas, quando plantadas nos maiores espaçamentos (7, 10, 11, 26, 49, 53).

2.10 ESPAÇAMENTO E COLHEITA

Dentro de certos limites, com o emprego de altas densidades de semeadura, há o crescimento vertical das plantas (leve estiolamento), redução da angulação das ramificações axilares e fechamento precoce da entrelinha podendo conduzir a menores perdas na colheita, aumentando a eficiência da colheita mecanizada (18).

No sistema de semeadura direta de feijão sobre resíduos de outras culturas como trigo, aveia e outros cereais, a palhada “em pé” serve de apoio e promove um efeito de estiolamento, aumentando a distância dos entre nós basais devido a baixa incidência de radiação solar nas proximidades da superfície do solo, elevando a altura das primeiras vagens (3, 19).

2.11 ARRANJO DE PLANTAS

O arranjo ou distribuição espacial das plantas na área de cultivo constitui o fator preponderante de definição das relações de competição entre estas, influenciando o rendimento da cultura. Sendo assim, pode-se buscar maior rendimento, utilizando arranjo espacial mais equidistante entre as plantas, fechando os espaços entre as linhas de semeadura e compensando com uma densidade na linha, aumentando a distância entre plantas. Esta modificação no modelo de semeadura pode estabelecer uma prática para obter alta densidade com menor número de plantas na linha (14, 47).

Com o aumento do número de plantas por área, existe uma distribuição diferenciada de luminosidade nos vários estratos do dossel vegetativo da cultura proporcionando, assim, alteração na utilização da energia solar. A melhor distribuição da luz poderia ser obtida com melhor arranjo das plantas, em que as folhas inferiores receberiam maiores taxas de iluminação, contribuindo de forma mais ativa, no processo fotossintético (47).

2.12 COMPETIÇÃO ENTRE PLANTAS

No arranjo espacial haverá competição intraespecífica diferenciada para cada espaçamento, induzindo a planta a remanejar a distribuição dos seus fotoassimilados. Com o desenvolvimento do feijoeiro existe uma mudança de dreno metabólico preferencial de um órgão para outro em razão das transformações morfológicas das plantas. Inicialmente a preferência dos drenos metabólicos é das folhas até um certo ponto, onde há mudança do dreno preferencial para o caule. O sistema radicular apresenta acúmulo de matéria seca durante grande parte do ciclo de crescimento do feijoeiro, atingindo taxa máxima de acúmulo no início da formação de vagens. Depois desta fase o dreno preferencial passa de forma definitiva e mais acentuada, para atender as necessidades do desenvolvimento das vagens. Deduz-se que o crescimento vascular é promovido por auxinas, o que facilita o fluxo de nutrientes e água para as vagens, aumentando-lhes o poder competitivo, em relação aos outros órgãos. Mesmo tendo ocorrido mudanças do dreno metabólico preferencial, os demais órgãos continuam acumulando matéria seca, embora com taxas menores (37).

O rendimento por planta é reduzido pela presença de outras a sua volta, devido à competição intraespecífica, que determina, para cada variedade, a densidade de população com maior rendimento e melhor aproveitamento dos recursos e insumos disponíveis. As plantações agrícolas com populações de indivíduos com os mesmos genótipos, apresentam um desenvolvimento inicial sem interferência entre as mesmas. Com seu crescimento passam a ocupar espaços maiores até o momento em que começa a existir competição pelos recursos disponíveis, tomando o ambiente menos favorável ao crescimento de cada planta, influenciando em suas características fisiológicas e morfológicas. Com a diminuição dos espaçamentos, a competição intraespecífica aumenta, fazendo com que haja redução no rendimento por planta, mas aumentando por área. O decréscimo individual no rendimento por planta é compensado pelo aumento no número de plantas por área, até um ponto máximo, o qual corresponde a população ideal. O rendimento por área é função também do arranjo das plantas no campo, pois a mesma população pode ter diferentes arranjos. À medida que as plantas menos competitivas são selecionadas, mais estreito pode ser o espaçamento entre linhas. Os limites atuais são impostos pelo tamanho das plantas, por técnicas culturais e pelas dimensões dos implementos (44).

A relativa competição por fotoassimilados entre as fases de crescimento vegetativo e reprodutivo nas variedades de hábito indeterminado demonstra maior dependência com relação à população de plantas que nas variedades de hábito determinado (14).

2.13 PLASTICIDADE

A plasticidade de uma planta refere-se as características morfológicas individuais que os órgãos em desenvolvimento assumem, adaptando-se as condições do ambiente específico onde esta sendo cultivada (1, 13). As plantas com hábito de crescimento determinado e as variedades precoces apresentam menor grau de plasticidade. Assim, em condições de baixas populações de plantas não haverá compensação nos componentes de rendimento, reduzindo a produção por área. Entretanto, poderão apresentar comportamento diferenciado quando submetidas a alta população (13, 47). A plasticidade dos componentes de rendimento, número de vagens, número de grãos e massa de grãos, podem facilitar a manutenção de um nível mais estável da produção, quando a variação de um componente compensar a variação de outro (1, 13).

2.14 POPULAÇÃO FINAL DE PLANTAS

De modo geral a população final é reduzida com o aumento da densidade de plantas na linha, em função do aumento da possibilidade de ocorrência de doenças causadas por fungos de solo como a podridão na raiz ou nas proximidades do colo da planta, além de que em períodos de restrição de umidade no solo, pode haver morte de algumas plantas pouco vigorosas ou enfraquecidas (37, 64).

2.15 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

O feijoeiro é estruturado por uma haste principal, denominada de caule, de onde se desenvolvem ramos laterais, emergindo das axilas das folhas. Na haste principal e nos ramos estão os nós dos quais emergem folhas, ramos e estruturas florais (45). Com a modificação do arranjo espacial, variando o espaçamento e o número de plantas na linha, o feijoeiro responde ao meio modificando suas estruturas, melhor adaptando-se as condições de competição entre as plantas. O caule, haste que sustenta toda a planta, tende a reduzir o seu diâmetro quando há o aumento da população de indivíduos (55). As plantas chegam a maior altura quando são submetidas a um maior espaçamento entre linhas, em função da maior disponibilidade de fertilizantes e menor competição entre plantas (27, 32, 56). Todavia, há trabalhos propondo que o espaçamento não interfere na altura da planta, sendo

este um efeito de variedades (27).

2.15.1 Formação de ramos

Variando a população de plantas, as variedades com hábito de crescimento determinado, tipo II, com hastes curtas e eretas mostram menor plasticidade, quanto ao número de ramos, do que as variedades com hábito de crescimento indeterminado, tipo III e IV (13). Um maior desenvolvimento de ramificações laterais das plantas, pode ocorrer nas menores densidades, quando há maior espaço dentro da linha, para desenvolvimento de tais estruturas (6, 13, 18, 45, 47), as quais estão correlacionadas positivamente com a produção de vagens por planta (6).

Entretanto, em altas populações, o número de ramos será reduzido, em função de uma menor luminosidade disponível para cada indivíduo (13, 45), ficando a planta com aspecto mais esguio (14), contribuindo para redução da área foliar. O menor número de ramos pode ainda ser caudado pela competição das plantas por recursos hídricos, baixas temperaturas e luminosidade deficiente, especialmente no estágio V_4 (18).

2.15.2 Número médio de nós por planta

Em pesquisa de campo, variando a densidade de semeadura de 4 a 22 plantas por metro quadrado e usando plantas com hábito de crescimento determinado, tipo arbustivo e variedades de hábito de crescimento indeterminado, tipo ereto com hastes curtas e tipo trepador, foi observado que na medida em que se aumentava a densidade de plantas nas fileiras, o número total de nós por planta, era reduzido. Porém, quando analisado por categoria de ramos, na haste principal não houve diferença significativa, enquanto que nos ramos de primeira e segunda categoria o comportamento foi similar ao número total de nós por planta. As plantas de tipo arbustivo e ereto com hastes curtas apresentaram menor redução no número total de nós por planta, com o aumento da densidade de população, do que as do tipo trepador (13). O número médio de nós por ramos não foi influenciado pela densidade, mas a combinação com o número médio de racimos por nó para produção de vagens por ramos resultou em significativa redução (6).

2.15.3 Número médio de vagens por ramo

Na análise do número médio de vagens por ramo foi observado que não há variação com a modificação da densidade populacional. Já o número médio de vagens por nó foi reduzido pela densidade. A maior variação no número de vagens por planta foi induzida pelo estresse populacional podendo ser atribuído à mudança no número médio de ramos e racimos desenvolvidos (6).

O ideótipo de menor número de ramos e alto número de vagens por ramo cultivados em altas densidades pode levar para um alto número de vagens por unidade de área, que é o caminho para altas produções (6).

2.16 COMPONENTES DO RENDIMENTO

A produção de uma planta é função dos componentes que a formam. No feijoeiro os componentes de rendimento são o número médio de vagens por planta, o número médio de grãos por vagens e a massa média dos grãos (1). Normalmente, a redução em um ou mais componentes de rendimento pode levar ao incremento de outros (58). Isto porque no desenvolvimento da planta, durante a formação de suas estruturas reprodutivas, poderá ocorrer o princípio da compensação dos componentes produtivos. A correlação dos componentes será negativa, quando existir competição entre as plantas em desenvolvimento por demanda de assimilados e nutrientes. A ocorrência da correlação negativa entre os componentes morfológicos do rendimento é um fenômeno comum no feijoeiro, bem como nas demais plantas cultivadas economicamente (1, 14). Quando o feijoeiro é cultivado em condições de ausência de competitividade ou de estresses a correlação dos componentes geralmente é próxima de zero. As diferenças observadas entre as variedades, com relação aos componentes de rendimento são de origem genética (58).

2.16.1 Número médio de vagens por planta

O número médio de vagens por planta é o componente de rendimento mais influenciado pelo espaçamento entre linhas e as altas densidades de plantio, seguido pelo número médio de grãos por vagens e pela massa média dos grãos (6, 58, 69). Há pesquisas que apontam ser o número médio de vagens por planta o único componente de rendimento que apresenta correlação significativa e positiva com o rendimento (47).

A redução no número médio de vagens por planta é inversamente proporcional à densidade de semeadura. Quando esta é elevada tem-se constatado uma redução no número médio de vagens por planta, em razão da maior competitividade existente entre plantas nas maiores populações (2, 4, 5, 6, 30, 31, 35, 45, 47, 68, 69) com grande efeito na produção por planta (69). Entretanto, quando se analisou a influência do espaçamento na produção de vagens por planta, houve efeito tanto positivo, aumentando o número médio de vagens por planta nos maiores espaçamentos (4, 5, 30, 35, 58), quanto negativo, diminuindo o número médio de vagens por planta nos maiores espaçamentos (47).

O número médio de vagens por unidade de área foi o componente mais influenciado pela variação da população. Onde o número médio de vagens por área aumentou com o aumento da população. Este fato pode ser resultado do maior índice de área foliar obtido nas maiores populações (14, 31, 68).

Na comparação dos arranjos de plantas na área de cultivo, trabalhando com distribuição de semeadura em fileiras, quadrada e triangular, para altas densidades, a maior produção de vagens por unidade de área foi no arranjo triangular. Estes resultados confirmam a observação do aumento produtivo em arranjos que usam espaçamento equidistante em todas as direções (68).

2.16.2 Número médio de grãos por vagem

O número médio de grãos por vagem, outro importante componente de rendimento, na variação do espaçamento entre linhas e na densidade de semeadura, não apresentou diferenças significativas (5, 31, 35). Tal componente é resultado da característica de alta herdabilidade, ficando mais relacionado com a variedade utilizada (5, 35). Entretanto, alguns pesquisadores apontam efeito para este componente de rendimento, quando se variou a densidade de plantas e espaçamento entre linhas. Onde a redução da densidade de plantas na linha aumenta o número de grãos por vagem (4, 69). Quando analisado a produção de grãos por vagem, entre os hábitos de crescimento do feijoeiro, as plantas de hábito indeterminado aumentaram a produção com a redução da população, mas continuaram relativamente constantes para as variedades de hábito determinado (45).

2.16.3 Massa média de grãos

O terceiro componente de rendimento, a massa média de grãos, manteve-se

estável em diferentes espaçamentos e densidades de semeadura. Como no número médio de grãos por vagem, este comportamento é atribuído à característica varietal pouco influenciada pelo ambiente (5, 30, 35), porém em alguns trabalhos, tal componente de rendimento apresentou o mesmo comportamento somente para as variedades com hábito de crescimento determinado (45, 69) ou no maior espaçamento (31).

