

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIAS E RECURSOS NATURAIS
DOUTORADO TEMÁTICO EM RECURSOS NATURAIS**

**MORFOFISIOLOGIA E RENDIMENTO DE FAVA SOB
DIFERENTES CONDIÇÕES DE MANEJO CULTURAL**

TESE

LUIZ JOSÉ VIEIRA DE MELO

**Campina Grande – Paraíba
Setembro / 2005**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

LUIZ JOSÉ VIEIRA DE MELO
MS. Engenharia Agrícola

**MORFOFISIOLOGIA E RENDIMENTO DE FAVA SOB DIFERENTES
CONDIÇÕES DE MANEJO CULTURAL**

Orientadores: Prof. Dr. PEDRO DANTAS FERNANDES
Prof. Dr. HANS RAJ GHEYI

**Tese apresentada à Coordenação do Curso
de Doutorado Temático em Recursos
Naturais, do Centro de Tecnologias e
Recursos Naturais, da Universidade Federal
de Campina Grande, em cumprimento às
exigências para obtenção do Título de
Doutor.**

Área de Concentração: Sistema Água-Solo-
Planta-Atmosfera

Sub-Área de Concentração: Manejo de Solo
e Água

CAMPINA GRANDE
Estado da Paraíba - Brasil
Setembro / 2005

DEDICATÓRIAS

Em memória de meu Sogro, Cícero Pereira da Silva, grande exemplo de sabedoria, honestidade e dedicação à família.

Aos entes queridos, João Pereira da Silva, Pe. Jaime e Cláudio Pereira da Paz.

MINHA HOMENAGEM

A minha esposa Fátima, maior exemplo de dedicação, amor e carinho, que soube, pacientemente me apoiar nos momentos difíceis que passamos e acreditar que os planos traçados por Deus jamais seriam alterados.

Aos meus filhos Marília e Pedro, pelo amor, carinho e crédito de confiança que sempre depositaram em mim. Razão da minha vida!

DEDICO

Aos meus Pais Luiz e Cecília exemplos de fé, amor, honestidade, justiça e compromisso com a família, aos quais, devo toda a minha vida.

A minha sogra Nailde, pelo amor de filho a mim dedicado, e pelo senso de justiça, honestidade e dedicação a família.

Aos meus irmãos Célia, Leônidas e Lenildo, e meus cunhados Adelmo, Maria José, Edilson, Dinamérico, Emersom e Fabio, Carla e Socorro

Aos meus Sobrinhos, Cacau, Cinthya, Gledsom, Amanda, Cecília, Ana Cecília, Luciana e Virginia, e ao genro Felipe

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida e pelas oportunidades dadas para meu desenvolvimento cultural.

A Coordenação do curso de Doutorado Temático em Recursos Naturais, da Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade a mim concedida conclusão desse curso.

A Coordenação da Pós-Graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelas condições a mim oferecidas para conclusão desses estudos.

Ao Professor, Benedito Luiz Correia, diretor do Colégio Dom Agostinho Íkas, pela confiança em mim depositada durante a realização desse curso. Aos professores Cláudia e Ricardo por toda a colaboração dispensada.

Ao Colégio Dom Agostinho Íkas, por ter me recebido como professor e pelas condições oferecidas para realização desse curso.

A Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida durante o desenvolvimento desse curso.

A Empresa Paraibana de Pesquisa Agropecuária – EMEPA, em especial aos pesquisadores, Miguel Barreiro, Presidente, e Dr. Camilo Flamarion, por todo apoio fornecido durante o desenvolvimento dos trabalhos de pesquisa em campo.

Aos Professores, Dr. Pedro Dantas Fernandes e Dr. Hans Raj Gheyi, pelos ensinamentos dispensados durante o desenvolvimento do curso e redação deste trabalho.

Aos professores José Dantas Neto, Marx Prestes Barbosa e Márcia Maria Rios Ribeiro, pelos ensinamentos dispensados durante a realização desse curso.

Ao primo-irmão, Paulo Roberto, pela grande amizade a mim dispensada desde a nossa infância e pela participação positiva em muitos momentos de nossas vidas.

A grande amiga, e madrinha, Lourdinha, pela indispensável contribuição para minha formação em educador.

Aos colegas de curso, Sérgio Viana e Paulo César, pela amizade e companheirismo durante todo o curso.

Ao pessoal do Laboratório de Irrigação e Salinidade, LIS, pelo auxílio dispensado em vários momentos do curso.

Ao Pessoal da Estação Experimental do Abacaxi, pelo auxílio na realização das atividades de campo.

Ao colega, Evandro Galdino (Preto), técnico agrícola de fato da Estação Experimental do Abacaxi, pela dedicação dispensada aos projetos desenvolvidos no campo.

Aos amigos, Tony e Roseane, Marlucinho, Marta e Inês Cristina, pelos excelente momentos de convívio.

Aos colegas da EAF de Vitória de Santo Antão, em especial, Alberto Brito, Pedro, Nélio, Velda, Inês, Edmilsom, Celso Gama e Rogério, pelos bons momentos passados nessa Instituição.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xiii
MORFOFISIOLOGIA E RENDIMENTO DE FAVA SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE MANEJO CULTURAL	xvi
RESUMO	xvi
MORPHOPHYSIOLOGY AND YIELD OF LIMA BEAN UNDER DIFFERENT CULTIVATION CONDITIONS.....	xvii
ABSTRACT	xvii
CAPÍTULO I	
1.1. INTRODUÇÃO.....	1
1.2. REVISÃO DE LITERATURA	3
1.2.1. Aspectos Gerais da Cultura da Fava.....	3
1.2.2. Aspectos Botânicos	6
1.2.2.1. Plântula	9
1.2.2.2. Raiz.....	10
1.2.2.3. Caule.....	10
1.2.2.4. Folhas	11
1.2.2.5. Inflorescência	12
1.2.2.6. Fruto	13
1.2.2.7. Sementes.....	14
1.2.3. Clima e Solo	17
1.2.4. Crescimento e Desenvolvimento.....	19
1.2.5. Relações Hídricas	23
1.2.6. Fotossíntese – Fluorescência da Clorofila “a”.....	26
1.3. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
1.3.1. Caracterização da Área Experimental	29
1.3.1.1. Localização e Climatologia	29
1.3.1.2. Características Físico-Hídricas do Solo.....	30
1.3.1.3. Preparo do Solo, Semeadura e Práticas Culturais.....	30
CAPÍTULO II	
MORFOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE VARIEDADES DE FAVA CULTIVADAS EM REGIME DE SEQUEIRO E COM SUPLEMENTAÇÃO HÍDRICA.....	32
2.1. RESUMO	32
MORPHOPHYSIOLOGY AND PRODUCTION OF LIMA BEAN VARIETYS, CULTIVATED UNDER DRY AND IRRIGATED REGIMES.....	33

2.2. ABSTRACT	33
2.3. MATERIAL E MÉTODOS.....	34
2.3.1. Descrição e Delineamento Experimental	34
2.4. Características e Variáveis Avaliadas.....	36
2.4.1. Características Morfológicas	36
2.4.1.1. Hábito de Crescimento	36
2.4.1.2. Cor de Hipocótilo	37
2.4.1.3. Cor de Cotilédones	37
2.4.1.4. Cor de Nervura da Folha Primária.....	37
2.4.1.5. Pigmentação de Caule	37
2.4.1.6. Orientação dos Ramos: Tipo Determinado	38
2.4.1.7. Distribuição dos Ramos: Tipo Indeterminado.....	38
2.4.1.8. Cor da Folha Definitiva	39
2.4.1.9. Forma do Foliolo Central	39
2.4.1.10. Tamanho do Botão Floral.....	39
2.4.1.11. Cor das Asas das Flores.....	40
2.4.1.12. Cor do Estandarte	40
2.4.1.13. Cor de Quilha	41
2.4.1.14. Abertura de Asas	41
2.4.1.15. Cor de Vagem.....	41
2.4.1.16. Comprimento de Vagem.....	42
2.4.1.17. Largura de Vagem	42
2.4.1.18. Curvatura de Vagem.....	42
2.4.1.19. Deiscência de Vagens.....	43
2.4.1.20. Cor de Fundo da Semente.....	43
2.4.1.21. Cor Padrão da Semente	43
2.4.1.22. Segunda Cor Padrão da Semente.....	44
2.4.1.23. Formato de Sementes.....	44
2.4.2. Variáveis de Crescimento e Desenvolvimento da Planta	44
2.4.2.1. Área Foliar (AF)	45
2.4.2.2. Índice de Área Foliar (IAF).....	46
2.4.2.3. Razão de Área Foliar (RAF).....	46
2.4.2.4. Taxa de Crescimento Absoluto em Fitomassa Seca (TCA_{FSPA}).....	47
2.4.3. Floração	47
2.4.4. Eficiência Fotossintética.....	47
2.4.5. Variáveis Relativas à Produção	48
2.4.5.1. Número de Vagens por Planta (NVP)	48
2.4.5.2. Variáveis Relativas à Semente	48
2.4.5.2.1. Peso Relativo da Semente (PRS).....	48

2.4.5.2.2. Número de Sementes por Vagem (NSV)	48
2.4.5.2.3. Tamanho das Sementes	48
2.4.5.3. Produtividade Média (PM)	49
2.4.5.4. Composição Química das Sementes	49
2.4.6. Análises Estatísticas	49
2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
2.5.1. Hábito de Crescimento	52
2.5.2. Características Morfológicas	54
2.5.2.1. Cor de Hipocótilo e de Cotilédones	54
2.5.2.2. Folhas Primárias	54
2.5.2.3. Caule e Ramos	54
2.5.2.4. Folha Definitiva	56
2.5.2.5. Inflorescência	57
2.5.2.6. Vagem	60
2.5.2.7. Sementes	62
2.5.3. Variáveis de Crescimento/Desenvolvimento	65
2.5.3.1. Fitomassa Seca da Parte Aérea (FSPA), Número de Folhas (NF), Área Foliar (AF) e Razão de Área Foliar (RAF)	66
2.5.3.2. Taxa de Crescimento Absoluto da Cultura em Fitomassa Seca (TCA_{FS})	79
2.5.4. Eficiência Fotossintética	80
2.5.5. Floração	82
2.5.6. Índices de Produção	84
2.5.6.1. Número de Vagens por Planta (NVP), Número de Sementes por Vagem (NSV) e Peso Relativo de Semente (PRS)	84
2.5.6.2. Tamanho das Sementes	87
2.5.6.3. Produtividade Média (PM)	88
2.5.6.4. Composição Química das Sementes	90
2.6. CONCLUSÕES	93
CAPÍTULO III	
CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE SETE VARIEDADES DE FAVA SUBMETIDAS A QUATRO LÂMINAS DIARIAS DE IRRIGAÇÃO	94
3.1. RESUMO	94
GROWTH AND YIELD OF SEVEN LIMA BEAN VARIETYS UNDER TO FOUR DAILY IRRIGATION DEPTHS	95
3.2. ABSTRAT	95
3.3. MATERIAL E MÉTODOS	96
3.3.1. Descrição do Experimento	96
3.3.2. Determinação das Variáveis Observadas	97
3.3.2.1. Variáveis Crescimento e Desenvolvimento da Planta	97

3.3.2.2. Índices de Produção.....	98
3.3.2.3. Análises Estatísticas	98
3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	100
3.4.1. Avaliação de Crescimento/Desenvolvimento.....	102
3.4.1.1. Fitomassa Seca da Parte Aérea (FSPA), Número de Folhas (NF), Área Foliar (AF), Razão de Área Foliar (RAF) e Índice de Área Foliar (IAF).....	103
3.4.1.2. Taxa de Crescimento Absoluto em relação a Fitomassa Seca da Parte Aérea (TCA _{FSPA}) e Taxa de Crescimento Relativo em relação a Fitomassa Seca da Parte Aérea (TCR _{FSPA}).....	112
3.4.2. Eficiência fotossintética da clorofila “a”	115
3.4.3. Floração	116
3.4.4. Índices de Produção.....	119
3.5. CONCLUSÕES	127
CAPÍTULO IV	
CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA FAVA (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) SUBMETIDA A QUATRO LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DUAS DENSIDADES DE PLANTIO... 128	
4.1. RESUMO	128
GROWTH AND PRODUCTION OF LIMA BEAN (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) UNDER FOUR IRRIGATION DEPTH AND TWO PLANTATION DENSITIES. 129	
4.2. ABSTRACT	129
4.3. MATERIAL E MÉTODOS.....	130
4.3.1. Variáveis Avaliadas.....	131
4.3.1.1. Índices de Crescimento.....	131
4.3.1.2. Índices de Produção.....	132
4.3.1.3. Análises Estatísticas	133
4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	134
4.4.1. Condições de Desenvolvimento do Ensaio	134
4.4.2. Índices de Crescimento da Planta.....	135
4.4.2.1. Fitomassa Seca da Parte Aérea (FSPA), Número de Folhas (NF), Área Foliar (AF), Índice de Área Foliar (IAF) e Razão de Área Foliar (RAF).....	135
4.4.2.2. Taxa de Crescimento Absoluto e Taxa de Crescimento Relativo da Cultura em Fitomassa Seca da Parte Aérea (TCA _{FSPA} e TCR _{FSPA}).....	145
4.4.3. Componentes da Produção	149
4.5. CONCLUSÕES	157
V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	158

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.01. Produção (toneladas) e distribuição (%) da fava produzida nas diversas regiões do País, no período de 1999 até 2003. Sapé-PB, 2005.	3
Tabela 1.02. Rendimento médio de fava no período de 1998 a 2003 (em kg.ha ⁻¹), e evolução da produtividade nesse período. Sapé-PB, 2005.....	4
Tabela 1.03. Área plantada (ha) com fava (<i>Phaseolus lunatus</i>) no Brasil, no Nordeste e na Paraíba, no período de 1998 a 2003. Sapé-PB, 2005.....	5
Tabela 1.04. Classificação do tamanho da semente de feijão comum em função do peso médio (g) de 100 sementes. Sapé-PB, 2005.	15
Tabela 1.05. Classificação de grãos de feijão de acordo com o coeficiente J (relação comprimento/largura). Sapé-PB, 2005.	16
Tabela 1.06. Classificação de grãos de feijão de acordo com o coeficiente H (relação espessura/largura). Sapé-PB, 2005	16
Tabela 1.07. Características físico-hídricas do solo coletado da área experimental, nas profundidades de 0 a 30 e de 30 a 60 cm. Sapé-PB, 2005.....	30
Tabela 2.01. Nome vulgar das 13 variedades de fava utilizadas nesse projeto. Sapé-Paraíba, 2005.	34
Tabela 2.02. Valores de evapotranspiração de referência calculados segundo Hargreaves e Samanni (1985) para o município de Sapé-PB, no período de abril a agosto de 2003. Sapé-PB, 2005.	35
Tabela 2.03. Resultado de análise de fertilidade do solo da área experimental. Sapé-PB, 2005.	36
Tabela 2.04. Classificação do formato do folíolo central de plantas de fava em função da relação entre o seu comprimento (C) e a sua largura máxima (L). Sapé-PB, 2005.	39
Tabela 2.05. Classificação do tamanho do botão floral de inflorescência de fava. Sapé-PB, 2005.	40
Tabela 2.06. Esquema geral da análise estatística aplicada no experimento I. Sapé-PB, 2005.	50
Tabela 2.07. Lâmina de água total recebida por chuva, irrigação e chuva + irrigação pelas treze variedades de favas estudadas. Sapé-PB, 2005.	51
Tabela 2.08. Hábito de crescimento das variedades de fava (<i>Phaseolus lunatus</i>) estudadas no projeto. Sapé-PB, 2005.	53
Tabela 2.09. Resumo da Análise de Variância (ANAVA) da razão entre o comprimento e a largura máxima do folíolo central (C/L) e classificação do formato do folíolo das treze variedades de fava. Sapé-PB, 2005.	57
Tabela 2.10. Resumo da análise de variância do tamanho do botão floral e classificação	

do tamanho do botão floral de treze variedades de fava, sob sequeiro e com suplementação hídrica. Sapé-PB, 2005.	58
Tabela 2.11. Análise descritiva das médias relativas ao tamanho do botão floral de diversas variedades de fava estudadas no Experimento I. Sapé-PB, 2005.	59
Tabela 2.12. Cor das asas das flores observadas em diversas variedades de fava. Sapé-PB, 2005.	60
Tabela 2.13. Resumo de ANAVA relativa ao comprimento (C) e largura (L) das vagens para os fatores Variedade e Irrigação. Sapé-PB, 2005.	61
Tabela 2.14. Valores médios do comprimento e da largura das vagens de diversas variedades de fava estudada nesse experimento. Sapé-PB, 2005.	62
Tabela 2.15. Classificação do formato das sementes de treze variedades de fava, em relação ao índice Comprimento/Largura e Espessura/Largura (Puerta Romero (1961). Sapé-PB, 2005.	63
Tabela 2.16. Classificação da cor das sementes das diversas variedades de fava observadas, segundo IPGRI (2001). Sapé-PB, 2005.	63
Tabela 2.17. Lâmina de água total recebida por chuva, irrigação e chuva + irrigação pelas treze variedades de favas, até a terceira avaliação (fase de produção). Sapé-PB, 2005.	65
Tabela 2.18. Resumo de ANAVA para fitomassa seca da parte aérea (FSPA), área foliar (AF), número de folhas (NF) e razão de área foliar (RAF) de treze variedades de fava cultivadas em sequeiro e com irrigação suplementar, na terceira avaliação. Sapé-PB, 2005.	71
Tabela 2.19. Comparação de médias dos tratamentos Cultivares (C) e Irrigação (I) para fitomassa seca da parte aérea (FSPA), área foliar (AF), Número de folhas (NF) e razão de área foliar (RAF), na terceira avaliação de crescimento (fase de produção). Sapé-PB, 2005.	74
Tabela 2.20. Resumo de ANAVA para o desdobramento da interação Variedade © e Irrigação (I) para fitomassa seca da parte aérea (FSPA), na terceira avaliação de crescimento. Sapé-PB, 2005.	77
Tabela 2.21. Comparações de médias relativas ao desdobramento de variedades (C) dentro de irrigação (I) e de I dentro de C, para fitomassa seca da parte aérea (FSPA) em treze variedades de fava. Sapé-PB, 2005.	78
Tabela 2.22. Resumo de ANAVA da eficiência do fotossistema II medida na segunda e terceira avaliação (floração e produção, respectivamente) de treze variedades de fava cultivadas sob dois regimes de irrigação. Sapé-PB, 2005.	81
Tabela 2.23. Média dos valores de eficiência fotossintética obtidas da ANAVA relativas à segunda e terceira avaliação (floração e produção, respectivamente) das treze variedades de fava estudadas. Sapé-PB, 2005.	82
Tabela 2.24. Resumo de ANAVA para o número de vagens por planta (NVP), número	

de sementes por vagem (NSV) e peso relativo de sementes (PRS) de treze variedades de fava em dois regimes de irrigação. Sapé-PB, 2005.	85
Tabela 2.25. Média dos valores de número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV) e peso relativo de sementes (PRS) (%g.g ⁻¹) de treze variedades de fava estudadas em dois regimes de irrigação. Sapé-PB, 2005.	86
Tabela 2.26. Análise de variância do peso médio de 100 sementes de treze variedades de fava, em relação ao sistema de cultivo empregado (com irrigação suplementar e sem irrigação). Sapé-PB, 2005.	87
Tabela 2.27. Médias dos valores de peso médio de 100 sementes de treze variedades de fava, cultivadas sob dois regimes de irrigação, e sua classificação, segundo Mateo Box (1961). Sapé-PB, 2005.	88
Tabela 2.28. Análise de variância da produtividade média (g.m ⁻²) de treze variedades de fava, sob dois regimes de irrigação. Sapé-PB, 2005)	90
Tabela 2.29. Médias dos valores de produtividade média de treze variedades de fava, sob dois regimes de irrigação. Sapé-PB, 2005.	90
Tabela 2.30. Composição química das sementes das de 13 variedades de fava. Sapé-PB, 2005.	92
Tabela 3.01. Esquema de análise de variância do experimento II. Sapé-PB, 2005.	99
Tabela 3.02. Comprimento do dia para os meses de novembro, dezembro e janeiro, e diferença desses valores para os meses de abril, maio e junho, para o município de Sapé-PB, Latitude 7°30'S. Sapé-PB, 2005.	102
Tabela 3.03. Lâmina total (mm) de água recebida pelas parcelas em cada tratamento, na avaliação de florescimento e de produção. Sapé-PB, 2005.	103
Tabela 3.04. Resumo da ANAVA de variáveis de crescimento para três variedades de fava produzidas sob quatro lâminas de irrigação, em avaliação realizada na fase de florescimento. Sapé-PB, 2005.	104
Tabela 3.05. Desdobramento da fonte Irrigação (I) dentro das Variedade para variáveis de crescimento de três genótipos de fava em quatro lâminas de irrigação. Sapé-PB, 2005.	106
Tabela 3.06. Aumento percentual em FSPA, NF, AF e IAF para cada incremento de 10 mm de lâmina aplicada, para às regressões significativas nas variedades Boca-de-moça e Feijão. Sapé-PB, 2005.	108
Tabela 3.07. Desdobramento de variedades dentro das lâminas de irrigação, para variáveis de crescimento de três variedades de fava produzida sob quatro lâminas de irrigação, na fase de florescimento. Sapé-PB, 2005.	109
Tabela 3.08. Resumo da ANAVA de variáveis de crescimento para três variedades de favas produzidas sob quatro lâminas de irrigação, em avaliação realizada na fase de produção. Sapé-PB, 2005.	111
Tabela 3.09. Resumo de ANAVA para TCA _(FSPA) e TCR _(FSPA) em três variedades de	

fava sob quatro lâminas de irrigação. Sapé-PB, 2005.	113
Tabela 3.10. Desdobramento da fonte Irrigação (I) dentro das variedades para TCA_{FSPA} e TCR_{FSPA} , entre as avaliações de crescimento na fase de floração e de produção, em três variedades de fava. Sapé-PB, 2005.	114
Tabela 3.11. Resumo da análise de variância realizada para avaliação da eficiência fotossintética da clorofila “a” (elétron.quantum ⁻¹) em folhas de três variedades de fava, sob quatro lâminas de irrigação, na fase de florescimento e de produção. Sapé-PB, 2005.	116
Tabela 3.12. Aporte total de água ao solo por irrigação + chuva durante o experimento, em função do ciclo das três variedades de fava (em semanas após o semeio), sob quatro tratamentos de irrigação. Sapé-PB, 2005.	119
Tabela 3.13. Resumo da ANAVA de índices de produção de três variedades de fava produzida sob quatro lamas de irrigação. Sapé-PB, 2005.	122
Tabela 3.14. Desdobramento da fonte Irrigação (I) dentro das variedades para NVP e PM em três variedades de fava. Sapé-PB, 2005.	125
Tabela 4.01. Esquema das análises estatísticas realizadas no experimento III. Sapé-PB, 2005.	133
Tabela 4.02. Dados climatológicos observados em Sapé-PB no período de outubro de 2004 a fevereiro de 2005. Sapé-PB, 2005.	134
Tabela 4.03. Polinômios quadráticos dos índices de crescimento FSPA, AF, NF, IAF e RAF em relação ao número DAS e ponto máximo para cultivo de fava sob quatro lâminas de irrigação. Sapé-PB, 2005.	139
Tabela 4.04. Resumo de ANAVA para FSPA, AF, NF, IAF e RAF realizada aos 75 DAS em cultivo de fava sob quatro lâminas de irrigação e duas densidades de plantio. Sapé-PB, 2005.	143
Tabela 4.05. Resumo da ANAVA para FSPA, AF, NF, IAF e RAF realizada aos 147 DAS em variedade de fava submetida a quatro lâminas de irrigação e duas densidades de plantio. Sapé-PB, 2005.	144
Tabela 4.06. Resumo da ANAVA para o número de vagens por cova (NVP), peso médio de 100 sementes (PS_{100}), número de sementes por vagem (NSV), peso relativo da semente (PRS) e produção média (PM), para fava Boca-de-moça cultivada sob quatro lâminas de irrigação e duas densidades de plantio. Sapé-PB, 2005.	154
Tabela 4.07. Classificação do tamanho do grão de fava Boca-de-moça cultivada sob quatro lâminas de irrigação e duas densidades de plantio. Sapé-PB, 2005.	155