Em contrapartida, existe também tendência de redução da massa dos grãos à medida que se reduz o espaçamento ou se aumenta a densidade, o que pode ser justificado em função da maior competição entre plantas, nas maiores populações, reduzindo a quantidade de fotoassimilados produzido por cada planta e destinado ao enchimento dos grãos (4, 27, 28, 31, 47, 58, 64, 69).

2.17 PRODUÇÃO DE GRÃOS POR PLANTA

As variedades de feijoeiro, tanto de hábito de crescimento determinado quanto indeterminado, apresentam efeito no número de grãos por planta, quando se varia a densidade de plantas na área de cultivo. De um modo geral o número de grãos por planta é reduzido à medida que se diminui o espaçamento entre linhas (30, 58) e a densidade dentro da linha de semeadura. Existe também tendência de redução no número de grãos por planta, à medida que se aumenta o número de plantas na linha (4, 13, 69).

2.18 PRODUÇÃO POR ÁREA

O aumento no rendimento das plantas foi observado a partir do momento em que os agricultores deixaram de plantar em cova e redistribuíram o mesmo número de plantas na linha de cultivo de forma mais equidistante (66). Esta modificação no modelo de semeadura diminui a competição entre plantas, especialmente quando há estresse ambiental (6, 69), resultando em maiores rendimentos (47).

A produção por área é relativamente constante em ampla extensão de populações de plantas, para as variedades com hábito de crescimento indeterminado, mas diminuiu na menor população de plantas para variedades com hábito de crescimento determinado. Isso indica que para elevadas populações as variedades com hábito de crescimento determinado são sujeitas ao menor estresse competitivo, quando comparadas às de hábito

indeterminado. O grande potencial para aumentar a produção nas elevadas populações é por variedades de hábito de crescimento determinado (45).

O rendimento da cultura do feijoeiro tem se mostrado indiferente à variação da população (56). Há entretanto muitas vezes efeito nos componentes de rendimento, o que é verificado quando a cultura é submetida às maiores densidades, apresentando menor número médio de vagens, grãos por planta e massa de grãos. Apesar dos menores valores de matéria seca (5) e de sua redução nos componentes de rendimento, há compensação em função do aumento do número de plantas por área, não influenciando assim, o rendimento final da cultura (2, 4, 35, 48). No entanto, outra linha de pesquisa mostra que existe compensação dos componentes de rendimento em função da maior população de plantas por área, com incremento no rendimento final (5). Porém, discordando destas evidências, recente trabalho mostra conclusões que o aumento na população de plantas não influencia a maioria das características agrônômicas das plantas, não provocando modificação no rendimento de grãos (32).

2.19 ÍNDICE DE COLHEITA E ÍNDICE DE COLHEITA APARENTE

O índice de colheita (IC) é um parâmetro de grande utilidade na avaliação da eficiência das plantas, sendo medido pela relação entre a massa seca dos grãos e a massa seca total da planta (2, 69). Com o aumento da população de plantas o índice de colheita reduziu para as variedades com crescimento prostrado, mas manteve-se relativamente constante para as variedades com porte ereto (2). Isto indica proporcionalmente mais fotoassimilados sendo destinados para a produção de grãos ao invés da produção vegetativa na redução da população de plantas para as variedades com porte ereto e pode ajudar a explicar por que os grãos por vagens e a massa de grãos, bem como as vagens por plantas aumentaram com a redução da população para as plantas de hábito indeterminado (14, 69). O fator mais importante na redução do índice de colheita, nas maiores densidades, é a competição por luz, provocando a redução dos componentes primários da produção de grãos (2).

O índice de colheita aparente é obtido pela relação ou quociente entre a massa seca dos grãos e o Rendimento Biológico Aparente (RBA). O rendimento biológico aparente, considera a massa seca da planta, excluindo a massa seca da raiz. O rendimento biológico é resultado da soma da matéria seca das partes vegetais, como ramos, caules e bainhas das vagens e dos grãos no estágio de maturação fisiológica (61). A compensação entre os

componentes de rendimento, aumento do número médio de vagens por planta, de grãos por vagens e da massa de grãos, com a redução no número final de plantas por metro quadrado, é comum no feijoeiro como em outras fabáceas (1, 58). O aumento do número médio de vagens por planta pode, por exemplo, causar uma redução do número médio de grãos por vagens e na massa média de grãos resultando em redução da produção (14).

2.20 MATÉRIA SECA TOTAL

O arranjo de plantas tem efeito significativo no acúmulo de matéria seca total, havendo tendência das plantas cultivadas em menor espaçamento apresentarem maior acúmulo (52). No entanto, existem trabalhos indicando não haver efeito significativo da variação do espaçamento para o acúmulo de matéria seca (63). No que se refere às densidades, verifica-se redução na produção de matéria seca por planta, à medida que se aumenta a densidade de 8 para 16 plantas por metro, fato este que pode ser explicado pela maior competição por água, luz, nutriente e espaço físico nas maiores densidades (5).

No sistema de semeadura direta, o acúmulo de matéria seca do feijoeiro é maior se comparado ao preparo convencional do solo. Esse melhor desenvolvimento da cultura é decorrente do aumento da disponibilidade de água durante todo o ciclo da cultura, favorecendo a sua absorção e aumentando a síntese de fotoassimilados, o que proporciona maiores taxas de produção de matéria seca (60, 63).

2.21 ÁREA FOLIAR

A interceptação da luz depende da área foliar disponível nas plantas, ou seja, maior área foliar significa maior interceptação e, conseqüentemente, maior produção de massa verde e de grãos. Não somente a magnitude da área foliar é muito importante para o aproveitamento adequado da luz solar, mas também a distribuição espacial das plantas na comunidade, procurando sempre reduzir o sombreamento de uma folha pela outra (45).

Entretanto, a produção excessiva de folhas, estimulada pelas e condições edáficas e meteorológicas, poderá comprometer o desempenho produtivo da planta em função do aumento da taxa respiratória e transpiratória, bem como da redução da eficiência fotossintética. O índice de área foliar deverá ser condizente com o sistema de produção adotado e com o estoque de recursos disponíveis (18).

A área foliar por planta varia inversamente com a população, apresentando maior valores nas menores densidades. Este comportamento do feijoeiro indica que a espécie é altamente plástica, reagindo provavelmente às condições do meio (9, 59).

Com o aumento de densidade populacional, as variedades de hábito indeterminado sofrem maior redução na área foliar total por planta, do que as de hábito determinado. A relação área foliar e produção de grãos por planta é positiva, sendo que as plantas com hábito de crescimento indeterminado sofreram maior redução na densidade da população mais elevada devido sua maior plasticidade (13).

As variedades mais produtivas apresentaram maior área foliar, entretanto, manejos que conduzam a aumento de área foliar em dada variedade devem ser analisados cuidadosamente, em certas condições, pois a correlação entre a área foliar e o rendimento pode ser negativa ou positiva, em função da produção disponível na etapa do florescimento e formação de vagens (18). Em algumas variedades, mais importante do que a produção total de fotossintatos é sua adequada distribuição entre as diferentes estruturas da planta (31, 59).

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

O trabalho foi conduzido na safra agrícola de 2000/2001, na área do Colégio Agrícola Estadual Getúlio Vargas, localizada no Município de Palmeira, na Região dos Campos Gerais, Estado do Paraná. Essa região abrange cerca de 20.000 km². O município está situado a uma altitude de 864,0 m e encontra-se nas coordenadas 25° 25' 02" de latitude Sul e 49° 59' 57" de longitude Oeste. A vegetação caracteriza-se por extensos campos limpos, estepes subtropicais de gramíneas baixas e perenes, além da floresta de galeria subtropical de Araucária e da vegetação pantanosa de depressões (38).

O município de Palmeira está localizado no Segundo Planalto Paranaense e de acordo com a classificação de Koëpen, baseada na temperatura e pluviosidade, o local apresenta clima tipo Cfb, clima temperado propriamente dito, temperatura média no mês mais frio abaixo de 18° C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22° C e sem estação seca definida, precipitação pluvial total média anual de 1.500 mm, umidade relativa do ar com média anual de 80% e com 10 a 25 dias com geadas por ano (33).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

O experimento foi instalado, à campo, em solo pertencente à unidade de mapeamento Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, A proeminente, textura média, fase campo subtropical e relevo suave ondulado (21). Antes da implantação do experimento foi realizada amostragem de solo em três profundidades, 0 – 5 cm, 5 – 10 cm e 10 – 20 cm, cujos resultados das análises das características químicas e granulométricas, são mostrados nas Tabelas 1 e 2.

QUADRO 1 – Resultados das características químicas do solo da área experimental, Palmeira, PR, 2000/2001¹

Camadas cm	pH CaCl ₂	Al ⁺³	H+Al	Ca ⁺² +Mg ⁺²	Ca ⁺²	K ⁺	T	P mg/dm ³	C g/dm ₃	pH SMP	V %
		cmol _c /dm ³									
0-5	5,00	0,00	4,00	8,20	4,90	0,48	12,68	18,6	22,4	6,30	68,45
5-10	5,00	0,00	4,60	7,10	4,30	0,43	12,13	8,5	21,9	6,10	62,08
10-20	4,80	0,00	5,00	5,50	3,30	0,25	10,75	11,8	20,9	6,00	53,49

¹ Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Solos da UFPR.

QUADRO 2 – Resultado das características granulométricas do solo da área experimental, Palmeira, PR, 2000/2001¹

Camadas cm	Areia Fina	Areia Grossa	Areia %	Silte	Argila
0-5	28	30	58	16	26
5-10	26	30	56	16	28
10-20	28	30	56	12	30

¹ Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Solos da UFPR.

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro tratamentos, que representam os espaçamentos entre fileiras de 0,30 m, 0,40 m, 0,50 m e 0,60 m e oito repetições para as avaliações realizadas no momento da colheita, onde foi determinado o rendimento, a massa média de 100 grãos, o número médio de grãos por vagens e o índice de colheita aparente. As demais avaliações, realizadas durante o desenvolvimento da cultura, foram formadas por parcelas subdivididas nos estádios de desenvolvimento fisiológico R₅, R₆, R₇, R₈ e R₉ (25), sendo o número de subparcelas variável, conforme o desenvolvimento da planta em relação à avaliação a ser realizada, como descrito na Tabela 3.

As parcelas eram compostas por dez fileiras de semeadura. O comprimento da parcela era de 5,0 m e a largura variável, conforme o espaçamento entre linhas utilizado, 3,0 m, 4,0 m, 5,0 m e 6,0 m, respectivamente aos espaçamentos anteriormente citados. A área total do experimento foi de 874,0 m² (23,0 m x 38,0 m), sendo os blocos separados por ruas de 1,0 m.