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.01. Hábito de crescimento do gênero <i>Phaseolus</i> : (A) Tipo I, (B) Tipo II, (C) Tipo III e (D) Tipo IV (Portes, 1996 e Vilhordo <i>et al.</i> , 1996).....	8
Figura 1.02. Estabelecimento da plântula: (A) crescimento da radícula; (B) alongamento do hipocótilo; (C) hipocótilo ereto, cotilédones livres, alongamento da raiz principal e desenvolvimento de raízes secundárias; (D) folhas primárias expandidas (Vilhordo <i>et al.</i> , 1996).	9
Figura 1.03. Germinação epígea em semente de fava (<i>Phaseolus lunatus</i>) com cotilédones emergindo acima do solo.....	10
Figura 1.04. (A) Folhas primárias e (B) permanente de fava (<i>Phaseolus lunatus</i> L.)....	11
Figura 1.05. Inflorescência de fava (<i>Phaseolus lunatus</i> L.).....	13
Figura 1.06. Detalhe da flor de planta de fava (<i>Phaseolus lunatus</i> L.).....	13
Figura 1.07. Vagens de fava (<i>Phaseolus lunatus</i> L.), variedades Roxa e Feijão.	14
Figura 1.08. Terminologia das partes da semente de fava (IPGRI, 2001).	15
Figura 1.09. Efeitos de tensão de água sobre a fotossíntese e expansão de folha de girassol (Taiz e Zeiger, 2003).....	24
Figura 1.10. Efeitos relativos do déficit hídrico sobre a fotossíntese e a translocação em sorgo (Taiz e Zeiger, 2003).	24
Figura 1.11. Curva de precipitação para a região de Sapé-PB. Normais Climatológicas de 1961 a 1990 (DNMET, 1992).....	29
Figura 2.01. Desenho esquemático da parcela experimental do Experimento I.....	35
Figura 2.02. Orientação dos ramos, hábito de crescimento determinado: (A) laterais curtos e eretos; (B) médios, perpendiculares ao caule principal e (C) estendido sobre a terra. (Fonte: IPGRI, 2001).	38
Figura 2.03. Forma de medição do tamanho do botão floral em fava (Fonte: IPGRI, 2001).....	40
Figura 2.04. Abertura das asas de flores de fava; (A) Paralelas ou fechadas, (B) Mediamente abertas, (C) Muito separadas (Fonte: IPGRI, 2001).....	41
Figura 2.05. Curvatura das vagens de fava: (A) Direita, (B) Ligeiramente curva e (C) Curva (Fonte: IPGRI, 2001).	42
Figura 2.06. Lâmina de água (L) recebida pelo solo, proveniente da chuva e da irrigação suplementar, em função do número de semanas após o semênio (SAS).....	52
Figura 2.07. Variedades de fava com hábito de crescimento indeterminado trepador (A) e determinado (B).	53
Figura 2.08. Cor do hipocótilo e dos cotilédones em algumas variedades de fava estudadas, A – Raio-de-sol; B - Cancão; C - Manteiga; D – “De coca”; E – Boca-de-moça; F – Feijão; G – Orelha-de-vó; H – Branquinha; I – Lavandeira.....	55

Figura 2.09. Presença de pigmentação, antocianina, no caule, de fava Raio-de-sol (A) e variedade de fava sem pigmentação (B).....	56
Figura 2.10. Flores de variedades de fava (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) mostrando a cor esverdeada da quilha e dos estandartes, e a posição das asas, fechadas e paralelas, após a sua abertura.....	60
Figura 2.11, Imagens das sementes das diversas variedades de fava estudadas nesse experimento, (A) Lavandeira; (B) Rajada vermelha; (C) Cancão; (D) Manteiga; (E) Orelha-de-vó; (F) Feijão; (G) Roxa; (H) Branquinha; (I) Boca-de-moça; (J) Manteiga cearense; (L) Rajada; (M) “De coca” e (N) Raio-de-sol.....	64
Figura 2.12. Curvas de evolução de fitomassa seca da parte aérea por planta, de treze variedades de fava cultivadas (A) em regime de sequeiro e (B) com irrigação suplementar.....	67
Figura 2.13. Número médio de folhas emitidas por cova, relativo aos dois tratamentos, de 13 variedades de fava determinadas em quatro avaliações de crescimento.	68
Figura 2.14. Curvas de evolução de área foliar (AF) por planta, de treze variedades de fava cultivadas em regime de sequeiro (A) e com irrigação suplementar (B).	70
Figura 2.15. Curva de evolução da razão de área foliar (RAF) em função do número de dias após o semeio (DAS) para treze variedades de fava.....	75
Figura 2.16. Taxa de crescimento absoluto em fitomassa seca (TCA_{FSPA}) (g, DAS^{-1}) de 13 variedades de fava.	80
Figura 2.17. Porcentagem de covas com plantas em floração de 13 variedades de fava cultivadas sem irrigação.	83
Figura 2.18. Porcentagem de covas com plantas em floração de 13 variedades de fava cultivadas com irrigação suplementar.	84
Figura 3.01. Desenho esquemático das parcelas experimentais no Experimento II.....	96
Figura 3.02. Lâminas de irrigação aplicadas e precipitação total ocorrida durante o desenvolvimento do experimento (Fonte: EEA/EMEPA).....	100
Figura 3.03. Regressões significativas para lâminas de irrigação sobre as variáveis FSPA, NF, AF, RAF e IAF, de duas variedades de fava, em avaliação realizada na fase de florescimento.	107
Figura 3.04. Regressão significativa da TCA_{FSPA} para as favas Boca-de-moça e Feijão, em função das lâminas de água fornecida.	114
Figura 3.05. Regressão significativa da TCR_{FSPA} para as favas Boca-de-moça e Feijão, em função das lâminas de água fornecida.	115
Figura 3.06. Evolução da floração da fava Boca-de-moça, Feijão e “De coca” submetida a quatro lâminas de irrigação diferentes.	118
Figura 3.07. Regressão linear significativa do efeito da irrigação sobre o número de vagens por planta (NVP) para fava Boca-de-moça cultivada sob quatro lâminas de irrigação.....	125

Figura 3.08. Regressão linear significativa do efeito da irrigação sobre o número de vagens por planta (NVP) para fava “De coca” sob quatro lâminas de irrigação..	126
Figura 3.09. Regressão linear significativa do efeito da irrigação sobre a produção média (PM) para a fava Boca-de-moça sob quatro lâminas de irrigação.....	126
Figura 3.10. Regressão linear significativa do efeito da irrigação sobre a produção média (PM) para a fava “De coca” sob quatro lâminas de irrigação.....	126
Figura 4.01. Esquema das parcelas experimentais utilizadas no Experimento III. (A) Densidade de 10.000 covas.ha ⁻¹ ; (B) Densidade de 20.000 covas.ha ⁻¹	131
Figura 4.02. Curvas de chuva, lâmina total recebida por irrigação e evapotranspiração de referência (ET _o), observadas no desenvolvimento do projeto entre outubro de 2004 e fevereiro de 2005, no município de Sapé-PB. (Fonte: EMEPA/EEA. ET _o calculada por Hargreaves e Samani, 1985)	135
Figura 4.03. Curvas de evolução de FSPA, AF, NF, IAF, RAF, para as lâminas de irrigação e as densidades de plantio em cultivo de fava, em função do número de dias após o semeio (DAS).	136
Figura 4.04. Taxa de crescimento absoluto da cultura de fava em relação a FSPA (TCA _{FSPA}), submetida a quatro lâminas de irrigação.	146
Figura 4.05. Taxa de crescimento absoluto da cultura de fava em relação a FSPA (TCA _{FSPA}), submetida duas densidade de plantio.	147
Figura 4.06. Taxa de crescimento relativo da cultura de fava em relação a FSPA (TCR _{FSPA}), submetida a quatro lâminas de irrigação.	148
Figura 4.07. Taxa de crescimento relativo da cultura de fava em relação a FSPA (TCR _{FSPA}), submetida duas densidade de plantio.....	149
Figura 4.08. Regressão linear significativa para o Número de Vagem por planta (NVP) em cultivo de fava sob quatro lâminas de irrigação (LI).....	155
Figura 4.09. Regressão linear significativa para o Peso Relativo da Semente (PRS) em cultivo de fava sob quatro lâminas de irrigação (LI).....	156
Figura 4.10. Regressão linear significativa para a Produtividade Média (PM) em cultivo de fava sob quatro Lâminas de Irrigação (LI).	156

MORFOFISIOLOGIA E RENDIMENTO DE FAVA SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE MANEJO CULTURAL

RESUMO

O cultivo da fava se concentra, principalmente na região Nordeste do Brasil, sendo uma importante fonte de proteínas para a população. Das espécies *Phaseolus*, é a mais tolerante à seca, adaptando-se bem ao sistema de agricultura familiar. Apesar da sua importância, a fava tem sido pouco estudada, necessitando de mais atenção dos pesquisadores. Este trabalho foi desenvolvido na Estação Experimental do Abacaxi, da EMEPA, no município de Sapé-PB, constando de três experimentos, com o objetivo de se obter informações sobre crescimento, desenvolvimento e produção da fava (*Phaseolus lunatus* L.), em função de manejos diferentes da cultura. No primeiro experimento, desenvolvido entre abril e agosto de 2003, foram estudadas treze variedades exploradas no Estado da Paraíba, como o objetivo de se definir as diversas características morfológicas e fisiológicas, bem como, o crescimento e desenvolvimento das plantas em condições de irrigação e de sequeiro. As sementes das variedades estudadas foram cedidas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária da Paraíba - EMEPA. Foi constatada grande variabilidade das características morfológicas dos genótipos estudados, bem como, dos índices de crescimento e de produção. O segundo experimento foi desenvolvido no período de outubro de 2003 a março de 2004 e teve como objetivo estudar o crescimento e o desenvolvimento de sete variedades de fava, selecionadas do experimento anterior, irrigadas com quatro lâminas diárias. Dentre as variedades estudadas, quatro não floresceram, permanecendo durante todo o período do experimento, aproximadamente 150 dias, em estado vegetativo. Chuvas acima das médias históricas para a região podem ter influenciado o crescimento e o desenvolvimento das plantas. O terceiro experimento foi desenvolvido entre os meses de setembro de 2004 a fevereiro de 2005, e teve como objetivo estudar o desenvolvimento da fava cultivada com quatro lâminas de irrigação e duas densidades de plantio; esse experimento foi desenvolvido com a variedade Boca-de-moça, a de melhor desempenho, dentre todas as variedades, nos ensaios anteriores. Em cada capítulo deste trabalho constam informações e dados obtidos nos vários experimentos.

PALAVRAS-CHAVES: *Phaseolus lunatus*, Descritores, Irrigação.

MORPHOPHYSIOLOGY AND YIELD OF LIMA BEAN UNDER DIFFERENT CULTIVATION CONDITIONS

ABSTRACT

The cultivation of lima bean ponders, mainly, in the Northeast of Brazil, being an important source of proteins for population. Is the most tolerant to drought of Phaseolus species, adapting well to the family agriculture system. In spite of its importance, the lima bean has been studied little, needing more attention of the researchers. This work was carried in the Experimental Station of the Pineapple, of EMEPA, situated at Sapé/PB, consisting of three experiments, with the objective of obtaining information about growth, development and production of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.), in handlings different from the culture. In the first experiment, developed during April to August of 2003, thirteen cultivars cultivated in the Paraíba State were studied, with the objective of defining several morphologic and physiologic characteristics, as well as the growth and development of plants with and without irrigation conditions. The seeds were provided by the Company of Agricultural Research of Paraíba - EMEPA. High variability of the morphologic characteristics in studied genotypes was verified, well as in growth and production indexes. The second experiment was developed during October/2003 to March/2004 with the objective to study the growth and the development of seven cultivars of lima bean, selected of the previous experiment, irrigated with four irrigation depths. Four cultivars did not bloom, staying during the whole period of experiment, approximately 150 days, in vegetative state. Rains above the historical averages might have influenced the growth and development of the plants. The third experiment was conducted during September/2004 to February/2005, with the objective to study the development of the lima bean cultivated with four irrigation depths and two plantation densities. The experiment was developed with the Boca-de-moça variety. In each chapter of this work consist information and data obtained in several experiments.

KEYWORDS: *Phaseolus lunatus*, Descriptors, Irrigation

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUÇÃO

A fava (*Phaseolus lunatus* L.), também conhecida como feijão-lima, feijão de lima ou feijão-fava, é uma das quatro espécies do gênero *Phaseolus* exploradas comercialmente. Nos Estados Unidos é conhecida como “lima bean” sendo uma cultura importante nos Estados de Delaware, Califórnia, Washington, Wisconsin, Illinois e Minnesota (Kee *et al.*, 1997). Domesticada na América do Sul ou Central, ou em ambas (Zimmermann e Teixeira, 1996), é uma das principais leguminosas cultivadas na região tropical com potencial para fornecer proteína vegetal à população, diminuindo a dependência quase exclusiva dos feijões do grupo carioca (Vieira, 1992).

O uso de leguminosas na alimentação tem constituído, em geral, uma importante fonte de proteínas para a alimentação humana. Embora cereais como o arroz, o milho e o trigo, produzam mais por unidade de área, o conteúdo de proteínas em seus grãos varia, aproximadamente, de 7 a 13%. As sementes comestíveis de leguminosas têm uma concentração de proteínas variando de 17 a 40%, podendo oferecer, portanto, uma dieta mais equilibrada. Além disso, nas leguminosas, como a fava, constam boa concentração de carboidratos e baixo teor de óleo, excetuando-se a soja e o amendoim (Bressani e Elias, 1980).

A fava distribui-se na América Latina, na região meridional dos Estados Unidos, no Canadá, e em muitas outras regiões do mundo. É uma cultura bastante tolerante à seca, com rendimentos médios em torno de 1500 kg.ha⁻¹ (Sullivan e Davenport, 1993).

Nos Estados Unidos, um dos maiores produtores de fava do mundo, o seu consumo ainda em estado verde, na forma de conserva (grãos enlatados ou congelados e empacotados) é muito apreciado, superando o consumo na forma de grãos secos (Vieira, 1992). No Brasil, a preferência é na forma de grãos, verdes ou secos, cozidos.