QUADRO 3 – Descrição das subparcelas, conforme os estádios de desenvolvimento e parte da planta avaliada, Palmeira, PR, 2000/2001

Avaliações	Estádios					Número de sub parcelas
	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	
Caule						
Estatura	X	X	X	X	X	5
Diâmetro	X	X	X	X	X	
Nº de nós	X	X	X	X	X	
Massa seca	X	X	X	X	X	
Pecíolo						
Massa seca	X	X	X	X	-	4
Ramos						
Números	X	X	X	X	X	5
Nº de nós	X	X	X	X	X	
Comprimento	X	X	X	X	X	
Massa seca	X	X	X	X	X	
Vagem						
Nº de nós c/vagem no caule	-	-	X	X	X	3
Nº de nós c/vagem nos ramos	-	-	X	X	X	
Nº de vagens no caule	-	-	X	X	X	
Nº de vagens nos ramos	-	-	X	X	X	
Nº de vagens nos ramos	-	-	X	X	X	
Massa seca	-	-	X	X	X	
Folhas						
Número	X	X	X	X	-	4
Área – cm ²	X	X	X	X	-	
Massa seca	X	X	X	X	-	

3.4 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

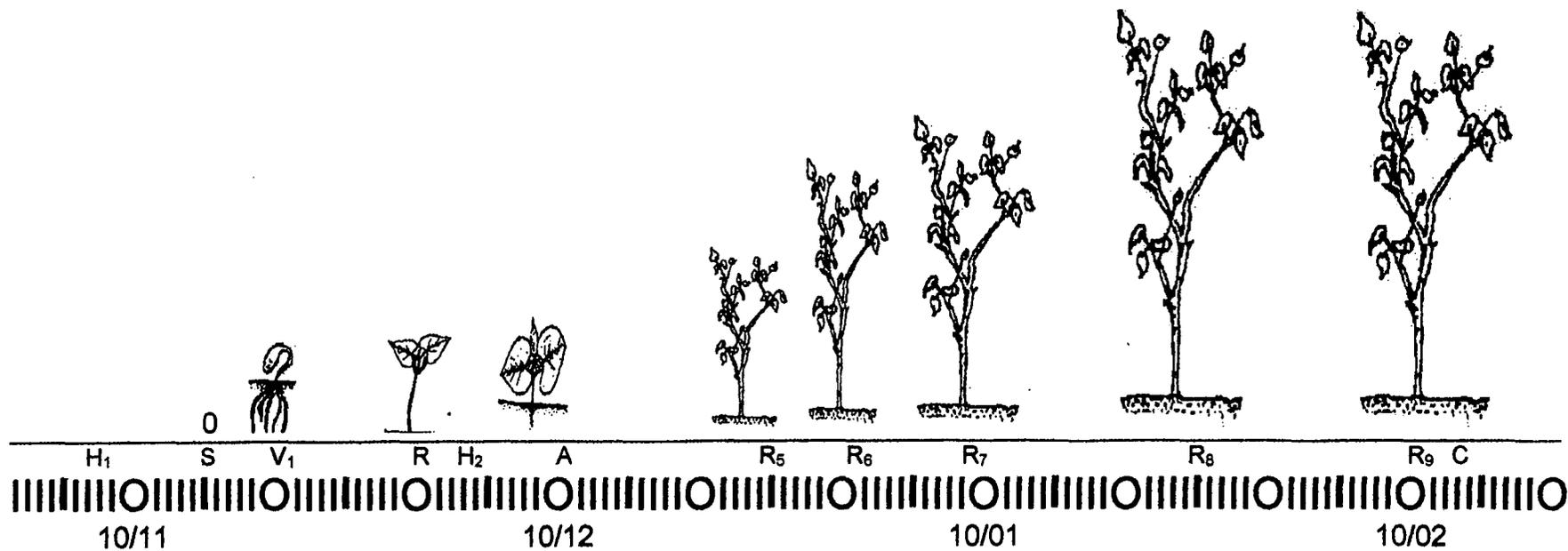
O experimento foi instalado na safra agrícola de 2000/2001 em “cultivo das águas”, em uma área com sistema de semeadura direta, tendo a cultura do milho, no verão, e pastagem de aveia e azevém, no inverno, como antecessoras. O experimento foi conduzido com a variedade ‘FT BIONOBRE’, Tipo II, porte ereto, com grãos de tegumento de cor preta fosca, com alto potencial de rendimento e qualidade de grãos, além de ser possível realizar

a colheita mecanizada.

O preparo da área foi iniciado com uma dessecação com glifosate, utilizando o produto comercial Roundup na dose equivalente a $2,0 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ (48), no dia 08 de novembro de 2000, com a finalidade de efetuar o controle de plantas daninhas e a dessecação da pastagem existente na área. Após esta etapa foi dado início o estaqueamento da área experimental. A adubação foi realizada em maior profundidade que a semeadura, utilizando o formulado NPK 8-30-20, na quantidade equivalente a $250 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. As sementes antes de serem colocadas no solo foram tratadas com carbendazin, utilizando o produto comercial Derosal 500 SC, na dose equivalente a 100 mL de produto por 100 kg de semente (12), e thiodicarb, utilizando o produto comercial Semevin 350 RPA, na dose equivalente a 1,5 L de produto comercial por 100 kg de semente (12). A semeadura, realizada no dia 15 de novembro de 2000, foi realizada manualmente, sendo colocadas no sulco 26 sementes por metro. A emergência foi uniforme e ocorreu no dia 20 de novembro de 2000.

O desbaste foi realizado no estágio V_3 , aos 11 dias após emergência (DAE), com a finalidade de padronizar a população em $270.000 \text{ pl}\cdot\text{ha}^{-1}$ e manter as plantas melhor distribuídas na fileira, de acordo com os espaçamentos avaliados. Assim, manteve-se uma densidade média de 8,1, 10,8, 13,5, e $16,2 \text{ pl}\cdot\text{m}^{-1}$, correspondentes aos espaçamentos entre fileiras de 0,30 m, 0,40 m, 0,50 m e 0,60 m, respectivamente. A adubação de cobertura foi realizada aos 19 DAE, quando a cultura já estava no estágio V_3 , aplicando o equivalente a $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrogênio, na forma de uréia. Não houve a necessidade de manejo fitossanitário da cultura para o controle de pragas e doenças. Quanto ao controle de plantas daninhas foi necessário a aplicação de fluazifop-p-butil, usando o produto comercial Fusilade, na dose equivalente a $1,6 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, mais fomezafen, usando o produto comercial Flex, na dose equivalente a $0,8 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, aos 11 DAE, período em que se iniciava um novo fluxo de emergência das plantas daninhas (48). As aplicações eram realizadas com pulverizador costal com capacidade de 20 L na área total do experimento. O desenvolvimento da cultura foi esquematizado na Figura 2.

As parcelas, representadas na Figura 3, eram compostas de dez linhas de semeadura. A primeira, terceira, oitava e décima fileiras de semeadura foram utilizadas como linhas de bordaduras. A segunda fileira de semeadura, foi utilizada para amostragem das cinco plantas para avaliações de características morfológicas nos estádios de desenvolvimento fisiológicos R_5 (Primeiro rácimo floral nos nós inferiores – Pré-floração) aos 33 DAE e R_6 (Primeira flor aberta – Floração) aos 40 DAE. Já a nona fileira de semeadura



H₁ – Dessecação
 S – Semeadura
 V₁ – Emergência

R – Desbaste
 H₂ – Controle de plantas daninhas
 A – Adubação de Cobertura

R₅ – Pré-floração
 R₆ – Floração
 R₇ – Formação de vagem

R₈ – Enchimento de vagem
 R₉ – Maturação fisiológica
 C – Colheita

FIGURA 2 – Desenvolvimento da cultura do feijoeiro em sistema de sementeira direta, Palmeira, PR, 2000/2001

foi utilizada para as avaliações dos estádios de desenvolvimento fisiológicos R₇ (Primeira vagem com a corola murcha ainda ligada ou caída – Formação de Vagens) aos 49 DAE, R₈ (Plantas iniciam o enchimento da primeira vagem – Enchimento de grão) aos 64 DAE e R₉ (Maturação fisiológica) aos 81 DAE. As fileiras centrais, quarta, quinta, sexta e sétima foram colhidas e determinados o rendimento e seus componentes, sempre descartando 0,50 m das fileiras na frente e no fundo de cada parcela, as quais serviram de bordaduras. As avaliações das características morfológicas foram realizadas quando mais de 50% das plantas atingiam os referidos estádios de desenvolvimento (25).

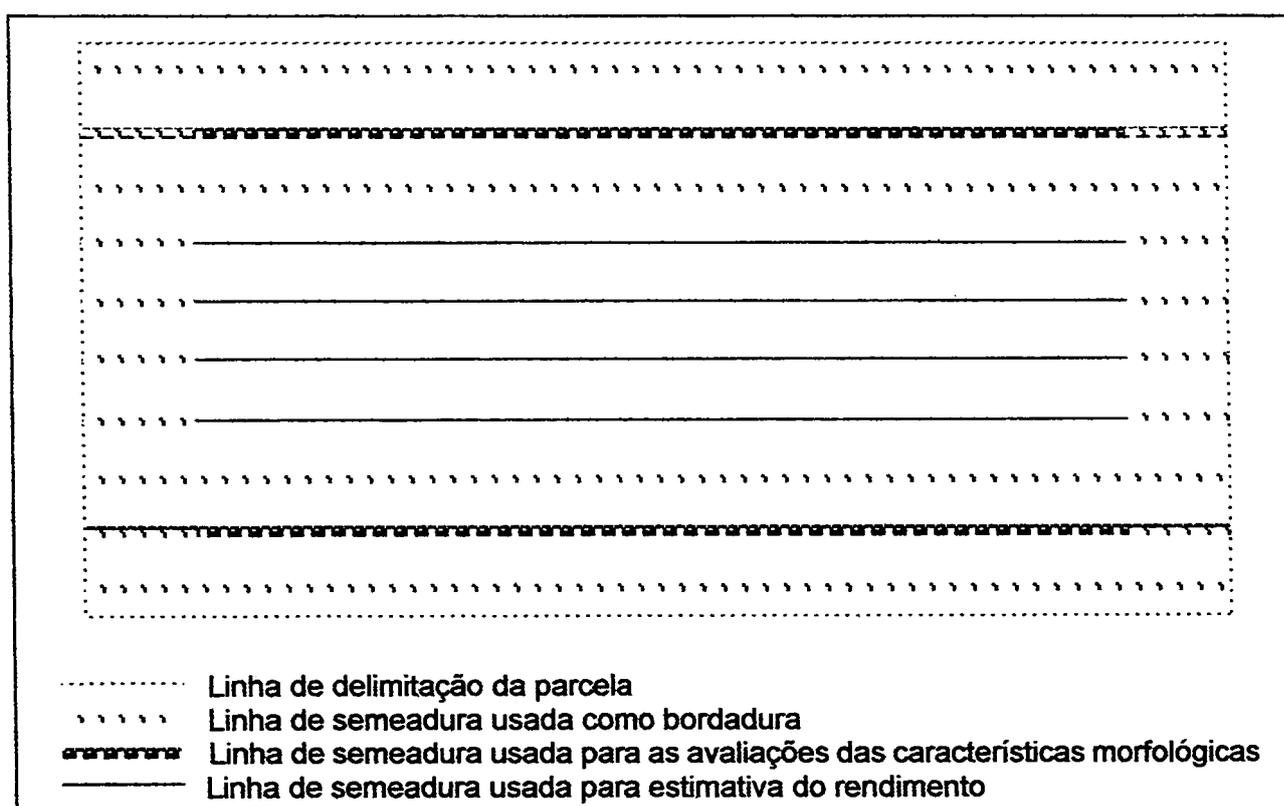


FIGURA 3 – Representação da parcela do campo experimental e das linhas de avaliações realizadas nos estádio de desenvolvimento R₆, R₇, R₈ e R₉, Palmeira, PR, 2000/2001

As características morfológicas avaliadas nas plantas de feijoeiro nos estádios de desenvolvimento fisiológico foram:

- caule: estatura, diâmetro, número médio de nós, número médio de nós com vagens e massa seca;
- pecíolo: número médio e massa seca;

- ramos: número médio, número médio de nós, número médio de nós com vagens, comprimento e massa seca;
- vagem: número médio de vagens por caule, número médio de vagens por ramos, total de vagens e massa seca; e
- folhas: área foliar e massa seca.

Na determinação da massa seca das referidas partes da planta, o material foi secado em estufa ventilada a uma temperatura de 75° C até a massa constante. A área foliar foi determinada com integrador automático modelo AAC – 400.

A colheita foi realizada aos 83 DAE, no estágio de desenvolvimento fisiológico R₉. Em amostragem de cinco plantas foram determinados os componentes do rendimento, número total de grãos e vagens e a massa média de 100 grãos, e o índice de colheita aparente (ICa). Na área útil da parcela foram realizadas as determinações da massa de grãos, para obter o rendimento equivalente em kg.ha⁻¹ e corrigindo para 13% de umidade. No momento da colheita foi realizada a contagem do número de plantas na parcela, para extrapolação da população final em plantas por hectare.

Os resultados foram submetidos a análise estatística. As variáveis cujas variâncias se mostraram homogêneas, pelo teste de Bartlett, tiveram seus tratamentos analisados pelo teste F. Quando este revelou existirem diferenças significativas entre os tratamentos médias destes foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (29, 57).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

As condições meteorológicas durante o período de realização do experimento foram consideradas satisfatórias para o bom desenvolvimento da cultura do feijoeiro. Essa situação pode ser visualizada na Figura 4, que apresenta, graficamente, informações a respeito da temperatura e precipitação, com destaque para as etapas críticas do desenvolvimento da cultura. A temperatura média foi de 22° C, muito próxima da temperatura média ideal que a cultura requer, que corresponde a 21° C, tendo como temperaturas, média máxima 27° C e média mínima 17° C. A precipitação pluviométrica ficou acumulada em 430 mm, superior à necessidade hídrica mínima de 300 mm, exigida pela cultura, bem distribuídas em todo o ciclo de desenvolvimento do feijoeiro (18). Tais condições de temperatura e umidade favoreceram o intenso desenvolvimento vegetativo da cultura.