Embora seu consumo seja ainda restrito, a capacidade de adaptação da fava é mais ampla que o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*). A explicação para a pouca expansão do uso da fava na alimentação humana pode estar relacionada à grande tradição do consumo de feijão comum, ao paladar mais forte da fava e ao seu tempo de cocção mais longo (Vieira, 1992); acrescentem-se, ainda, a falta de variedades adaptadas às condições da região (Lymman, 1983) e a presença de fatores

antinutricionais e de toxinas (HCN) que dão à fava um sabor amargo, necessitando realizar alguma prática de eliminação do HCN antes do seu consumo, submetendo-o a um a dois pré-cozimentos (Dominguez *et al.*, 2002).

Tais observações podem ser apontadas como algumas das justificativas para o acentuado declínio da produção de fava no Brasil, no período de 1991 a 2001. Nesse intervalo de tempo, a produção nacional dessa leguminosa passou de quase 30 mil toneladas de grãos em 1991 para cerca de 13 mil toneladas em 2003 (IBGE, 2005), sendo o Nordeste responsável por mais de 90 % da produção.

Aliado aos fatos acima reportados, deve-se considerar, ainda, que o plantio de fava no Brasil depende basicamente de pequenos produtores, que em geral a cultivam sem contar com informações tecnológicas adequadas e sem investimentos financeiros apropriados para o crescimento da lavoura. Em muitos casos, o seu cultivo é desenvolvido para o consumo da família e o excedente é comercializado diretamente em feiras livres, nem sempre contabilizado pelas centrais de distribuição de alimentos.

O feijão-fava tem relativa importância econômica e social, por causa da sua rusticidade, prolongando sua colheita no período seco. Seu cultivo na região Nordeste é feito em consórcio com milho, mandioca ou mamão, que lhe servem de suporte (Azevedo *et al.*, 2003).

Apesar de sua importância social, essa leguminosa tem merecido pouca atenção por parte dos órgãos de pesquisa e extensão, o que tem resultado em limitado conhecimento das características agrônômicas da cultura (Santos *et al.*, 2002). Essa limitação tem contribuído ainda mais para os baixos níveis de produtividade de fava.

Como todas as leguminosas, possivelmente, a fava deve apresentar melhores níveis de produtividade em condições satisfatórias de umidade. Uma vez que as áreas de maior produção de fava estão sujeitas a severas limitações hídricas em determinadas épocas do ano, a falta de pesquisas envolvendo o manejo adequado de água para a cultura é um agravante a mais para a sua reduzida produtividade no estado.

Considerando o exposto, realizou-se este trabalho como o objetivo de se estudar algumas características morfológicas e fisiológicas, bem como, avaliar o crescimento e o desenvolvimento de diversas variedades de fava, em sequeiro e em diferentes condições de manejo da cultura.

1.2. REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1. Aspectos Gerais da Cultura da Fava

Apesar de ser cultivada em diversas regiões do País, a região Nordeste é responsável por quase toda a fava produzida no Brasil, mais de 95% do total. O destaque é para o Estado da Paraíba, que, em 2003, foi responsável pela produção de mais de 66% de toda a fava produzida no País, como se pode observar na Tabela 1.01.

Tabela 1.01. Produção (toneladas) e distribuição (%) da fava produzida nas diversas regiões do País, no período de 1999 até 2003. Sapé-PB, 2005.

Ano	1999		2000		2001		2002		2003	
	Prod.	%	Prod.	%	Prod.	%	Prod.	%	Prod.	%
Brasil	7.355	100,00	15.751	100,00	7.809	100,00	10.099	100,00	12.939	100,00
Nordeste	6.394	86,93	14.766	93,75	7.107	91,01	9.451	93,58	12.368	95,59
Sudeste	869	11,82	898	5,7	587	7,52	586	5,8	510	3,94
Sul	92	1,25	87	0,55	115	1,47	62	0,61	61	0,47
Paraíba	1.658	22,54	9.530	60,5	4.468	57,22	6.280	62,18	8.646	66,82

Fonte: IBGE (2005)

A produtividade média desse cereal tem sido um dos principais pontos negativos do seu cultivo. Nos Estados maiores produtores, a produtividade tem se situado em torno de apenas 380 kg.ha⁻¹, destacando-se Minas Gerais com 474 kg.ha⁻¹ e Paraíba com 466 kg.ha⁻¹. Embora ainda sejam considerados relativamente baixos, no período de 1991 a 2003, a produtividade média da fava no Brasil cresceu em torno de 36,76 %, impulsionado principalmente pela Região Nordeste, cujo rendimento médio cresceu quase 50%. Esse crescimento da Região foi favorecido pela evolução, quase 92% de aumento, da produtividade da fava no Estado da Paraíba, nesse período. Contudo, em experimentos conduzidos em Minas Gerais com objetivo de comparação de diversos tipos de feijões, Vieira *et al.* (1992) observaram que, em ensaio no período das águas, a fava cultivar GL 355 (crescimento determinado e precoce), teve produtividade 66% maior que a de feijão comum, com rendimento acima de 1700 kg.ha⁻¹, não se diferenciando estatisticamente do feijão, em termos de produtividade, nos ensaios em período de seca. Para as condições de Goiás, a mesma cultivar produziu sempre mais que o feijão comum (Carioca 80), independente da época de plantio (Vieira, 1984).

Diversos fatores podem ser apontados para o baixo rendimento da fava. Um deles seria a abscisão floral, decorrente do fenômeno de dicogamia, principalmente nas variedades de grãos grandes; nessas variedades, o pólen germina um ou dois dias depois da antese, enquanto que nas de sementes pequenas isso ocorre no mesmo dia (Vieira, 1992). De acordo com Rachie *et al.* (1980), o vingamento das vagens é favorecido pela umidade do ar, pelas noites frias e pela disponibilidade de água no solo.

Tabela 1.02. Rendimento médio de fava no período de 1998 a 2003 (em kg.ha⁻¹), e evolução da produtividade nesse período. Sapé-PB, 2005.

Região	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Evolução (%) 1998 - 2003
Brasil	272	291	382	311	319	372	36,76
Nordeste	245	275	376	299	312	367	49,80
Sudeste	397	463	474	456	468	474	19,40
Sul	1097	1095	1087	1138	984	984	-10,30
Paraíba	234	264	466	424	411	449	91,88

Fonte: IBGE (2005).

A baixa produtividade pode ser, ainda, atribuída ao fato da maior parte da produção ser oriunda de pequenos produtores, em consórcios com o milho, sem adoção de tecnologia que vise ao aumento da produtividade, além da baixa densidade de plantas; para aproveitar o tutoramento proporcionado pelo milho, o pequeno produtor tem utilizado espaçamento tradicional de 1m x 1m. Vieira e Vieira (1996) justificam a menor produtividade da leguminosa, em consórcio, devido à competição das plantas de fava com as plantas de milho, por luz, nutrientes, água e espaço físico, além da diminuição do stand final das plantas. Esta observação foi corroborada por Santos *et al.* (2002), em trabalho com fava conduzido no município de Bananeiras, PB.

Em monocultivo, Vieira e Vieira (1996) obtiveram produtividade para a fava em torno de 3,527 t.ha⁻¹, enquanto que, em Manaus, foram alcançadas por Yuyama (1992) produtividades de fava variando de 2,0 a 4,0 t.ha⁻¹. Em solos de cerrado brasileiro a média de produtividade variou de 0,96 a 1,67 t.ha⁻¹ (Araújo *et al.*, 1975). Em cultivos consorciados com milho em Bananeiras-PB, Santos *et al.* (2002) obtiveram produtividades médias de 0,852 t.ha⁻¹ e 0,780 t.ha⁻¹ de sementes, respectivamente, para as variedades Orelha-de-vó e Branquinha, embora não se diferenciando estatisticamente das variedades Boca-de-moça, Amarela-cearense, Mororó e Olho-de-peixe. Em Viçosa-MG a produtividade máxima da fava consorciada com milho foi de 1,098 t.ha⁻¹ de grãos, verificada por Vieira e Vieira (1996).

Nos últimos seis anos, tem-se verificado uma evolução da área cultivada com fava, tanto no Estado da Paraíba, quanto na Região Nordeste e no Brasil, como pode ser observado na Tabela 1.03. Essa informação reforça a importância deste Estado nordestino na produção dessa leguminosa, sendo em 2003 responsável por, aproximadamente, 55% da área plantada com fava em todo o Brasil. O rendimento médio nacional nesse período foi de 372 kg.ha⁻¹, enquanto que para o Estado da Paraíba foi de 449 kg.ha⁻¹ (Tabela 1,02).

Tabela 1.03. Área plantada (ha) com fava (*Phaseolus lunatus*) no Brasil, no Nordeste e na Paraíba, no período de 1998 a 2003. Sapé-PB, 2005.

Ano	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Brasil	25234	30000	41751	31051	33290	35781
Nordeste	22535	28040	39777	29663	31977	34633
Paraíba	7744	10551	20569	14224	16596	19678

Fonte: IBGE (2005).

Como é de conhecimento popular, a fava tem o inconveniente de apresentar uma certa toxicidade, traduzida no sabor amargo de suas sementes quando cozidas. Para retirada desse sabor, faz-se necessário submetê-la a mais de uma cocção, com substituição completa da água utilizada. Contudo, após seu cozimento, o sabor é bastante agradável, principalmente ao paladar dos nordestinos, onde a procura por esse alimento vem aumentando sensivelmente, bem como, o número de estabelecimentos comerciais, a maioria de pequeno e médio porte, especializados nesse tipo de culinária.

As sementes de fava têm em sua composição química uma elevada concentração de proteína, associada a um baixo teor de gordura (extrato etéreo) e elevada quantidade de carboidratos (extrato não nitrogenado). Numa avaliação dessas características, Azevedo *et al.* (2003) obtiveram média de 23,59 % de proteína bruta, atingindo 26,70 % na variedade Bege clara; média de 1,06 % de gordura, com teor de 0,88 % na Bege clara; e média de 67,93% de extrato não nitrogenado, com maior valor (73,59 %) na variedade Pintada.

Cultivada de norte a sul do País, o número de variedades de fava é bastante elevado, bem como, a quantidade de nomes vulgares a elas atribuídos, muitos deles estritamente regionais e relacionados a algumas de suas características. É grande a variabilidade com relação à cor do tegumento e ao tamanho e formato das sementes.

1.2.2. Aspectos Botânicos

O gênero *Phaseolus* compreende quatro espécies cultivadas: *Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus coccineus* L., *Phaseolus acutifolius* Gray var. *latifolius* Freem e *Phaseolus lunatus* L. var. *lunatus* (Zimmermann *et al.*, 1996)

A classificação botânica da fava é a seguinte (Vieira, 1978):

Ordem: Rosales

Família: Fabaceae (Leguminosa)

Subfamília: Faboideae (Papilionoideae)

Tribo: Phaseoleae

Gênero: *Phaseolus*

Espécie: *Phaseolus lunatus* L.

As formas cultivadas são anuais ou perenes, com pouca variabilidade no que se refere ao hábito de crescimento: tipo indeterminado (trepador) e determinado (anão), este último com pouca variação quanto ao tipo de planta e ciclo biológico (Vieira, 1992). No Brasil, a maioria das variedades plantadas tem hábito de crescimento trepador e indeterminado, são tardias (ciclo de até seis meses) e com várias colheitas durante o ciclo (Vieira, 1978). Algumas variedades, com hábito de crescimento determinado, têm maturação uniforme e são colhidas com até 90 dias após a semeadura (Rachie *et al.*, 1980). O hábito de crescimento determinado se caracteriza pelo desenvolvimento completo da gema terminal em uma inflorescência, enquanto o indeterminado pelo desenvolvimento da gema terminal em uma guia. Essa guia pode apresentar tendência ao espaldeiramento (hábito de crescimento tipo indeterminado trepador) ou não (hábito de crescimento tipo determinado arbustivo ou “moita”). Vilhordo *et al.* (1980) propuseram a seguinte classificação para o hábito de crescimento de feijoeiros:

Tipo I: determinado arbustivo, com ramificação ereta e fechada;

Tipo II: indeterminado, com ramificação ereta e fechada;

Tipo III: indeterminado, com ramificação aberta;

Tipo IV: indeterminado, prostrado ou trepador.

Portes (1996) definiu os hábitos de crescimento acima da seguinte forma (Figura 1.01):

- Tipo I – são cultivares de crescimento determinado cujas inflorescências se originam das gemas apicais da haste principal e dos ramos laterais. Atingem cerca de 60 cm de altura e apresentam maturação uniforme.
- Tipo II – são cultivares arbustivas, de crescimento indeterminado, cujas inflorescências se originam das gemas axilares. Mesmo na fase reprodutiva a gema apical continua a desenvolver-se, formando guias de poucos centímetros de comprimento. Apresentam comprimento em torno de 70 cm, com poucos e curtos ramos e maturação uniforme das vagens.
- Tipo III – cultivares de crescimento indeterminado, com tendência a prostrar-se ou a subir em tutores. Ramos laterais numerosos e bem desenvolvidos, inflorescências originadas das gemas axilares, maturação não uniforme e ciclo em torno de 90 dias.
- Tipo IV – são cultivares indeterminados prostrados ou trepadores com poucos ramos laterais. A haste principal cresce exageradamente, atingindo mais de 2,0 m, com inflorescências originadas das gemas axilares e maturação desuniforme das vagens.