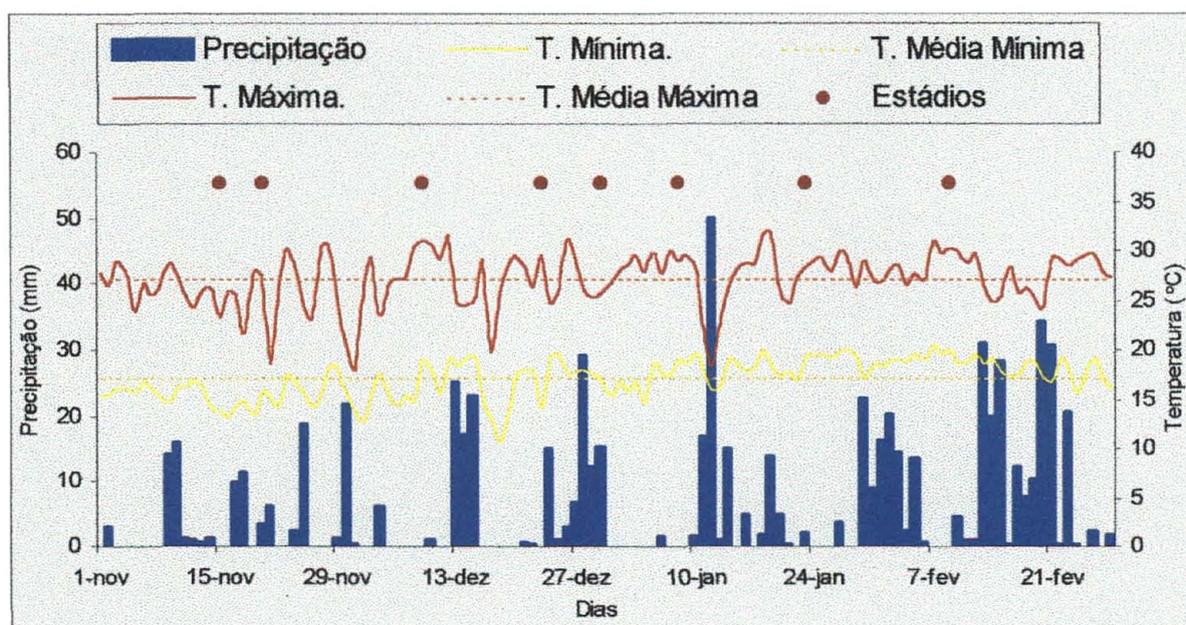


FIGURA 4 – Temperatura e precipitação pluvial nos meses de novembro de 2000 até março de 2001. Os pontos no gráfico, representando os estádios, correspondem a etapa de semeadura e os estádios V₁, V₃, R₅, R₆, R₇, R₈ e R₉, Estação Experimental do SIMEPAR, Ponta Grossa, PR.

4.2 ESTATURA DA PLANTA

As plantas mostraram desenvolvimento semelhante em todos os espaçamentos quando comparadas em cada estágio de desenvolvimento fisiológico, com crescimento constante até o estágio R₈. Observa-se na Tabela 1 que houve diferença significativa entre as médias dos espaçamentos nos diferentes estádios de desenvolvimento, destacando-se a maior estatura no estágio R₈, o que vem a corroborar com pesquisas já realizadas (25). Embora existam trabalhos demonstrando que a estatura das plantas seja uma resposta direta de sua característica varietal (27), não sendo influenciada pelo fator espaçamento (54), este trabalho, juntamente a outros (32, 55), opõe-se a tal conclusão, demonstrando que, na média de desenvolvimento da cultura, houve estaturas diferenciadas para os espaçamentos, como pode ser observado na Tabela 1. As plantas mantidas no espaçamento 0,50 m apresentaram a maior estatura, não diferindo estatisticamente dos espaçamentos 0,40 m e 0,60 m. O menor espaçamento apresentou a menor estatura, o que confirma trabalhos de outros pesquisadores (32, 55).

TABELA 1 – Estatura do planta do feijoeiro, variedade 'FT BIONOBRE', em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001¹

ESP (m)	ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO					Média	
	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉		
Estatura (cm)	0,30	19,03	41,49	68,86	78,39	69,77	55,51 b
	0,40	23,15	43,87	82,27	79,95	75,95	61,04 ab
	0,50	24,35	48,85	75,65	85,30	81,87	63,20 a
	0,60	24,37	48,45	74,40	79,02	75,22	60,29 ab
Média		22,72 d	45,67 c	75,30 b	80,67 a	75,71 b	

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Análise de variância apresentada no Anexo 5.

4.3 DIÂMETRO DO CAULE

Na Tabela 2 observa-se que o diâmetro do caule das plantas aumentou até o estágio de desenvolvimento fisiológico R₈, reduzindo no último estágio, possivelmente pelo fato de haver remanejamento dos fotoassimilados com o caule passando a disponibilizar suas reservas para o enchimento do grão (37).

O diâmetro do caule teve o maior valor no espaçamento 0,50 m, não diferindo estatisticamente dos resultados obtidos nos espaçamentos 0,40 m e 0,60 m. O menor valor foi constatado no menor espaçamento onde havia a menor competição entre as plantas,

pelo arranjo mais equidistante. Esse resultado contrapõe-se a trabalho similar (54), que mostra não haver influência do arranjo de plantas no diâmetro do caule. O diâmetro do caule é um fator que está ligado diretamente ao acamamento das plantas, apesar de não ter sido avaliado, não se pode deixar de relatar que, para tais condições, não houve acamamento das plantas em função das boas condições de sustentação do caule.

TABELA 2 – Diâmetro do caule do feijoeiro, variedade 'FT BIONOBRE', diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001¹

	ESP (m)	ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO					Média
		R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	
Diâmetro (cm)	0,30	0,45	0,53	0,51	0,57	0,52	0,52 b
	0,40	0,49	0,55	0,54	0,58	0,52	0,53 ab
	0,50	0,50	0,54	0,60	0,60	0,57	0,56 a
	0,60	0,47	0,56	0,53	0,59	0,58	0,55 ab
Média		0,48 c	0,55 b	0,54 b	0,59 a	0,55 b	

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Análise de variância apresentada no Anexo 5.

4.4 NÚMERO DE NÓS NA PLANTA

O número de nós no caule não foi influenciado pelo fator espaçamento, como pode ser observado na Tabela 3 e em outros trabalhos (13, 54). Entretanto, quando os dados foram analisados para estádios, constatou-se que há aumento no número de ramos no caule até R₈.

Quanto ao número de nós nos ramos (Tabela 3) verifica-se que este foi menor no espaçamento 0,30 m, onde houve redução da densidade de plantas nas fileiras, contrariando outros trabalhos que mostram aumento no número médio de nós nos ramos na menor densidade na linha (13), ou mesmo não sendo influenciado pela densidade (6). As médias dos estádios mostram uma tendência semelhante às demais características morfológicas avaliadas, com crescimento até o estágio de desenvolvimento R₈.

4.5 NÚMERO DE RAMOS

As plantas da variedade 'FT BIONOBRE' mostraram baixo número de ramos por planta resultando pequena diferença nos diversos espaçamentos, onde apresentou entre 1,55 a 2,05 ramos por planta. Provavelmente este comportamento é em função de seu

grupo de crescimento, tipo II, que apresenta menor plasticidade (13), ou ainda devido à baixa luminosidade (16, 45), que reduz o número médio de ramos.

TABELA 3 – Número de nós do caule e dos ramos do feijoeiro, variedade 'FT BIONOBRE', diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001¹

	ESP (m)	ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO					Média
		R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	
Número de nós no caule	0,30	6,83	9,72	12,29	12,73	12,72	10,86
	0,40	7,77	10,00	12,85	12,85	12,32	11,16
	0,50	7,62	10,15	12,97	13,52	12,47	11,35
	0,60	7,45	10,15	12,40	13,12	12,37	11,10
Média		7,42 d	10,00 c	12,63 ab	13,06 a	12,32 b	
Número de nós nos ramos	0,30	1,13	2,22	2,95	3,76	3,69	2,75 b
	0,40	1,25	2,35	3,31	3,80	3,32	2,80 b
	0,50	1,35	2,21	3,45	4,51	4,17	3,14 a
	0,60	1,18	2,28	3,37	4,18	3,88	2,98 ab
Média		1,23 d	2,26 c	3,27 b	4,06 a	3,76 a	

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Análise de variância apresentada nos Anexos 5 e 6.

O menor número de ramos foi verificado no menor espaçamento, como mostrado na Tabela 4. Este resultado contrapõe-se a outros trabalhos, onde essa variável não se mostrou influenciada pelo arranjo de plantas (54), ou mesmo quando apresentou os maiores valores no menor espaçamento, onde há melhor distribuição de plantas na área, resultando em maior espaço dentro da linha para o desenvolvimento dos ramos (6, 13, 18, 45, 47). Este efeito no número de ramos tem relação direta com a produção de vagens (6), além de contribuir para a redução da área foliar de cada planta (18). O desenvolvimento do número médio de ramos foi crescente do estágio de desenvolvimento R₅ até R₇, decrescendo em R₈ e R₉.

TABELA 4 – Número de ramos do feijoeiro, variedade 'FT BIONOBRE', em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001¹

	ESP (m)	ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO					Média
		R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	
Número de ramos	0,30	1,62	1,82	1,82	1,41	1,06	1,55 b
	0,40	2,07	2,22	2,45	1,75	1,17	1,93 ab
	0,50	2,25	1,90	2,57	1,92	1,47	2,02 a
	0,60	1,92	2,40	2,50	1,87	1,55	2,05 a
Média		1,97 bc	2,09 ab	2,38 a	1,74 c	1,32 d	

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Análise de variância apresentada no Anexo 6.

4.6 COMPRIMENTO DOS RAMOS

Observando o comprimento dos ramos, na Tabela 5, verifica-se que no espaçamento 0,50 m houve maior comprimento médio dos ramos, não diferindo estatisticamente dos espaçamentos 0,60 m e 0,40 m. No espaçamento 0,30 m houve o menor crescimento dos ramos. Este comportamento provavelmente aconteceu mais em função da variação ocorrida com o número de nós nos ramos, do que com o alongamento dos entrenós dos ramos (16). O seu desenvolvimento foi contínuo até R₉, com um pequeno crescimento entre os dois últimos estádios de desenvolvimento.

TABELA 5 – Comprimento dos ramos do feijoeiro, variedade 'FT BIONOBRE', em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001¹

	ESP (m)	ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO					Média
		R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	
Comprimento dos ramos	0,30	2,82	13,40	21,86	31,76	32,67	20,50 b
	0,40	3,87	14,22	27,75	35,06	31,10	22,40 ab
	0,50	4,10	14,22	26,77	39,69	38,50	24,66 a
	0,60	3,66	14,74	26,52	31,97	36,47	22,67 ab
Média		3,62 d	14,15 c	25,73 b	34,62 a	34,68 a	

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Análise de variância apresentada no Anexo 6.

4.7 NÚMERO DE NÓS COM VAGEM

A característica morfológica, número de nós com vagens, apresentou comportamento diferenciado quando analisada separadamente em número de nós com vagens do caule e número de nós com vagens dos ramos, como pode ser verificado na Tabela 6. No caule, o número de nós com vagens, não foi influenciado pelos diferentes arranjos espaciais, mas teve influência no desenvolvimento fenológico das plantas, como pode ser observado na Tabela 6. Em razão do feijoeiro ter floração contínua (18), houve aumento no número de nós com vagens do caule, de R₇ para R₈. No entanto, em função do abortamento de vagens (18, 45, 70), houve redução no número médio de nós com vagens do estádio R₈ para o R₉.

Nos ramos, esta característica morfológica, indicou influência do arranjo de plantas, ocorrendo menor número de nós com vagens no menor espaçamento. A variação verificada pode ter sido em função do comportamento do número de nós dos ramos (45), pois sendo este menor, proporcionalmente haveria também menor número de nós com vagens. O

número de nós com vagens dos ramos nos estádios de desenvolvimento fisiológico mostraram-se constantes até R₈, reduzindo no estágio seguinte. A redução pode ser em função do abortamento natural das vagens (18, 45, 70).