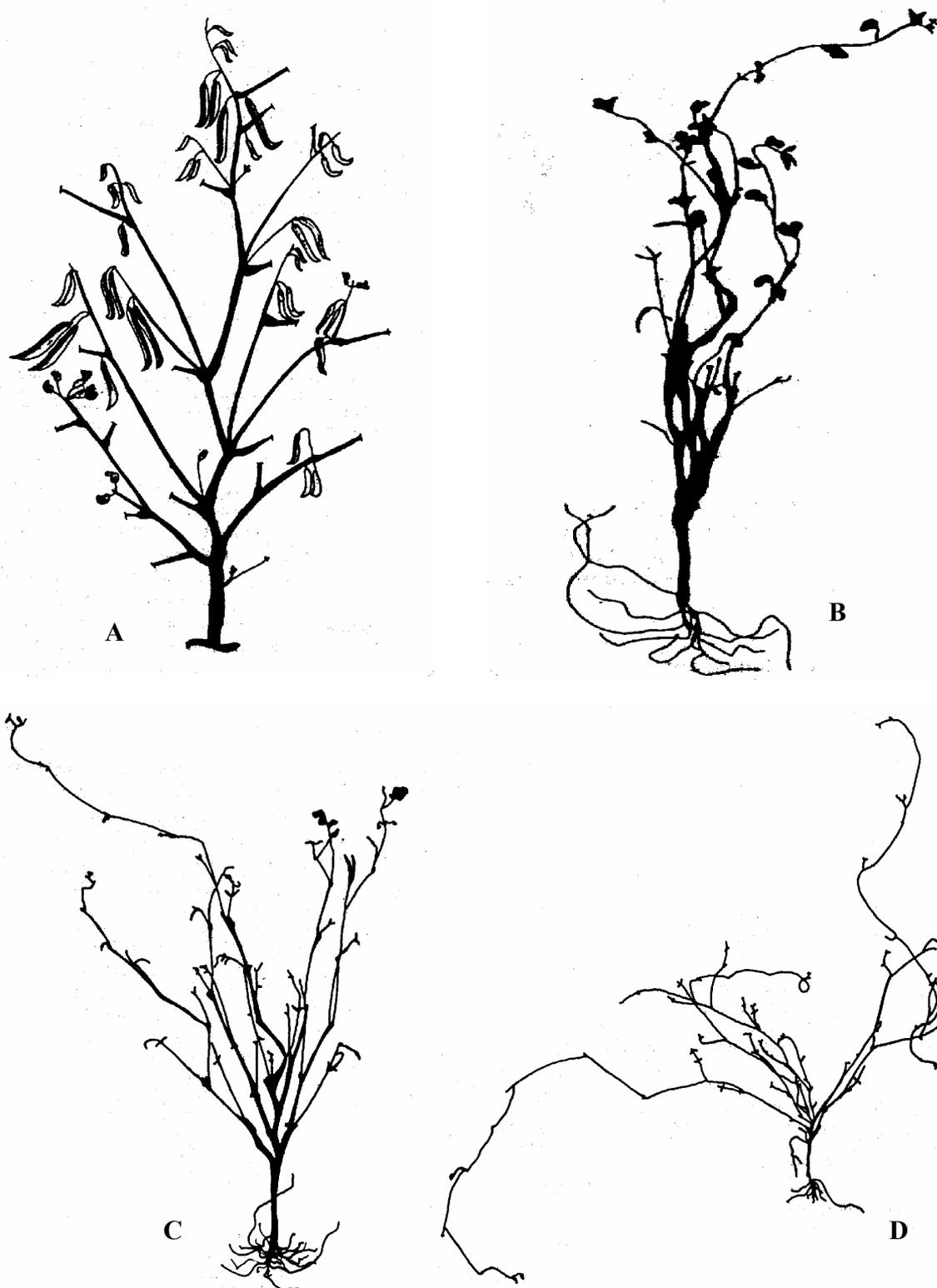


Figura 1.01. Hábito de crescimento do gênero *Phaseolus*: (A) Tipo I, (B) Tipo II, (C) Tipo III e (D) Tipo IV (Portes, 1996 e Vilhordo *et al.*, 1996).

1.2.2.1. Plântula

De acordo com Popinigis (1977), o embrião inicia sua formação no momento da fertilização do óvulo e se desenvolve durante a maturação da semente, até que seu crescimento cesse, entrando a semente em seu estado de dormência, com reduzido teor de umidade e reduzida atividade metabólica. Essa atividade metabólica volta a ser acelerada no momento da germinação pelo aumento do teor de umidade e da atividade respiratória da semente. Com a disponibilidade de umidade durante a sementeira, a semente se expande por embebição, a radícula se alonga rompendo a testa pelo lado do hilo, dirigindo-se para baixo, originando o sistema radicular. Posteriormente, ocorre o alongamento do hipocótilo que, após a emergência, toma uma posição ereta e continua crescendo até atingir um determinado tamanho. O epicótilo, que contém a gema embrionária, se desenvolve e as folhas primárias se desdobram, tomando uma posição horizontalizada, encontrando-se entre as mesmas a gema terminal do caule que dará origem ao desenvolvimento vegetativo da planta (Figura 1.02).

Semelhante às espécies *Phaseolus vulgaris* e *Phaseolus acutifolius*, a espécie *Phaseolus lunatus* tem germinação epígea, ou seja, os cotilédones emergem acima da superfície do solo (Figura 1.03). Após a germinação, os diferentes órgãos adquirem coloração verde, podendo ter pigmentação rósea ou violeta, devido à presença de antocianina no hipocótilo, epicótilo e nervura das folhas. As folhas primárias são simples e opostas. A cor dos cotilédones e do hipocótilo são características importantes na identificação de variedades, correlacionando-as com a cor da flor (Frazão, 2004).

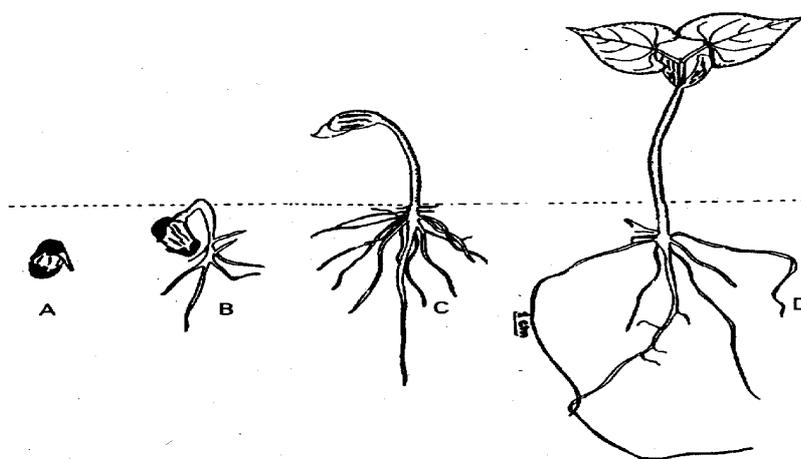


Figura 1.02. Estabelecimento da plântula: (A) crescimento da radícula; (B) alongamento do hipocótilo; (C) hipocótilo ereto, cotilédones livres, alongamento da raiz principal e desenvolvimento de raízes secundárias; (D) folhas primárias expandidas (Vilhordo *et al.*, 1996).

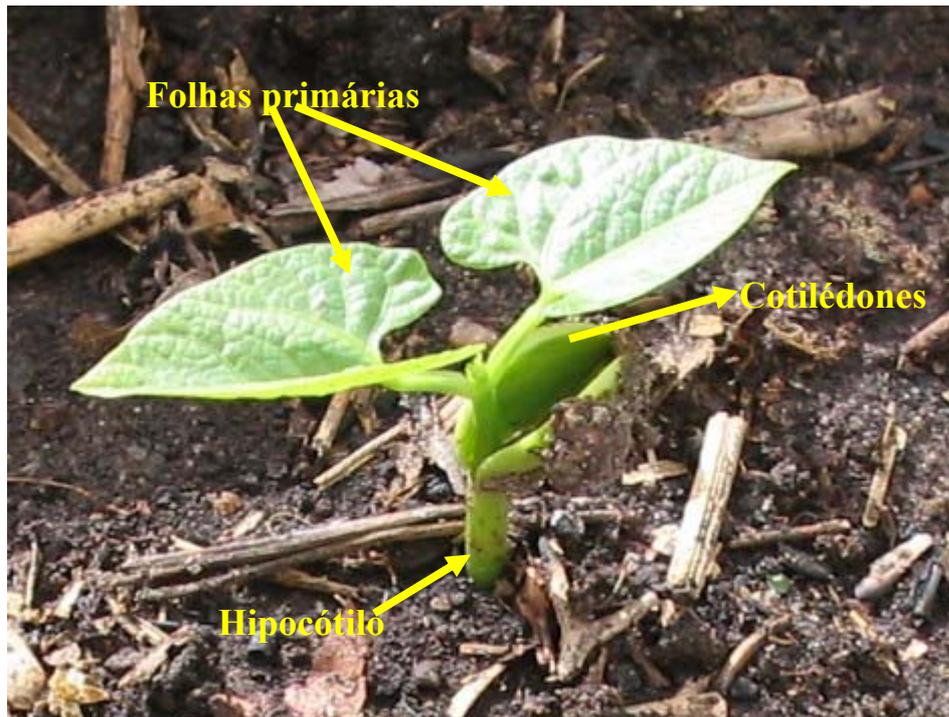


Figura 1.03. Germinação epígea em semente de fava (*Phaseolus lunatus*) com cotilédones emergindo acima do solo.

1.2.2.2. Raiz

Como outros feijoeiros, a fava possui um sistema radicular composto por uma raiz principal de onde saem raízes secundárias, terciárias e outras ramificações. Na região pilífera se situam os pêlos absorventes, responsáveis pela absorção de água e nutrientes. De acordo com Ospina (1981), a amplitude do sistema radicular dos feijoeiros varia de acordo com as condições físicas do solo, podendo alcançar, em condições favoráveis, mais de um metro de comprimento.

1.2.2.3. Caule

Situado no ápice do epicótilo, o meristema apical do embrião é o responsável pela origem do caule, eixo principal da planta, que tem crescimento/desenvolvimento dinâmico e ascendente logo acima dos cotilédones. Com o seu desenvolvimento, uma série de nós e entrenós vão se formando. Os nós são formados pela inserção das folhas no caule e o espaço entre dois nós é denominado de entrenó. O primeiro nó coincide com a inserção dos cotilédones no caule e no segundo originar-se-ão as folhas

primárias; ambas serão formadas em posição oposta a uma mesma altura do caule, enquanto que nos demais nós a filotaxia será alternada. O número de nós e entrenós formados em uma planta está relacionado com o seu hábito de crescimento (Vilhordo e Muller, 1981).

Na axila das folhas são formadas três gemas, denominadas de tríade (Debouck e Hidalgo, 1985), com propriedades distintas, cujo desenvolvimento pode se dar de três formas (Ospina, 1981): completamente vegetativo, floral e vegetativo e completamente floral. Em algumas cultivares podem ser observadas, em algumas partes do caule, pigmentação de antocianina.

1.2.2.4. Folhas

Uma das características que distingue a fava das outras espécies do gênero é a tonalidade, mais escura, do verde de suas folhas, mesmo depois do amadurecimento das vagens (Zimmermann e Teixeira, 1996). Semelhante ao feijoeiro comum, a fava tem dois tipos de folhas: folhas simples ou primárias e folhas compostas. As folhas primárias oriundas dos cotilédones são as primeiras emitidas e já se encontram presentes no próprio embrião (Figura 1.04 A). As demais folhas são alternadas, compostas, trifoliadas, com um folíolo central simétrico (acuminado, bruscamente acuminado ou longamente acuminado) e dois folíolos laterais, assimétricos, acuminados, de forma ovalada ou triangular (Figura 1.04 B). Na base das folhas, na inserção com o caule, são encontradas estípulas (pequenas, em número de duas, lanceoladas, que podem apresentar pigmentações semelhantes às do caule).



Figura 1.04. (A) Folhas primárias e (B) permanente de fava (*Phaseolus lunatus* L.).

1.2.2.5. Inflorescência

A inflorescência (Figura 1.05) é do tipo racemo (correspondente a cachos, ou constituído de um eixo indefinido, sobre o qual se inserem flores pediceladas). Podem ter origem nas gemas axilares (cultivares de crescimento tipo II, III e IV) ou nas gemas terminais (cultivares de crescimento tipo I). Os componentes principais são: o eixo (composto de pedúnculo e ráquis), as brácteas e os botões florais (Ospina, 1981). O número de racemos com legumes por planta, em feijoeiro, é menor nas cultivares com hábito de crescimento determinado (Vilhordo e Muller, 1981). Em geral, as inflorescências são maiores que as folhas e com muitas flores.

A flor do gênero *Phaseolus* (Figura 1.06) é papilionácea, bilateral, cálice gamossépalo, campanulado, com duas bractéolas na base, de tamanho igual ou maior que as sépalas; corola com cinco pétalas dialipétalas uma mais externa e maior (o estandarte), duas laterais menores e estreitas (as asas) e duas inferiores, fusionadas, enroladas em espirais e envolvendo os órgãos reprodutores (a quilha). As flores da fava são menores que as do feijão-comum, com bractéolas arredondadas e menores que o cálice (Vieira, 1992). Podem ser de cor branca, rósea ou violeta, distribuída uniformemente por toda a corola, ou ser bicolor, isto é, apresentar corola com estandarte e asas de coloração ou tonalidade diferentes. Segundo Puerta Romero (1961), em feijoeiros, a cor da flor varia de acordo com o momento do dia em que se faz a observação, razão pela qual sua identificação deve ser realizada sempre às primeiras horas da manhã, já que a luz solar produz rapidamente uma diminuição nos tons de cores.

O período necessário até o início do florescimento é bastante variado, principalmente para as variedades de hábito de crescimento indeterminado. Em estudo com oito variedades de fava, Santos *et al.* (2002) observaram que, aos 49 dias após a semeadura, apenas duas apresentaram pelo menos 50% das plantas com inflorescência; algumas variedades diferiram em 20 dias para que esse percentual de floração fosse atingido. As variedades Amarela cearense e Orelha-de-vó apresentaram mais de 50% de plantas em floração já aos 49 dias, enquanto as variedades Boca-de-moça, Raio-de-sol, Branquinha e Mororó só atingiram este índice 71 dias após a semeadura. Vieira e Vieira (1996) obtiveram colheitas com fava de hábito determinado em torno de 90 dias após o semeio, tanto em cultivo consorciado quanto em cultivo isolado.



Figura 1.05. Inflorescência de fava (*Phaseolus lunatus* L.).

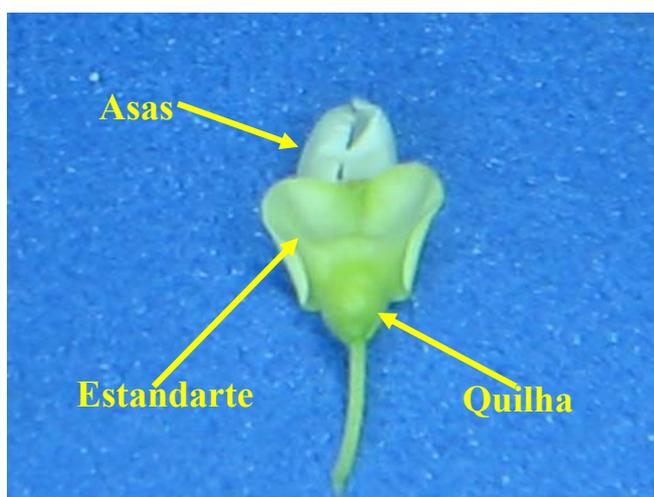


Figura 1.06. Detalhe da flor de planta de fava (*Phaseolus lunatus* L.).

1.2.2.6. Fruto

Como toda leguminosa, o fruto da fava é uma vagem constituída de duas valvas, unidas por duas suturas, uma dorsal e outra ventral, onde se fixam as sementes (Figura 1.07). Como característica dessa espécie, as vagens são de forma geralmente oblonga e recurvada, com duas alturas distintas (ventral e dorsal), achatadas, e terminam numa extremidade pontuda, orientada na direção da sutura ventral, e número de sementes variando de duas a quatro por vagem (Zimmermann e Teixeira, 1996; Vieira, 1992).

Na sua avaliação, são normalmente observadas: a forma, verificada quanto ao

seu perfil, a cor, em legumes maduros, e o tamanho determinado por seu comprimento e sua largura, quando maduros. O número de legumes por planta pode ser bastante variado, sendo em geral menor nas variedades do grupo I, do que nos grupos II e III (Vilhordo e Muller, 1980).

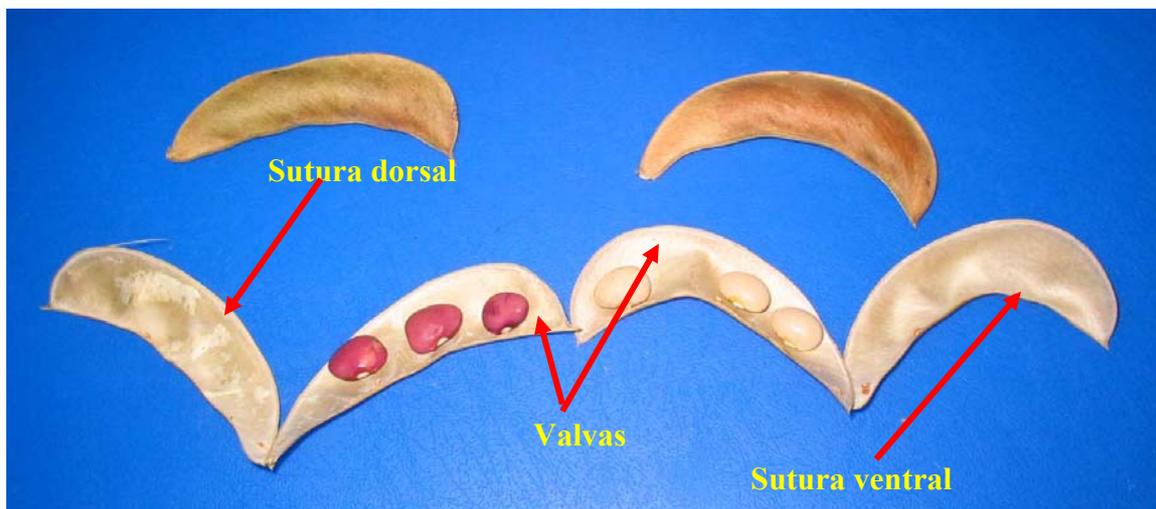


Figura 1.07. Vagens de fava (*Phaseolus lunatus* L.), variedades Roxa e Feijão.

1.2.2.7. Sementes

O número de sementes por vagem varia de duas a quatro. Baseado na cultura do feijão-comum, a forma das sementes de fava pode ser esférica, elíptica ou oblonga, com base na a relação comprimento/largura ou ainda, achatada, semi-cheia ou cheia para a relação espessura/largura (Puerta Romero, 1961). O peso médio de 100 sementes varia de 30 a 300 gramas (Vieira, 1992). Apresenta uma região frontal e outra de trás, a região do hilo, que é a área, na superfície da semente, onde se prende o funículo (pequeno cordão ou filamento que une a semente à placenta) e a região da quilha (Figura 1.08).



Figura 1.08. Terminologia das partes da semente de fava (IPGRI, 2001).

A cor das sementes de fava é bastante variada, bem com, as diversas pigmentações a elas associadas. A cor da semente é um fator que pode contribuir bastante para a sua aceitação no mercado. Um outro parâmetro que tem sido utilizado para diferenciação das variedades é a intensidade do brilho de suas sementes que, segundo CIAT (1976), para sementes de feijão, pode ser opaco, intermediário ou brilhoso. Segundo Frazão (2004), entre as características mais importantes na identificação das variedades, destacam-se aquelas relacionadas às sementes, tais como cor, padrão do tegumento, forma e o tamanho.

Baseando-se no peso médio de 100 sementes, Mateo Box (1961) propôs, para o feijão comum, um critério para classificação do tamanho das sementes (Tabela 1.04)

Tabela 1.04. Classificação do tamanho da semente de feijão comum em função do peso médio (g) de 100 sementes. Sapé-PB, 2005.

Classificação	Peso médio de 100 sementes
Muito pequena	< 20,0
Pequena	20,0 a 30,0
Média	30,0 a 40,0
Normal	40,0 a 50,0
Grande	> 50,0

Fonte: Mateo Box (1961)

O formato dos grãos é baseado em dois coeficientes, J e H, definidos, segundo Puerta Romero (1961), para sementes de feijão, da seguinte forma:

$$J = \frac{\text{comprimento}}{\text{largura}} \quad \text{Equação 1.01}$$

$$H = \frac{\text{espessura}}{\text{largura}} \quad \text{Equação 1.02}$$

As classificações das sementes em relação a esses coeficientes estão apresentadas nas Tabelas 1.05 e 1.06.

Tabela 1.05. Classificação de grãos de feijão de acordo com o coeficiente J (relação comprimento/largura). Sapé-PB, 2005.

Forma da semente	Valor de J (mm.mm-1)
Esférica	1,16 a 1,42
Elíptica	1,43 a 1,65
Oblonga ou reniforme curta	1,66 a 1,85
Oblonga ou reniforme média	1,86 a 2,00
Oblonga ou reniforme longa	> 2,00

Fonte: Puerta Romero (1961)

Tabela 1.06. Classificação de grãos de feijão de acordo com o coeficiente H (relação espessura/largura). Sapé-PB, 2005

Forma da semente	Valor de H (mm.mm-1)
Achatada	< 0,69
Semi-cheia	0,70 a 0,79
Cheia	>0,80

Fonte: Puerta Romero (1961)

Azevedo *et al.* (2003), em estudo no Piauí com 7 variedades de fava (Branca, Bege-clara, Bege-escura, Preta, Chata e Rajada, Rajada e Pintada), encontraram o peso médio de 100 sementes variando de 47,39 g a 90,05 g, com valor médio em torno de 66,61 g, sendo registrado o maior peso médio para “Chata e Rajada”, e o menor peso para a “Branca”. Santos *et al.* (2002) encontraram uma variação de 32,6 g a 79,5 g, para esse componente, com um valor médio de 48,34 g e destaque para as variedades Orelha-de-vó e Branquinha (maiores valores) e Olho-de-peixe (menor valor); este trabalho foi desenvolvido no Campus III da UFPB em Bananeiras-PB, envolvendo as variedades “Amarela cearense”, “Branquinha”, “Boca-de-moça”, “Mororó”, “Olho-de-ovelha”, “Olho-de-peixe”, “Orelha-de-vó” e “Raio-de-sol”, a partir de sementes obtidas junto a pequenos produtores e feiras livres de diversos municípios das microrregiões Curimataú Oriental e Brejo Paraibano.

Por esses trabalhos, conclui-se haver grande variabilidade das características morfológicas nos genótipos de fava cultivados no Brasil. Santos *et al.* (2002), por

exemplo, verificaram nas variedades estudadas, os tipos de forma, esférica, oblonga e elíptica, combinadas com as formas achatada, semi-cheia e cheia.

1.2.3. Clima e Solo

Tal qual o feijão-comum, a fava se adapta a condições ambientais muito variadas, mas se desenvolve melhor nos trópicos úmidos e quentes (CIAT, 1980). Além disso, demonstra ter boa tolerância à seca e ao excesso de umidade e calor (Lyman, 1985)

Sabe-se pela literatura, haver grande influência dos fatores climáticos sobre o desenvolvimento e o crescimento das plantas. No caso de precipitações irregulares, irrigações suplementares podem suprir a sua falta, permitindo uma melhor adaptação das culturas aos locais e épocas de semeio, resultando em maior rentabilidade.

Poucas informações na literatura foram encontradas, relacionando o crescimento e o desenvolvimento de *Phaseolus lunatus* L. aos fatores climáticos. Tomando por base a cultura do feijoeiro-comum, Andrews e Hardwick (1981) relatam evidências de que a baixa temperatura reduz o crescimento dos ramos, como resposta direta do mecanismo da própria gema. Em diversos estudos, como Binkley (1932) Davis (1945) Viglierchio Went (1957), Smith e Pryor (1962), Dale (1964), Stobbe *et al.* (1966) Dickson e Boettger (1984), apud Portes (1996). foi observado uma estreita relação do efeito prejudicial das altas temperaturas sobre o florescimento e a frutificação do feijoeiro Fischer e Weaver (1974) citam que alta temperatura noturna é favorável ao aparecimento de flores, mas reduz o pegamento e a retenção final de vagens, devido ao aumento das atividades metabólicas. Os sintomas da alta temperatura variam com a cultivar, com a fase fenológica da planta, com a região e até com a época de semeio. Encurtamento de ciclo, aumento de área e de massa de folhas secas, abortamento excessivo de flores e de vagens em formação, redução do número de vagens por unidade de área e da massa da matéria seca dos grãos são alguns desses sintomas.

Segundo Aidar *et al.* (2002), apesar dos efeitos das altas temperaturas poderem ser confundidos com os de deficiência hídrica, quando há disponibilidade de água a temperatura elevada provoca abortamento de flores e de vagens, além de concorrer para a predominância do crescimento vegetativo, em detrimento do crescimento reprodutivo. O vingamento de flores diminui à medida que a temperatura noturna é superior a 15°C, chegando a não haver formação de vagens quando atinge cerca de 27°C.