Analisando o número de nós com vagens na planta inteira, nota-se (Tabela 6) que não houve variação nos diferentes arranjos espaciais, como aconteceu em outros trabalhos (54). Já, para os estádios de desenvolvimento fenológico houve diferenças, onde houve desenvolvimento contínuo até o estágio R₈. Esta variável apresentou comportamento semelhante ao número de nós com vagem do caule, tanto para as médias quanto para os estádios de desenvolvimento.

TABELA 6 – Número de nós com vagens do caule, dos ramos e total do feijoeiro, variedade 'FT BIONOBRE', em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001¹

	ESP (m)	ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO			Média
		R ₇	R ₈	R ₉	
Número de nós com vagens do caule	0,30	3,11	6,22	3,29	4,21 a
	0,40	3,87	5,77	3,12	4,26 a
	0,50	3,95	7,57	3,37	4,97 a
	0,60	3,27	5,95	3,55	4,26 a
Média		3,55 b	6,38 a	3,33 b	
Número de nós com vagens dos ramos	0,30	2,91	3,81	1,77	2,83 b
	0,40	5,25	4,40	1,85	3,83 ab
	0,50	5,22	5,70	2,92	4,62 a
	0,60	5,05	5,20	3,12	4,46 a
Média		4,61 a	4,78 a	2,42 b	
Número total de nós com vagens	0,30	6,02	10,03	5,06	7,04 a
	0,40	9,12	10,17	4,97	8,09 a
	0,50	9,17	13,27	6,30	9,58 a
	0,60	8,32	11,15	6,67	8,72 a
Média		8,16 b	11,16 a	5,75 c	

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Análise de variância apresentada no Anexo 3.

4.8 NÚMERO DE VAGENS

O número de vagens na planta também apresentou comportamento diferencial quando analisado separadamente, no caule e nos ramos, o que pode ser visualizado na Tabela 7. No caule, as vagens não se mostram influenciadas pelo arranjo de plantas e sim pelos diferentes estádios de desenvolvimento. Isto pode ser explicado pelo fato do feijoeiro apresentar uma floração contínua durante o seu ciclo de desenvolvimento (18), como se

pode observar entre os estádios R₇ e R₈, e pelo fato de haver abortamento natural de vagens (18, 45, 70), ocasionando a variação entre os estádios R₈ e R₉.

Quanto ao número médio de vagens dos ramos, observou-se um comportamento diferenciado do observado no caule, o que refletiu diretamente na produção de vagens por planta, mostrando uma maior produção no espaçamento 0,50 m, não diferindo estatisticamente dos espaçamentos 0,60 m e 0,40 m. No menor espaçamento houve também a menor produção de vagens, contrapondo-se a outros resultados que mostram não haver influência da densidade de plantas sobre o número médio de vagens nos ramos (6). Da mesma forma houve diferença entre os estádios de desenvolvimento, embora tenha somente havido decréscimo entre os estádios R₈ e R₉, o que mais uma vez poderia indicar nos ramos a não ocorrência de uma floração contínua durante o ciclo da cultura.

Analisando o número de vagens na planta inteira, verificou-se comportamento diferenciado para cada arranjo de plantas, o que é influência direta do número médio de vagens nos ramos, este resultado opõe-se a trabalho similar (45). A variação existente entre os estádios de desenvolvimento é semelhante ao comportamento das vagens no caule. Onde houve variação em função das diversas florações (18) e do abortamento natural do feijoeiro (18, 45, 70).

TABELA 7 – Número de vagens do caule, dos ramos e total do feijoeiro, variedade 'FT BIONOBRE', em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001¹

	ESP (m)	ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO			Média
		R ₇	R ₈	R ₉	
Número de vagens do caule	0,30	6,06	10,59	5,57	7,41
	0,40	8,37	9,87	5,72	7,99
	0,50	8,45	12,25	6,05	8,92
	0,60	6,72	10,95	6,02	7,90
Média		7,40 b	10,92 a	5,84 c	
Número de vagens dos ramos	0,30	4,82	5,97	2,74	4,51 b
	0,40	9,65	7,10	2,95	6,57 ab
	0,50	9,72	9,70	4,30	7,91 a
	0,60	9,37	8,95	4,95	7,76 ab
Média		8,39 a	7,93 a	3,73 b	
Número total de vagens	0,30	10,89	16,54	8,31	11,91 b
	0,40	18,02	16,97	8,67	14,56 ab
	0,50	18,17	21,95	10,35	16,82 a
	0,60	16,10	19,90	10,97	15,66 ab
Média		15,80 b	18,84 a	9,58 c	

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Análise de variância apresentada no Anexo 3.

4.9 NÚMERO DE FOLHAS

A área foliar por planta está diretamente relacionada com o número médio de folhas que, por sua vez, está ligada ao número médio de nós de uma planta. Analisando a Tabela 8, verifica-se que o número médio de folhas não foi influenciado pelos diferentes arranjos de plantas. Entretanto, a área foliar mostrou-se influenciada pelo arranjo (56), sendo este menor no espaçamento de 0,30 m. Muitas vezes esta redução da área foliar é justificada pela redução do número de ramos por planta (18) o que de fato aconteceu. Neste trabalho, tal redução está relacionada mais ao tamanho da lâmina de cada folha, do que à redução do número de ramos, uma vez que o número de folhas foi estatisticamente igual. Pressupondo-se, assim, que no menor espaçamento estava as menores folhas. Porém, mais importante que a extensão da área foliar é a distribuição das plantas na comunidade, procurando sempre reduzir o sombreamento de uma folha pela outra (45).

O número de folhas foi crescente até R₇, estabilizando-se em R₈. Nesse estágio, mesmo existindo a emissão de folhas novas houve início do amarelecimento e senescência das folhas inferiores da planta.

A maior área foliar foi encontrada no estágio de desenvolvimento R₇, quando as plantas encontravam-se na fase de formação de vagens, e reduziu drasticamente no estágio seguinte, mesmo mantendo o número de folhas. A redução na área foliar pode ser ocasionada por insetos, doença e emissão de folhas jovens concomitantemente à abscisão de folhas velhas (18, 45, 71).

TABELA 8 – Número de folhas e área foliar do feijoeiro, variedade 'FT BIONOBRE', em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001¹

	ESP (m)	ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO				Média
		R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	
Número de folhas	0,30	8,00	15,00	17,34	19,12	14,86 a
	0,40	9,72	16,25	20,65	18,67	16,32 a
	0,50	9,40	14,50	20,47	21,35	16,43 a
	0,60	8,85	16,55	19,60	19,90	16,22 a
Média		8,99 c	15,57 b	19,52 a	19,76 a	
Área foliar (cm ²)	0,30	292,8	831,2	1125,0	661,1	727,5 b
	0,40	448,3	995,3	1342,8	730,7	879,3 ab
	0,50	463,7	958,9	1541,0	742,3	926,5 a
	0,60	397,1	1046,7	1332,2	792,0	892,0 a
Média		400,5 d	958,0 b	1335,3 a	731,5 c	

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Análise de variância apresentada no Anexo 4.

4.10 MASSA SECA

O acúmulo de massa seca na planta, observado na Tabela 9, como em outros trabalhos (54, 63) não apresentou diferença estatística para os diferentes arranjos espaciais, apesar de existir uma tendência da massa seca reduzir no menor espaçamento, o que contraria outras pesquisas (5, 52), onde a melhor distribuição das plantas na área teria efeito significativo no acúmulo de massa seca total. Este acúmulo de fotoassimilados estaria associado à área foliar (18, 45). Quando analisado o comportamento da massa seca separadamente em cada parte da planta, verificaram-se diferenças estatísticas para todas as partes e com a mesma tendência de menor acúmulo de massa seca no menor espaçamento entre fileiras. O acúmulo de massa seca na planta, nos diferentes estádios de desenvolvimento, apresentou um acúmulo crescente de massa até R_8 , decrescendo no último estágio, resultado este, que é confirmado por trabalho similar (70). O processo de abscisão dos pecíolos e folhas das plantas (18, 70) é a principal explicação para a redução no acúmulo da massa seca neste estágio de desenvolvimento.

Na massa seca do caule houve acúmulo crescente até o estágio de desenvolvimento R_8 , estabilizando o seu desenvolvimento, da mesma forma que ocorreu na Tabela 1 quando se comparava a estatura. Esse comportamento é provavelmente justificado pela paralisação de seu crescimento, onde este órgão deixa de ser dreno para ser fonte (37). Nos diferentes arranjos, o caule mostrou menor acúmulo de massa seca no menor espaçamento, onde também se verificou a menor área foliar de plantas.

A massa seca dos ramos apresentou comportamento diferenciado tanto para o estágio de desenvolvimento quanto para o arranjo de plantas. Nos espaçamentos 0,30 m, 0,40 m e 0,60 m as plantas mostram maior acúmulo de massa seca em R_8 reduzindo no estágio subsequente. Já para as plantas no espaçamento 0,50 m houve crescimento constante até R_7 , onde cessou o acúmulo de massa seca dos ramos, comportamento este, semelhante ao número de ramos, observado na Tabela 4. O menor acúmulo de massa seca nos ramos, nos menores espaçamentos, é evidenciado quando comparado aos dados da Tabela 9 observa-se que no menor espaçamento já há diferença estatística a partir de R_7 e, para o espaçamento de 0,40 m, a diferença ocorre em R_9 .

Nas vagens, o acúmulo de massa seca foi sempre crescente em todos os estádios de desenvolvimento e na mesma proporção em todos os arranjos de plantas até R_8 , somente ocorrendo diferenças estatísticas em R_9 , onde, no menor espaçamento, houve a menor massa seca de vagens. Possivelmente, este menor acúmulo, é devido a menor translocação de fotoassimilados para esta parte da planta.

O acúmulo da massa seca dos pecíolos foi crescente até o estágio de desenvolvimento R₇, estabilizando seu crescimento em R₈. Após estes estágio de desenvolvimento ocorre o início do processo de abscisão (18, 70). Como as demais partes da planta de feijoeiro, os pecíolos mostraram um menor acúmulo de massa seca no menor espaçamento.

TABELA 9 – Massa seca de caule, ramos, vagens, pecíolos, folhas e total do feijoeiro, variedade 'FT BIONOBRE', em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001

	ESP (m)	ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO					Média
		R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	
Massa seca do caule ¹ (g)	0,30	2,66	3,37	4,71	5,40	4,64	4,16 b
	0,40	3,17	3,58	5,20	5,35	4,68	4,40 ab
	0,50	3,15	3,60	5,43	5,75	4,96	4,58 a
	0,60	2,97	3,88	5,04	5,77	5,11	4,55 a
Média		2,99 d	3,60 c	5,10 b	5,57 a	4,85 b	
Massa seca dos ramos ² (g)	0,30	2,03 a C	2,27 a BC	2,52 b AB	2,69 b A	2,46 b AB	2,39
	0,40	2,05 a C	2,36 a BC	3,09 a A	3,17 a A	2,50 b B	2,63
	0,50	2,06 a B	2,32 a B	3,15 a A	3,12 a A	2,84 ab A	2,70
	0,60	2,03 a B	2,44 a B	3,08 a A	3,23 a A	2,90 a A	2,74
Massa seca das vagens ² (g)	0,30	-	-	2,21 a C	6,98 a B	9,51 b A	6,23
	0,40	-	-	2,50 a C	7,22 a B	10,64 ab A	6,79
	0,50	-	-	2,48 a C	6,58 a B	11,21 a A	6,76
	0,60	-	-	2,35 a C	6,84 a B	11,97 a A	7,05
Massa seca dos pecíolos ¹ (g)	0,30	2,27	2,74	3,32	3,34	-	2,92 b
	0,40	2,42	2,90	3,55	3,39	-	3,06 ab
	0,50	2,40	2,89	3,62	3,45	-	3,09 ab
	0,60	2,50	3,00	3,47	3,49	-	3,12 a
Média		2,40 c	2,88 b	3,49 a	3,42 a	-	
Massa seca das folhas ¹ (g)	0,30	4,41	5,19	7,36	5,88	-	5,71 b
	0,40	4,98	5,62	8,06	6,10	-	6,19 ab
	0,50	5,01	5,41	8,76	6,58	-	6,44 a
	0,60	4,75	5,67	8,19	6,66	-	6,32 a
Média		4,79 d	5,47 c	8,09 a	6,31 b	-	
Massa seca total ¹ (g)	0,30	11,31	13,58	20,15	24,29	16,74	17,21 a
	0,40	12,64	14,45	22,39	25,24	17,81	18,50 a
	0,50	12,63	14,21	23,45	25,47	19,00	18,95 a
	0,60	12,27	14,99	22,11	26,01	19,98	19,07 a
Média		12,21 e	14,31 d	22,02 b	25,25 a	18,39 c	

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Análise de variância apresentada nos Anexos 3, 4, 5 e 6.