Aparentemente, temperaturas altas durante o dia parecem ser menos prejudiciais que as noturnas, quando ocorrem imediatamente antes do aparecimento de botões florais, ou após a abertura das primeiras flores. Altas temperaturas, diurnas ou noturnas, nessa fase fenológica das plantas normalmente ocasionam quedas acentuadas no rendimento de feijão, por diminuírem o vingamento de vagens e sementes; a queda no rendimento é ocasionada pelo menor número de vagens por planta, além de menor número de sementes por vagem e menor massa das sementes, mesmo que o crescimento vegetativo seja exuberante e, teoricamente, possa suportar o crescimento de um número relativamente maior de vagens (Aidar *et al.*, 2002). Temperatura noturna alta, baixa umidade relativa, baixo teor de umidade e baixa capacidade de retenção de água do solo, reduz a fixação de vagens (Fisher e Weaver, 1974).

Como é de conhecimento, o fenômeno de fotoperiodismo pode ser explicado pela existência, no vegetal, de um pigmento denominado fitocromo que, dependendo da duração e da qualidade da luz que o ilumine, se transforma em um produto ativo que, em quantidades adequadas, provoca o florescimento. Enquanto a temperatura tem forte influência no que se refere ao pegamento das flores, do fotoperiodismo depende a indução floral e o aparecimento das flores nos vegetais. A sensibilidade fotoperiódica varia com o genótipo, e o grau de resposta ao comprimento do dia é o principal determinante da área de adaptação dos materiais genéticos.

Genótipos de fava têm diferentes exigências de comprimentos de dia críticos para iniciação ao florescimento (Harding *et al.*, 1981, Hartmann, 1969). Existe uma grande amplitude de resposta de genótipos de fava ao fotoperíodo: alguns são neutros, florescendo sob comprimento de dia de 9 a 18 horas; outros são de dias curtos, florescendo sob fotoperíodo de 11 a 12 horas (Baudoin, 1988; Lyman *et al.* 1985). Esses genótipos respondem gradualmente e florescem progressivamente nos nós mais altos quando os dias ficam mais longos (Harding *et al.*, 1981). Interações entre fotoperíodo e temperaturas, importantes em muitos legumes, não têm sido investigados na cultura da fava. Contudo, esses efeitos fototermiais, certamente, são importantes no desenvolvimento dessas culturas (Summerfield, 1985).

Em cultivares de soja, a resposta ao fotoperíodo é quantitativa (não absoluta) o que significa que a floração ocorrerá de qualquer modo, mesmo que tardia. No entanto, o tempo requerido para tal dependerá do comprimento do dia, sendo mais rápida a indução com dias curtos do que com dias longos (Rodrigues *et al.*, 2001).

No que se refere às questões edáficas, a fava prefere solos areno-argilosos,

férteis, profundos e bem drenados, tendo melhor desenvolvimento naqueles com pH próximo à neutralidade (Vieira, 1992; Redden, 1998). Um bom preparo do solo, com aração profunda para arejamento das camadas inferiores, é essencial para o crescimento inicial da cultura, conforme depoimento de agricultores experientes no cultivo da fava.

1.2.4. Crescimento e Desenvolvimento

É necessário diferenciar crescimento de desenvolvimento nas espécies vegetais. Enquanto o crescimento é verificado pelo incremento do peso sólido ou seco da planta, o desenvolvimento é caracterizado pelas mudanças da forma ou pelo grau de diferenciação alcançado pelo organismo (Benincasa, 2003). O crescimento corresponde a um aumento irreversível de tamanho que ocorre nos seres vivos. É consequência não apenas da divisão celular, mas também do alongamento celular. O crescimento da planta pode ser avaliado quantitativamente através da medida do aumento do comprimento de um ramo ou do aumento da massa seca total ou de partes vegetais. Já o desenvolvimento se constitui em uma série de fenômenos que vão acontecendo enquanto a planta cresce, como por exemplo: germinação, brotação floral, frutificação, etc, culminando com a sua maturidade sexual. o desenvolvimento tem uma avaliação mais qualitativa, através da observação da data do aparecimento do fenômeno (Benincasa, 2003).

Durante o crescimento dos vegetais os fatores temperatura e umidade são de importância fundamental. No desenvolvimento influem, principalmente, as altas e baixas temperaturas e a duração do dia (fotoperíodo). Os vegetais reagem às mudanças climáticas do meio circundante mediante aparição, transformação ou desaparecimento de órgãos, brotos, flores, frutos, etc, o que se denomina fase. Entre a sucessão de fenômenos meteorológicos e a sucessão das fases nas espécies vegetais deve existir uma coincidência das condições climáticas. Não existindo condições climáticas satisfatórias correspondentes a uma determinada fase, instala-se uma anomalia fenológica, que pode culminar, em casos extremos, na falta de uma determinada fase, como brotação floral ou frutificação, por exemplo (Raven *et al.* 2001; Taiz e Zeiger, 2003).

A análise de crescimento da planta é fundamental, pois descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo, o que não é possível com o simples registro do rendimento. Segundo Kvet *et al.* (1971), a análise de crescimento de comunidades vegetais é um dos primeiros passos na análise de produção primária, caracterizando-se como o elo de ligação entre o registro do rendimento das culturas e a análise destas por

meio de métodos fisiológicos; pode ser utilizado para se avaliar a adaptação ecológica das plantas a novos ambientes, a competição interespecífica, os efeitos de sistemas de manejo e a capacidade produtiva de diferentes genótipos. Para Pereira e Machado (1987), a análise de crescimento representa a referência inicial na análise de produção das espécies vegetais, com informações que podem ser obtidas sem a necessidade de equipamentos sofisticados, como por exemplo, a quantidade de material contido na planta toda ou em suas partes (folhas, colmos, raízes e frutos), e o tamanho do aparelho fotossintetizante (área foliar), obtidas a intervalos de tempo regulares durante o seu crescimento.

A análise de crescimento vegetal foi desenvolvida pela escola inglesa, com destaque para alguns fitofisiólogos, como Watson em 1952, e Blackman, em 1968, dentre outros (Magalhães 1979). Ainda sob a observação desse autor, a análise de crescimento consiste no método que descreve as condições morfofisiológicas da planta, em diferentes intervalos de tempo, com o objetivo de se quantificar o desenvolvimento de um vegetal. Em sua observação, Benincasa (2003) considera que a análise de crescimento permite avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento total, podendo ser muito útil no estudo do comportamento de um vegetal sob diferentes condições ambientais e de cultivo. Para autores como Whale *et al.* (1985) e Benincasa (2003), apesar da complexidade que envolve o crescimento de uma comunidade vegetal, esse tipo de análise ainda é um meio acessível e preciso para se avaliar o crescimento e os processos fisiológicos do comportamento das plantas.

As análises de crescimento podem ser feitas por processos destrutivos ou não destrutivos. Entre os parâmetros avaliados nas análises não destrutivas se encontram o crescimento total da planta e o diâmetro caulinar. Entre as avaliações destrutivas, são normalmente avaliados a fitomassa seca da parte aérea e a área foliar (Briggs *et al.*, 1920 e Radford, 1967). Com os valores desses elementos básicos, ponderando com o intervalo de tempo entre as avaliações, é possível se estimar outros índices fisiológicos, tais como: Taxa de Crescimento Absoluto (TCA), Taxa de Crescimento Relativo (TCR), Razão de Área Foliar (RAF), Taxa Assimilatória Líquida (TAL) (Kvet *et al.*, 1971). Outro componente importante na avaliação de crescimento da cultura é o Índice de Área Foliar (IAF), relação funcional existente entre a área foliar e a área de terreno ocupado pela cultura, uma vez que o rendimento agrícola é expresso pela quantidade de matéria colhida por unidade de área (Watson, 1952).

O uso de modelos matemáticos para expressar o crescimento, $w = f(t)$ e seus parâmetros derivados (taxa de crescimento relativo, taxa assimilatória líquida, etc.) é atualmente muito popular e pode, eventualmente, fornecer subsídios para melhor compreensão dos diferentes processos fisiológicos envolvidos na morfogênese da planta (Calbo *et al.*, 1989).

A área foliar de uma cultura é um parâmetro indicativo da sua produtividade, pois o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e da sua transformação em energia química. Ou seja, a superfície foliar de uma planta é à base do rendimento potencial de uma cultura (Favarin *et al.*, 2002). De acordo com Leong (1980), a eficiência fotossintética depende da taxa fotossintética por unidade foliar e da interceptação da radiação solar que são influenciados pelas características da arquitetura da copa e pelas dimensões do sistema fotoassimilador.

A área foliar tem sido utilizada como um importante parâmetro no processo de avaliação do crescimento das plantas. Diversas metodologias de determinação da área foliar (Fernandes, 2002) podem ser aplicadas, a exemplo da relação entre o peso da fitomassa de áreas conhecidas (discos ou quadrados) retiradas da folha e o peso da fitomassa de toda a folha.

Trabalhando com feijoeiro-comum, Urchei *et al.* (2000) obtiveram correlação significativa e positiva entre produção de grãos e acúmulo de matéria seca total nos diferentes tratamentos experimentados, fato que também foi observado por Kueneman *et al.* (1979). No entanto, Stone e Pereira (1994) afirmam existir inconsistência entre produção de grãos e produção total de matéria seca, em leguminosas, preconizando que a partição dos fotossintatos entre as diferentes partes da planta, parece ser mais importante que a quantidade total de matéria seca produzida, na definição da produção de grãos. Da mesma forma, com conhecimento empírico, produtores regionais relatam que “plantas de fava boa de folha e ramos são ruins de produção de grãos”, corroborando como a falta de correlação, geralmente observada, entre o acúmulo de biomassa na parte vegetativa e a produtividade esperada.

Em experimento com feijão comum, Urchei *et al.* (2000) observaram que as curvas da razão de área foliar (RAF), em função do tempo, evidenciam aumento acelerado durante o período vegetativo indicando que nessa fase a maior parte do material fotossintetizado é convertido em folhas, para maior captação da radiação solar disponível. Observaram, ainda, que a partir desse período ocorrem decréscimos na RAF com o desenvolvimento fenológico da cultura, decorrentes do surgimento de tecidos e

estruturas não assimilatórias, como flores, vagens e sementes, além de auto-sombreamento, secamento e queda de folhas com a idade da planta. Nesse mesmo trabalho, os autores verificaram uma alta correlação, linear e positiva, entre produção de grãos e duração da área foliar (DAF). Para Kvet *et al.* (1971) isso poderia ser explicado pelo fato das folhas perdurarem por mais tempo, em função dos maiores valores de AF, aumentando a DAF, o que, provavelmente, resultou em maior produção de grãos. Stone *et al.* (1988) também encontraram forte correlação linear entre produção de grãos e DAF de feijoeiros sob diferentes tensões da água do solo, verificando que os tratamentos irrigados com tensões mais baixas aumentaram a DAF, com conseqüente aumento na produção de grãos. Segundo Farah (1981), essa relação entre produção de grãos e DAF pode ser decorrente da maior interceptação de radiação pelas folhas maiores, e de sua duração mais prolongada, pois a quantidade de radiação interceptada, freqüentemente, apresenta correlação linear com a taxa de produção de matéria seca. Por outro lado, Watson (1947) cita que a produção é função do índice de área foliar, sendo mais bem relacionada com duração da área foliar. Nesse contexto, Monteith (1977) introduziu idéias sobre a radiação interceptada (RI), pela copa das plantas, estabelecendo sólidas relações entre produção e duração da área foliar.

Segundo observações de Costa *et al.* (1991) e de Gomes *et al.* (2000) a acumulação de biomassa em feijoeiros ocorre preferencialmente nas folhas, depois nos ramos e finalmente nas vagens. Subbarao *et al.* (1995) citam que em leguminosas, os fotoassimilados produzidos pelas folhas são acumulados, intermediariamente, nos ramos e, posteriormente, translocados para as vagens.

Em estudo com fava em Delaware, com dois espaçamentos entre linhas (38 cm e 76 cm) e dois espaçamentos entre plantas (5 e 10 cm), Sirait *et al.* (1994) observaram que o menor espaçamento entre filas não teve nenhum efeito sobre peso de matéria seca por planta aos 38 dias após a semeadura (DAS). Os autores concluíram ainda que, embora o peso de matéria seca por planta do tratamento de 38 cm entre linhas tenha sido inferior ao espaçamento de 76 cm, o menor espaçamento resultou em maior produção por parcela, devido ao maior número de plantas por m². Essa mesma observação foi feita para a comparação entre os tratamentos de 5 cm e 10 cm entre plantas aos 38 DAS.

1.2.5. Relações Hídricas

A água é vital a planta, por sua participação no transporte de nutrientes do solo para a parte aérea e na regulação térmica do vegetal, evitando danos por excesso de temperatura, controlando o processo de trocas gasosas com a atmosfera e, assim, regulando a sua atividade fotossintética. A capacidade do vegetal em tolerar um estresse hídrico moderado é importante para a propagação da espécie, em ambientes diferentes do seu habitat natural. A manutenção da integridade do aparelho fotossintético durante o estresse é uma característica de resistência, uma vez que permite recuperação da fotossíntese após cessar o fator estressante (Liu e Dickmann, 1993). A redução da absorção de água, e a conseqüente desidratação das células comprometem os processos fisiológicos afetando, assim, todos os componentes de crescimento (Paez *et al.*, 1995).