A massa seca das folhas teve um acúmulo crescente até o estágio de

desenvolvimento R₇, onde também se verificou maior área foliar, decrescendo em R₈. Provavelmente devido ao processo de translocação de carboidratos e a mudança de drenos metabólicos, a folha não funcionando mais como dreno (37), como também pelo início do processo de abscisão foliar das plantas (18, 70), explica-se a redução do crescimento neste estágio de desenvolvimento.

4.11 COMPONENTES DO RENDIMENTO

Dentre os componentes do rendimento do feijoeiro, o número médio de vagens foi o único a mostrar resposta significativa aos diferentes arranjos espaciais, como pode ser observado na Tabela 10. A redução em um dos componentes de rendimento pode levar ao incremento de outros (58).

Embora fosse esperada a maior produção de vagens no menor espaçamento, onde há um arranjo de plantas mais equidistante (68), ocorreu o inverso (4, 5, 30, 35, 58), sendo este valor tanto maior quanto maior o espaçamento, ficando este componente sujeito as diferenças ocasionadas pelo espaçamento o que pode estar relacionado a maior área foliar. O número médio de vagens por planta tende a ter uma correlação positiva com o rendimento (47), no entanto tal expectativa não aconteceu, mostrando uma relação negativa ($r = -0,29^{ns}$) entre esse componente e o rendimento.

TABELA 10 – Número médio de vagens, massa média de vagens e número médio de grãos por vagem do feijoeiro, variedade 'FT BIONOBRE', em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001¹

	ESPAÇAMENTO (m)	R ₉
Número médio de vagens	0,30	8,31 b
	0,40	8,67 ab
	0,50	10,35 ab
	0,60	10,97 a
Massa média de grãos	0,30	16,24
	0,40	16,36
	0,50	14,79
	0,60	15,06
Número médio de grãos por vagens	0,30	4,43
	0,40	4,70
	0,50	4,47
	0,60	4,55

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Análise de variância apresentada no Anexo 1.

Outro importante componente de rendimento, a massa média de grãos, não apresentou resposta significativa para o arranjo de plantas. O número médio de grãos por vagens, terceiro componente de rendimento, da mesma forma que a massa média de grãos, não mostrou resposta para os diferentes arranjos de plantas, como verificado em outros trabalhos (5, 31, 35), ficando mais relacionado a variedade utilizada (5, 35).

4.12 POPULAÇÃO FINAL x POPULAÇÃO INICIAL

A população final, observada na Tabela 11, não mostrou diferença significativa entre os arranjos espaciais. Tal resultado já era esperado, pois foi realizado o desbaste das plantas para padronizar a população em 270 mil plantas.ha⁻¹. A pequena redução na população foi causada pela morte de plantas, que pode ter sido resultante da competição natural entre elas existente durante o seu desenvolvimento (14, 64).

TABELA 11 – População final do feijoeiro, variedade 'FT BIONOBRE', em diferentes espaçamentos e densidades de semeadura, Palmeira, PR, 2000/2001.

	ESPAÇAMENTO (m)	R ₉
População final	0,30	267.187
	0,40	266.992
	0,50	267.187
	0,60	268.192

4.13 RENDIMENTO

Na análise do rendimento da cultura, observada na Tabela 12, verifica-se que houve resposta do rendimento para o arranjo de plantas, onde no menor espaçamento houve o maior rendimento. Este modelo de semeadura, onde é realizada uma redistribuição de um mesmo número de plantas na linha de cultivo, modificando o espaçamento, proporciona melhor equidistância entre as plantas, diminuindo o estresse pela competição entre estas e resultando em maiores produções por planta (6, 47, 66, 69). No entanto esta produção não mostrou relação positiva ($r = -0,10^{ns}$) com área foliar (36, 45), onde para o maior rendimento houve a menor área foliar, contrapondo-se a outro trabalho que obteve correlação positiva (62).

O rendimento de uma planta está em função de seus componentes de rendimento (1), onde o número médio de vagens apresenta relação positiva (47). No entanto, neste

trabalho houve relação positiva ($r = 0,84^{***}$) somente do rendimento com a massa média de grãos, que provavelmente determinou o comportamento do rendimento.

O baixo rendimento encontrado no experimento é explicado pela redução foliar no estágio de desenvolvimento entre R₇ e R₈, onde estaria havendo o crescimento de vagens e enchimento grãos. A queda antecipada das folhas, nessa etapa, provavelmente prejudicou a partição de fotoassimilados, reduzindo a translocação de carboidratos, assim comprometendo o enchimento de grãos e estimulando o abortamento de vagens (16, 40, 70).

TABELA 12 – Rendimento de grãos do feijoeiro, variedade 'FT BIONOBRE', em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001¹

	ESPAÇAMENTO (m)	R ₉
Rendimento (kg.ha ⁻¹)	0,30	1.678 a
	0,40	1.615 ab
	0,50	1.319 ab
	0,60	1.262 b

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Análise de variância apresentada no Anexo 2.

4.14 ÍNDICE DE COLHEITA APARENTE

Na avaliação da eficiência das plantas de feijoeiro, utilizou-se do índice de colheita aparente (2, 61, 69), verifica-se na Tabela 13, que houve influência do arranjo espacial de plantas, sendo que no menor espaçamento houve o maior índice de colheita aparente, apresentando um comportamento similar à produção de grãos, onde o aumento no índice de colheita aparente está em função do aumento do rendimento. Esse aumento no índice de colheita aparente, é atribuído a menor competição por luz das plantas, em virtude da melhor distribuição destas na área (2).

Os valores do índice de colheita aparente são baixos, o que confirma constatação visual realizada a campo, onde a variedade 'FT BIONOBRE' apresentou-se com grande massa verde, levando a expectativa de grande produtividade. Entretanto, obteve-se uma baixa produção de grãos por planta, aquém do resultado esperado e encontrado na região.

4.15 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO E REGRESSÃO

As características morfológicas (Anexo 7) não apresentam correlação com o rendimento. Já, para o espaçamento somente as avaliações realizadas no caule, como

número de nós com vagens, número de vagens e número de nós, e o número de folhas não apresentaram correlação. As demais avaliações morfológicas foram significativas com o espaçamento.

TABELA 13 – Índice de colheita aparente do feijoeiro, variedade 'FT BIONOBRE', em diferentes espaçamentos e estádios de desenvolvimento, Palmeira, PR, 2000/2001

	ESPAÇAMENTO (m)	R ₀
Índice de colheita aparente (%)	0,30	44,32 a
	0,40	39,06 ab
	0,50	31,90 bc
	0,60	29,21 c

[†] Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Análise de variância apresentada no Anexo 2.

Na análise de ramos com vagens, folhas e área foliar (Anexo 8), houve uma alta correlação positiva entre eles. Mostrando que o número de ramos é fundamental para a produção de vagens e folhas.

A massa seca da planta (Anexo 9) apresentou correlação significativa ($r = 0,50^{***}$) somente com o espaçamento. Entre as partes que a compõem a massa seca de vagens foi à única que não apresentou correlação, as demais partes apresentaram correlação positiva, sendo a massa seca de pecíolo ($r = 0,62^{**}$) a mais influenciada pelo espaçamento, seguida da massa seca de caule ($r = 0,56^{**}$), de ramos ($r = 0,51^{**}$) e de folhas ($r = 0,42^*$). Na análise da correlação da massa seca da planta e das partes que a compõem, a massa seca de vagens ($r = 0,89^{**}$) é a que mais contribui para a composição do valor total, seguida da massa seca de ramos ($r = 87^{**}$), de caule ($r = 0,82^{**}$), de pecíolos ($r = 0,76^{**}$) e de folhas ($r = 0,67^{**}$). O Índice de colheita aparente apresentou correlação positiva ($r = 0,75^{**}$) com o rendimento e correlação negativa ($r = -0,72^{**}$) com o espaçamento.

Entre os componentes do rendimento (Anexo 10), a massa média de grãos foi o único a apresentar uma relação positiva significativa com o rendimento ($r = 0,84^{**}$), portanto, é este o componente que determina o comportamento do rendimento e não o número médio de vagens, único a ser influenciado pelo espaçamento ($r = 0,52^{**}$). Na análise entre o rendimento e o espaçamento houve uma correlação negativa ($r = -0,55^{**}$), com redução do rendimento nos maiores espaçamentos.

A análise de regressão (Figura 5) das médias do rendimento com o espaçamento, mostra a tendência do aumento do rendimento à medida que se reduz o espaçamento, onde há a melhor distribuição das plantas nas linhas de cultivos.

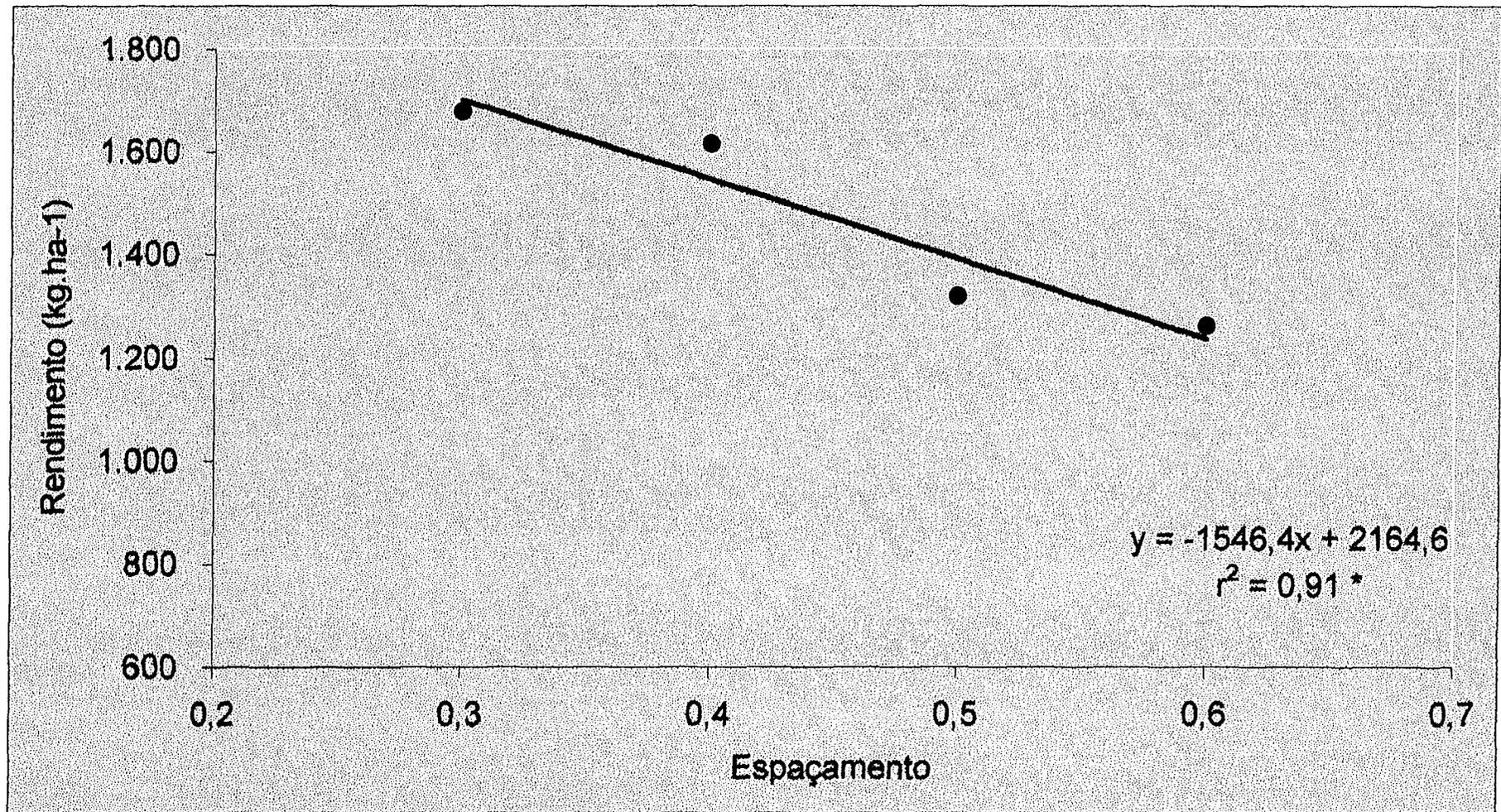


FIGURA 5 – Análise de correlação entre as médias do rendimento e espaçamento, Palmeira, PR, 2000/2001

5 CONCLUSÕES

Os arranjos espaciais das plantas influenciam a morfologia do feijoeiro.

A área foliar e a massa seca das diferentes partes das plantas são influenciadas pelo arranjo de plantas, no entanto, a massa seca total das plantas não apresenta resposta significativa para os diferentes arranjos.

Quanto aos componentes de rendimento somente o número médio de vagens se mostra influenciado pelos arranjos de plantas, crescendo à medida que se aumenta o espaçamento e o número de plantas na linha de cultivo.

O rendimento e o índice de colheita aparente são maiores no menor espaçamento, onde há distribuição mais equidistante das plantas.

6 REFERÊNCIAS

01. ADAMS, M. W. Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to the bean, *Phaseolus vulgaris*. **Crop Science**, Madison, v.7, n.5, p. 505-510, 1967.
02. ALCÂNTARA, J. P.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. Avaliação de cultivares de Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes densidades de semeadura e condições de ambiente. **Ciência e Prática**, Lavras, v.15, n.4, p. 375-384, 1991.
03. ALONÇO, A. S.; ANTUNES, I. F. Semeadura Direta de feijão em resteva de trigo, visando a colheita mecanizada direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.9, p. 629-634, 1997.
04. ARF, O.; BUZETTI, S.; SÁ, M. E.; TOLEDO, A. R. M.; OLIVEIRA, C. A. G.; FUJIWARA, R. H.; ROMEIRO, P. J. M.; NETO, G. G. Efeito de diferentes espaçamentos e densidades sobre os componentes de produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), adubação em função da área e do espaçamento entre linhas. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.1, n.1, p. 1-10, 1992.
05. ARF, O.; SÁ, M. E.; OKITA, C. S.; TIBA, M. A.; NETO, G. G.; OGASSAWARA, F. Y. Efeito de diferentes espaçamentos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília: v.31, n.9, p. 629-634, 1996.
06. BENETT, J. P.; ADAMS, M. W.; BURGA, C. Pod yield component variation and intercorrelation in *Phaseolus vulgaris* L. as affected by planting density. **Crop Science**, Madison, v.17, p. 71-78, 1977.
07. BIANCHINI, A.; MARINGONI, A. C.; CARNEIRO, S. M. T. P. G. Doenças do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (Ed.) **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1997. p. 376-399. (v. 2).
08. BRANDES, D.; MAESTRI, M.; VIEIRA, C.; GOMES, F. R. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) – I. Mudanças morfológicas e produção de matéria seca. **Experimentiae**, Viçosa, v.14, n.1, p. 1-49, 1972.

09. BRANDES, D.; MAESTRI, M.; VIEIRA, C.; GOMES, F. R. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) – II. Análise de crescimento. **Experimentiae**, Viçosa, v.15, n.1, p. 1-21, 1973.
10. CARDOSO, J. E.; RAVA, C. A.; SARTORATO, A. Doenças causadas por fungos de solo. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.) **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam o rendimento**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. p. 701-722.
11. COBUCCI, T.; FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A. Controle de plantas daninhas. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. p. 433-464.
12. COMPÊNDIO DE DEFENSIVO AGRÍCOLAS. **Guia Prático de produtos fitossanitários para uso agrícola**. 6. ed. São Paulo: Organização Andrei Editora, 1999. 672 p.
13. COSTA, J. G. C.; KOHASHI-SHIBATA, J.; COLIN, S. M. Plasticidade no feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.2, p. 159-167, 1983.
14. CROTHERS, S. E.; WESTERMANN, D. T. Plant population effects on the seed yied of *Phaseolus vulgaris* L.. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, n.6, p. 958-960, 1976.
15. DAROLT, M. R.. O sistema de plantio direto na pequena propriedade: aspectos técnicos e socioeconômicos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo. **Resumos**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. p. 111-117.
16. DAROS, E.; RONZELLI JÚNIOR, P.; COSTA, J. A.; KOEHLER, H. S. **Estresse por sombreamento e desfolhamento no rendimento e seus componentes da variedade de feijão 'Carioca'**. *Scientia Agraria*, Curitiba, v.1, n.1-2, p. 55-61, 2000.
17. DIAS, G. R. Aviso aos agricultores: "arar e gradear são prejudiciais à natureza". **Direto do Cerrado**, Brasília, Edição Especial, p. 12-13, 1999.
18. DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 386 p.
19. ELIAS, A. I.; CAMARGO, J. R. O.; ARBEX, M. Colheita mecanizada de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. (Ed.) **Feijão irrigado: Estratégias básicas de manejo**. Piracicaba: Publique, 1999. p. 102-107.
20. ELIAS, A. I.; CAMARGO, J. R. O.; ARBEX, M. **Colheita mecanizada do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Ponta Grossa: FT sementes, s/d. 7 p.

21. EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999. 412 p.
22. FAO. **Agricultural Production – FAOSTAT Agriculture Data**. Disponível em <<http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture>>. Acesso em 14 maio 2001.
23. FARIA, R. T. Espaçamento e densidade. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. (Ed.) **Cultivo do feijão no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1980. p. 25-26. (Circular técnica 18).
24. FERNANDES, J. M. C. As doenças das plantas e o sistema plantio direto. In: **Revisão anual de patologia de plantas**, 1997. p. 317-352. (v.5)
25. FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo em la planta de frijol. In: FERNANDEZ, F.; LOPES, M.; SCHOONHOVEN, A. V. (Ed.) **Frijol: Investigación y producción**. Cali:CIAT, 1982. p. 61-78.
26. FERREIRA, A. F.; SILVA, A. A.; COBUCCI, T.; FERREIRA, L. R. Manejo de plantas daninhas. In: VIEIRA, C.; PAULA, T. J.; BORÉM, A. (Ed.) **Feijão: Aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: Editora UFV, 1998. p. 326-355.
27. FRONZA, V.; VIEIRA, C.; CARDOSO, A. A.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, P. R. G. Resposta de cultivares eretos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a espaçamento entre linhas e níveis de adubação. **Revista Ceres**, Viçosa, v.41, n.235, p. 317-326, 1994.
28. FRONZA, V.; VIEIRA, C.; CARDOSO, A. A.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, P. R. G. Resposta de cultivares eretos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a espaçamento entre linhas e níveis de adubação. **Revista Ceres**, Viçosa, v.41, n.237, p. 567-583, 1994.
29. GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13 ed. Piracicaba: ESALQ, 1990. 468 p.
30. GRAFTON, K. F.; SCHNEITER, A. A.; NAGLE, B. J. Row spacing, plant population, and genotype x row spacing interaction effects on yield components of dry bean. **Agronomy Journal**, Madison, v.80, n.4, p. 63-634, 1988.
31. GUIDOLIN, A. F.; MEROTTO JUNIOR, A.; ENDER, M.; SAGONI, L.; DUARTE, I. A. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, n.4, p. 547-551, 1998.
32. HORN, F. L.; SCHUCH, L. O.; SILVEIRA, E. P.; ANTUNES, I. F.; VIEIRA, J. C.; MARCHIORO, G.; MEDEIROS, D. F.; SCHWENGBER, J. E. Avaliação de espaçamento e populações de plantas de feijão visando à colheita mecanizada direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.1, p. 41-46, 2000.
33. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Estado do Paraná 1994**. Londrina:IAPAR, 1994. 49p.

34. KRANZ, W. M. População de plantas. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, Londrina. **O Feijão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989. p.115-125. (Circular técnica 63).
35. KRINSKI, S. A.; SCHAMNE, J. A.; ABE, F. N. População de plantas para duas variedades de feijão-comum. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador. **Resumos Expandidos**. Santo Antônio de Goiás:Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 699 -701. (v1).
36. LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I; MENEZES, E. W. Qualidade Nutricional. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.) **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. p. 23 - 56.
37. LOPES, N. F.; OLIVA, M. A.; MELGES, E.; FURTADO, M. H.; FREITAS, J. G. Crescimento, morfologia, partição de assimilados e produção de matéria seca do feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) submetido a três níveis de densidade do fluxo radiante. **Revista Ceres**, Viçosa, v.30, n.172, p. 451-462, 1983.
38. MACHADO, M. F. Caracterização do meio físico da região dos Campos Gerais do Paraná. **Revista Plantio Direto**. Ponta Grossa, Edição Especial, p. 4-8, 1996.
39. MARIOT, E. J. Ecofisiologia do feijoeiro. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, Londrina. **O Feijão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989. p. 25-41. (Circular técnica 63).
40. MOURA, G. M. Efeito do desfolhamento no rendimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n.1, p. 57-62, 1999.
41. PARANÁ. Secretária de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Acompanhamento da Situação Agropecuária do Paraná**. Curitiba, v.25, n.10, 101 p, 1995.
42. PARANÁ. Secretária de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Acompanhamento da Situação Agropecuária do Paraná. **Produção agrícola (estimativa)**. Disponível em <<http://www.pr.gov.br/seab>> Acesso em 14 dez. 2000.
43. PARANÁ. Secretária de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Acompanhamento da Situação Agropecuária do Paraná. **Preço médio mensal recebido pelos produtores: Série histórica nominal**. Disponível em <<http://pr.gov.br/seab/>> Acesso em 14 jul. 2001.
44. PEREIRA, A. R. Competição intra-específica entre plantas cultivadas. **O Agrônomo**, Campinas, v.41, n.1, p. 5-11, 1989.

45. PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; Yamada, T. (Ed.) **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1996. p.101-137.
46. RIGUES, A. A. Manejo de água em sistemas agrícolas e influências na qualidade ambiental. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo. **Resumos**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. p.73-75.
47. ROCHA, J. A. M. **Produção de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em populações variáveis quanto ao número e ao arranjo de plantas**. Piracicaba, 1991. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
48. RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 4 ed. Londrina: Benedito Noeli Rodrigues, Fernando Souza de Almeida, 1998. 648 p.
49. RODRIGUES, B. N. Plantas daninhas e seu controle. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (Ed.), Londrina. **O Feijão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989. p. 167-188. (Circular técnica 63).
50. ROMERO, A. R. Agricultura sustentável e tecnologia. In: PEIXOTO, R. T. G.; AHRENS, D. C.; SAMAHA, M. J. **Plantio direto – o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: IAPAR, 1997. p. 2-14.
51. SÁ, J. C. M.. O sistema plantio direto: transformação e benefícios ao agroecossistema. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA, 1995, Castro. **Anais**. Castro: Fundação ABC, 1995. p.1-13.
52. SANDOVAL-AVILA, D. M.; MICHAELS, T. E.; MURPHY, S. D.; SWANTON, C. J. Effect of tillage and planting pattern on performance of white bean in Ontario. **Canadian Journal of Plant Science**, Ontario, v.74, p. 801-805, 1994.
53. SARTORATO, A.; RAVA, C. A.; RIOS, G. P. Doenças fúngicas e bacterianas da parte aérea. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.) **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1996. p. 669-700.
54. SCHAMNE, J. A. Arranjos espaciais influenciando a cultura do **feijoeiro em sistema de semeadura convencional**. Curitiba, 2001. 33 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Produção Vegetal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
55. SILVEIRA, J. S. M.; CAETANO, L. F.; FERRÃO, M. A. G. Espaçamento e densidade de plantio na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em condições irrigadas no Estado do Espírito Santo. **Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão**, EMBRAPA-CNPAP, 1990, p. 165-167. (Documento 27).

56. SKORA NETO, F.; DAROLT, M. R. Estratégias de controle de plantas daninhas em pequenas propriedades. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo. **Resumos**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. p. 155-156.
57. STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles e procedures of statistics with special reference to the biological sciences**. New York: McGraw-Hill Co., 1960. 481 p.
58. STONE, L. F.; PEREIRA, A. L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar na produtividade e nutrição do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.4, p. 521-533, 1994.
59. STONE, L. F.; PEREIRA, A. L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar no crescimento, desenvolvimento radicular e consumo d'água do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.6, p. 939-954. 1994.
60. STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeito do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.1, p. 83-91, 1999.
61. THOMAS, L. A.; COSTA, J. A. Influência do déficit hídrico sobre o desenvolvimento e rendimento da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.9, p. 1389-1396, 1994.
62. THOMÉ, V. M. R.; WESTPHALEN, S. L. Efeito de época de semeadura, espaçamento entre fileiras e densidade de plantas sobre o rendimento de grãos em feijoeiro. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v. 24, n.1, p. 3-29, 1989.
63. URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n.3, p. 497-506, 2000.
64. VIEIRA, C. Efeitos da densidade de plantio sobre a cultura do feijoeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v.15, n.83, p. 44-53, 1968.
65. VIEIRA, C. V.; HEMP, S. Taxonomia e morfologia do feijoeiro. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA. **A Cultura do feijão em Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 1992. p. 37-51.
66. VIEIRA, C.; ALMEIDA, L. A. Experimento de espaçamento de semeadura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.12, n.70, p. 219-228, 1965.

67. VILHORDO, B. W.; MIKUSINKI, O. M. F.; BURIN, M. E.; GANDOLFI, V. H. Morfologia. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; Yamada, T. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. p. 71–99.
68. WAHAB, M. N. J.; DABBS, D. H.; BAKER, R. J. Effects of plantig density and desing on pod yield of bush snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Canadian Journal of Plant Science**, Ontario, v.66, n.7, p. 669-775, 1986.
69. WESTERMANN, D. T.; CROTHERS, S. E. Plant population effects on the seed yied components of beans. **Crop Science**, Madison, v. 17 n. 4, p. 493-496. 1977.
70. WHITE, J. W.; IZQUIERDO, J. **Frijol: fisiologia del potencial del rendimiento y la tolerancia al estrés**. Santiago: FAO, 1989. 91 p.
71. WOOHEAD, H. O despertar da civilização. In: **A era dos reis divinos: 3000 – 1500 a.C.** Rio de Janeiro: Time-Life/Abril Livros, 1995. p. 9-36.

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 – Análise de variância do número médio de vagens, massa média de grãos, número médio de grãos por vagens e índice de colheita aparente, no estágio de desenvolvimento R₉, Palmeira, PR, 2000/2001

QUADRADOS MÉDIOS					
Fonte de Variação	GL	Número médio de vagens	Massa média de grãos	Número médio de grãos por vagens	Índice de colheita aparente
Bloco	7	3.885 ^{ns}	2.703 ^{ns}	0.241 ^{ns}	46.602 ^{ns}
Espaçamento	3	13.239 [*]	5.163 ^{ns}	0.111 ^{ns}	377.134 ^{**}
Erro	21	3.387 ^{ns}	2.787 [*]	0.286	31.983 ^{ns}
Coef. de variação (%)		19,21	10,69	11,78	15,65
χ^2		9,315	1,245	2,440	0,558

^{ns} F não significativo a 5% de probabilidade; ^{*} F significativo a 5% de probabilidade; ^{**} F significativo a 1% de probabilidade

ANEXO 2 – Análise de variância da população final e rendimento no estágio de desenvolvimento R₉, Palmeira, PR, 2000/2001

Fonte de Variação	GL	População final	Rendimento
Bloco	7	5177356.138 ^{ns}	58156.888 ^{ns}
Espaçamento	3	2355395.448 ^{ns}	348565.865 [*]
Erro	21	11791122.519	83376.031 ^{ns}
Coef. de variação (%)		1,28	19,66
χ^2		1,469	1,362

^{ns} F não significativo a 5% de probabilidade; ^{*} F significativo a 5% de probabilidade; ^{**} F significativo a 1% de probabilidade

ANEXO 3 – Análise de variância do número de vagens do caule, ramos e total, número de nós com vagens do caule, ramos e total e massa seca de vagens, nos estádio de desenvolvimento R₇, R₈ e R₉, Palmeira, PR, 2000/2001

Fonte de Variação	GL	QUADRADOS MÉDIOS						
		Número de vagens			Número de nós com vagens			Massa seca de vagens
		caule	ramos	Total	caule	ramos	total	
Bloco	7	2.298	16.631	16.190	0.443	3.929	2.932	3.677
Espaçamento (A)	3	9.509 ^{ns}	59.117 ^{**}	105.746 [*]	3.167 [*]	15.737 [*]	27.514 ^{**}	2.822 ^{ns}
Erro	21	5.861	11.533	28.539	0.921	3.229	5.058	2.072
Estádio (B)	2	215.964 ^{**}	210.817 ^{**}	713.233 ^{**}	92.424 ^{**}	55.392 ^{**}	234.061 ^{**}	571.732 ^{**}
A x B	6	5.154 ^{ns}	9.321 ^{ns}	26.265 ^{ns}	1.923 ^{ns}	2.093	6.904 ^{ns}	3.230 [*]
Erro	56	4.161	7.576	15.615	1.150	2.278	4.098	1.219
Coef. de variação (%)		25.33	41.17	26.81	24.25	38.36	24.22	16.46
χ^2		35,748	28,682	28,260	24,120	26,184	27,919	20,776

^{ns} F não significativo a 5% de probabilidade; * F significativo a 5% de probabilidade; ** F significativo a 1% de probabilidade

ANEXO 4 – Análise de variância do número de folhas, massa seca das folhas, área foliar e massa seca de pecíolos, nos estádio de desenvolvimento R₆, R₇, R₈ e R₉, Palmeira, PR, 2000/2001

Fonte de Variação	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		Folhas			Pecíolos Massa seca
		Número	Massa seca	Área foliar	
Bloco	7	8.161	0.399	3351333.995	0.095
Espaçamento (A)	3	17.336 ^{ns}	3.257 ^{**}	24865405.212 [*]	0.250 [*]
Erro	21	8.591	0.632	5102641.953	0.077
Estádio (B)	3	808.226 ^{**}	65.235 ^{**}	493959525.362 ^{**}	8.348 ^{**}
A x B	9	8.170 ^{ns}	0.504 ^{ns}	4028742.775 ^{ns}	0.027 ^{ns}
Erro	84	6.130	0.486	3783269.314	0.056
Coeficiente de variação (%)		15.51	11.31	22.71	7,75
χ^2		26,608	36,748	29,430	24,089

^{ns} F não significativo a 5% de probabilidade; * F significativo a 5% de probabilidade; ** F significativo a 1% de probabilidade

ANEXO 5 – Análise de variância da estatura, diâmetro, número de nós do caule, massa seca de caule e massa seca total, nos estádio de desenvolvimento R₆, R₇, R₈ e R₉, Palmeira, PR, 2000/2001

Fonte de Variação	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		Caule				Massa seca total
		Estatura	Diâmetro	Número de nós	Massa seca	
Bloco	7	26.747	0.004	0.652	0.117	8.806
Espaçamento (A)	3	421.635 **	0.014 *	2.720 ^{ns}	1.501 *	28.917 *
Erro	21	81.428	0.003	1.469	0.323	8.992
Estádio (B)	4	20021.184 **	0.051**	179.151 **	37.462 **	921.518 **
A x B	12	62.731 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.283	0.206	3.025
Erro	112	47.742	0.002	0.799	0.257	3.794
Coefficiente de variação (%)		11.51	9.17	8.06	11.46	10.56
χ^2		43,618	17,673	31,362	36,597	41,469

^{ns} F não significativo a 5% de probabilidade; * F significativo a 5% de probabilidade; ** F significativo a 1% de probabilidade

ANEXO 6 – Análise de variância do número de ramos, comprimento de ramos, número de nós dos ramos e massa seca dos ramos, nos estádio de desenvolvimento R₆, R₇, R₈ e R₉, Palmeira, PR, 2000/2001

Fonte de Variação	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		Ramos			
		Número	Comprimento	Número de nós	Massa seca
Bloco	7	0.614	5.899	0.328	0.127
Espaçamento (A)	3	2.153 **	115.567 *	1.243 **	0.936 **
Erro	21	0.413	23.714	0.225	0.176
Estádio (B)	4	4.781 **	5857.765 **	43.380 **	5.694 **
A x B	12	0.204	36.663 ^{ns}	0.323 ^{ns}	0.172 *
Erro	112	0.304	22.579	0.295	0.087
Coefficiente de variação (%)		29.19	21.06	18.61	11.28
χ^2		18,068	40,322	41,751	40,342

^{ns} F não significativo a 5% de probabilidade; * F significativo a 5% de probabilidade; ** F significativo a 1% de probabilidade

ANEXO 7 - Análise de correlação das características morfológicas com o rendimento e espaçamento, Palmeira, PR, 2000/2001

Rendimento x Características morfológicas	
Rendimento x Número de folhas	0,14 ^{ns}
Rendimento x Área Foliar	-0,10 ^{ns}
Rendimento x Estatura da planta	-0,15 ^{ns}
Rendimento x Diâmetro de caule	-0,08 ^{ns}
Rendimento x Número de nós no caule	0,05 ^{ns}
Rendimento x Número de nós no ramos	-0,12 ^{ns}
Rendimento x Número de ramos	-0,14 ^{ns}
Rendimento x Comprimento de ramos	-0,17 ^{ns}
Rendimento x Número de nós com vagem no caule	-0,12 ^{ns}
Rendimento x Número de nós com vagem nos ramos	-0,07 ^{ns}
Rendimento x Número de nós com vagem na planta	-0,12 ^{ns}
Rendimento x Número de vagens no caule	-0,05 ^{ns}
Rendimento x Número de vagens nos ramos	-0,08 ^{ns}
Rendimento x Número de vagens na planta	-0,08 ^{ns}
Espaçamento x Características morfológicas	
Espaçamento x Número de folhas	0,29 ^{ns}
Espaçamento x Área Foliar	0,65 ^{**}
Espaçamento x Estatura da planta	0,37 ^{**}
Espaçamento x Diâmetro de caule	0,44 [*]
Espaçamento x Número de nós no caule	0,28 ^{ns}
Espaçamento x Número de nós nos ramos	0,54 ^{**}
Espaçamento x Número de ramos	0,51 ^{**}
Espaçamento x Comprimento de ramos	0,42 [*]
Espaçamento x Número de nós com vagem no caule	0,14 ^{ns}
Espaçamento x Número de nós com vagem nos ramos	0,49 ^{**}
Espaçamento x Número de nós com vagem na planta	0,48 ^{**}
Espaçamento x Número de vagens no caule	0,21 ^{ns}
Espaçamento x Número de vagens nos ramos	0,49 ^{**}
Espaçamento x Número de vagens na planta	0,44 [*]

ANEXO 8 - Análise de correlação dos ramos com vagens, folhas e área foliar, Palmeira, PR, 2000/2001

Ramos x folhas	
Ramos x Número total de vagens	0,64 **
Ramos x Número de folhas	0,79 **
Ramos x Área foliar	0,73 **
Área foliar x Número de folhas	0,67 **

ANEXO 9 - Análise de correlação do rendimento com massa seca, Palmeira, PR, 2000

Rendimento x Massa seca	
Rendimento x Massa seca do caule	-0,17 ns
Rendimento x Massa seca de ramos	-0,04 ns
Rendimento x Massa seca de pecíolos	-0,22 ns
Rendimento x Massa seca de vagens	0,16 ns
Rendimento x Massa seca de folhas	0,04 ns
Rendimento x Massa seca total	0,01 ns
Rendimento x Índice de colheita aparente	0,75 **
Espaçamento x Massa seca	
Espaçamento x Massa seca do caule	0,56 **
Espaçamento x Massa seca de ramos	0,51 **
Espaçamento x Massa seca de pecíolos	0,62 **
Espaçamento x Massa seca de vagens	0,29 ns
Espaçamento x Massa seca de folhas	0,42 *
Espaçamento x Massa seca total	0,50 **
Espaçamento x Índice de colheita aparente	-0,72 **
Massa seca total x Seus componentes	
Massa seca total x Massa seca do caule	0,82 **
Massa seca total x Massa seca de ramos	0,87 **
Massa seca total x Massa seca de pecíolos	0,76 **
Massa seca total x Massa seca de vagens	0,89 **
Massa seca total x Massa seca de folhas	0,67 **

ANEXO 10 - Análise de correlação do espaçamento com o rendimento e seus componentes,
Palmeira, PR, 2000/2001

Rendimento x Componentes do rendimento	
Rendimento x Número médio de vagens	-0,29 ^{ns}
Rendimento x Massa média de grãos	0,84 ^{**}
Rendimento x Número médio se grãos por vagens	0,44 ^{ns}
Espaçamento x Rendimento e seus componentes	
Espaçamento x Rendimento	-0,55 ^{**}
Espaçamento x Número médio de vagens	0,52 ^{**}
Espaçamento x Massa média de grãos	-0,34 ^{ns}
Espaçamento x Número médio se grãos por vagens	0,02 ^{ns}