Grande parte dos cultivos no mundo é exposta a períodos crônicos ou esporádicos de seca (Boyer, 1982). Mesmo na ausência de seca, a cronologia e a quantificação da chuva é um determinante primário de seleção da cultura e do rendimento (Boyer, 1982; Ludlow e Muchow, 1990).

Sabe-se que o crescimento de um vegetal depende da expansão e da divisão celular. A expansão é o processo mais sensível ao déficit hídrico, pois depende da manutenção do turgor e da extensibilidade da parede celular, além de outros fatores. A expansão celular é reduzida como uma resposta primária ao déficit hídrico, levando a um menor consumo de água pela planta e, conseqüentemente, à redução da produtividade da mesma. A inibição da expansão celular no desenvolvimento do déficit hídrico resulta em redução da velocidade de expansão da folha; a área foliar menor requer menos água, assim a umidade no solo pode prover um período mais longo. A limitação da área foliar pode ser considerada uma primeira resposta contra a seca (Raven *et al.*, 2001; Taiz e Zeiger, 2003).

A taxa de fotossíntese das folhas normalmente é menos sensível à falta de água do que a expansão foliar (Taiz e Zeiger, 2003), como pode ser observada através da Figura 1.09. Isto ocorre porque o processo fotossintético é bem menos sensível ao rebaixamento do turgor celular do que a expansão foliar. Além disso, com base em evidências sugere-se que a concentração de Mg^{+2} nos cloroplastos influencia a fotossíntese durante o estresse hídrico por seu papel no transporte de elétrons que resulta em produção de ATP. Em cloroplastos isolados, a fotossíntese é muito sensível à crescente concentração de Mg^{+2} e um processo semelhante poderia acontecer durante a

redução do volume celular induzida pelo estresse hídrico. Isso foi constatado por Rao *et al.* (Apud Taiz e Zeiger, 2003) quando plantas de girassol (*Helianthus annuus*) com baixas concentrações de Mg^{+2} nos tecidos apresentaram taxas fotossintéticas mais baixas quando o potencial de água na folha foi sendo reduzido. Segundo Taiz e Zeiger (2003), têm-se constatado que a translocação só é afetada pelo estresse hídrico bem depois, quando outros processos, como fotossíntese, já foram intensamente prejudicados (Figura 1.10). Essa habilidade permite à planta mobilizar e utilizar reservas onde são mais necessárias, como por exemplo, na formação de sementes.

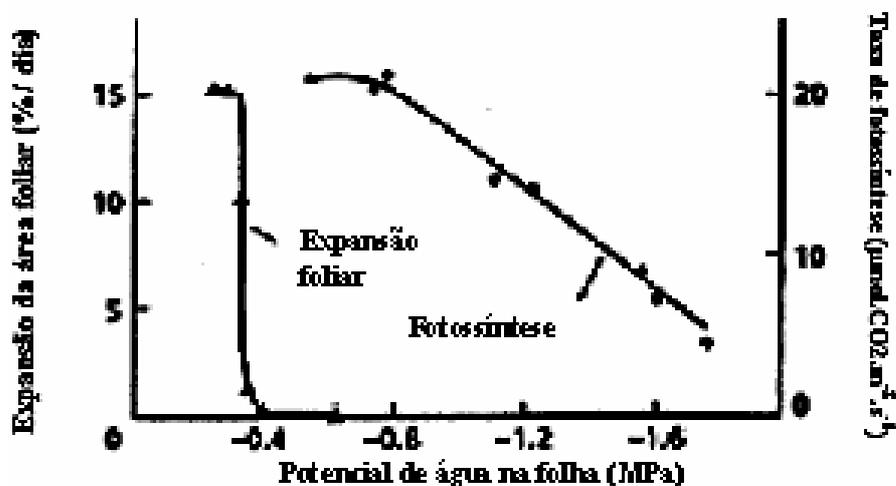


Figura 1.09. Efeitos de tensão de água sobre a fotossíntese e expansão de folha de girassol (Taiz e Zeiger, 2003).

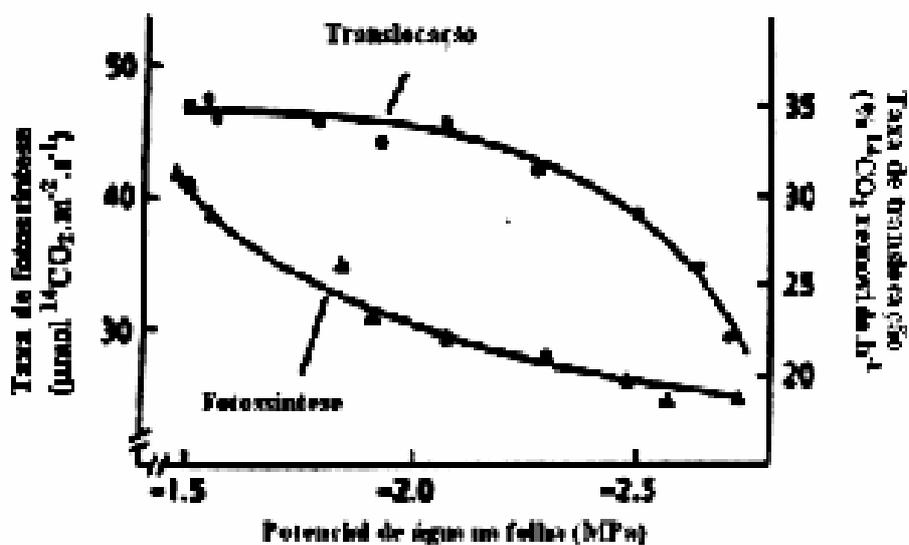


Figura 1.10. Efeitos relativos do déficit hídrico sobre a fotossíntese e a translocação em sorgo (Taiz e Zeiger, 2003).

Nos Estados Unidos, a maioria das lavouras de fava é irrigada, principalmente por aspersão e sulco, enquanto que no Brasil normalmente o seu cultivo se dá sob condições de sequeiro, sendo principalmente cultivada em ambientes semi-áridos (Yuyama, 1982; Vieira, 1992; Vieira e Vieira, 1996; Vieira *et al.*, 1998). Poucos trabalhos de pesquisa com fava irrigada podem ser encontrados, o que ocorre com feijão comum, sendo possível se obter informações diversas relativas ao consumo de água dessa cultura. Apesar da metodologia de aplicação de água poder ser semelhante àquela utilizada para irrigação do feijão comum, deve-se considerar que devido ao sistema radicular, certamente mais profundo, e à maior massa foliar, a lâmina de irrigação a ser aplicada à fava deve ser normalmente maior do que a utilizada para o feijão comum, principalmente para cultivares de hábito de crescimento indeterminado e trepador.

Segundo observações colhidas junto aos produtores rurais, o excesso de água na fava, principalmente na fase que antecede a emissão da floração, possibilita à planta uma excessiva brotação de ramos e folhas diminuindo, conseqüentemente, a emissão de flores, com queda de produtividade. Além disso, para a fava de crescimento indeterminado, com florações e colheitas não uniformes, a planta continua emitindo flores e frutificando sem intervalo definido. É possível que a partir do final do desenvolvimento vegetativo, as exigências hídricas desse cereal se mantenham sem alterações significativas, enquanto as plantas se mantiverem no campo, diferentemente de outros cereais que diminuem sua exigência hídrica após o enchimento dos grãos.

Santos e André (1992), avaliando o consumo em feijoeiro, cultivar Aroana – 80, encontraram um coeficiente de cultura (kc) diretamente proporcional ao índice de área foliar da planta, durante todo o seu ciclo, além de observar em uma relação direta entre a altura do dossel, índice de área foliar e evapotranspiração.

Stone *et al.* (1988) verificaram valores máximos do IAF do feijoeiro de 2,48, 1,91 e 1,60, para tensões da água no solo de 0,0125, 0,025 e 0,075 MPa, respectivamente, durante a fase de florescimento. O maior IAF, para a tensão de 0,0125 MPa, foi atingido cerca de cinco dias após os outros tratamentos, pois, com a maior disponibilidade de água, as folhas permaneceram verdes por mais tempo e a abscisão foliar foi retardada. Resultado diferente foi obtido por Moreira (1993) em feijão-vagem, com o valor máximo do IAF do tratamento com maior disponibilidade de água ocorrendo, aproximadamente, sete dias antes dos tratamentos menos irrigados, sugerindo antecipação da abscisão foliar. Esse fato seria atribuído ao auto-sombreamento decorrente do excessivo desenvolvimento vegetativo das plantas sob

maior disponibilidade de água. Oliveira e Silva (1990) constataram aumento do IAF do feijoeiro com o desenvolvimento da cultura, atingindo o valor máximo de 3,73, por volta do 55º dia do ciclo, época em que as plantas se encontravam no estágio final de florescimento e início da formação das vagens. O maior IAF ocorreu simultaneamente com a máxima evapotranspiração da cultura, evidenciando o efeito da área foliar fotossinteticamente ativa na demanda de água pelas plantas.

Avaliando as características fisiológicas e o rendimento de grãos em variedades de feijoeiro irrigado e sob sequeiro, Gomes *et al.* (2000) observaram redução mais acentuada na biomassa da parte aérea sob sequeiro do que nas demais, indicando maior sensibilidade da cultura ao estresse hídrico. Em algumas variedades (Carioca e Xodó) o acúmulo máximo de biomassa foi antecipado nos tratamentos de sequeiro, em outra cultivar (Negro Argel) foi atrasado, enquanto que na cultivar A320 o acúmulo máximo de biomassa não foi influenciado pelo regime de irrigação. Isso reforça as observações de Guimarães (1996) de haver variabilidade no acúmulo de biomassa em feijoeiro sob deficiência hídrica, dependendo da origem genética do genótipo.

1.2.6. Fotossíntese – Fluorescência da Clorofila “a”

A fotossíntese pode ser definida como um processo físico-químico, mediante o qual os organismos sintetizam compostos orgânicos, a partir de matéria-prima inorgânica, na presença de luz solar. Esse processo ocorre nos cloroplastos e resulta na liberação de oxigênio molecular e na captura de dióxido de carbono da atmosfera, que é utilizado para sintetizar carboidratos. É um processo complexo compreendendo diversas reações físicas e químicas dividido em duas etapas interdependentes e simultâneas: a etapa fotoquímica, antigamente chamada de fase “luminosa” e a etapa química, também chamada de ciclo fotossintético redutor do carbono, antes chamada de fase “escura” (Raven *et al.*, 2001; Taiz e Zeiger, 2003).

Em outras palavras, a fotossíntese é a maneira pela qual a energia do sol, transmitida a terra como radiação, é transformada em energia química, pelas substâncias orgânicas. Na realidade, o crescimento das plantas depende do saldo de matéria orgânica seca acumulada pela fotossíntese líquida ou taxa de assimilação líquida. A produtividade é função da fotossíntese total da planta que, por sua vez, depende da irradiância recebida e, naturalmente, da superfície foliar disponível para captá-la

eficientemente. Além da fotossíntese, outros elementos do meio onde as plantas crescem, em especial o clima, alteram o comportamento de fontes e drenos de assimilados, diferentemente, interferindo na produtividade total (Taiz e Zeiger, 2003). Nem sempre se encontra relação direta entre rendimento econômico e fotossíntese, mas, condições adequadas de clima devem favorecer a ocorrência dessa relação (Moss, 1975).

A medição da fluorescência da clorofila “a” é de grande importância em estudos de ecofisiologia da planta, uma vez que a determinação da eficiência da fotossíntese pela absorção de CO₂ ou evolução de O₂ é relativamente difícil. Os estudos de fluorescência têm sido relacionados com as respostas de uma folha vegetal que sofre uma rápida iluminação, após ter sido mantida no escuro por um intervalo de tempo de 15 a 30 minutos (Campostrini, 2002). A medição da fluorescência da clorofila “in vivo” é um método potente, não-destrutivo e rápido para detectar mudanças na atividade fotossintética de folhas, devido à variação ambiental e a fatores de estresse natural e antropogênico.

Na medição da fluorescência da clorofila “a”, após uma iluminação forte (luz actínica) sob uma folha mantida anteriormente no escuro, verifica-se uma elevação inicial da fluorescência, denominada de fluorescência mínima inicial (F₀). De meio a dois segundos depois de a folha ter sido iluminada, os centros de reação do sistema fotossintético tornam-se fechados e a fluorescência passa a atingir o seu valor máximo (F_m). O valor do incremento da fluorescência de F₀ até atingir o valor F_m é denominado de fluorescência variável (F_v) (Campostrini, 2002; Da Matta, 2002). Segundo Silva *et al.* (2001), a fluorescência da clorofila “a” pode ser utilizada na avaliação de danos causados por estresse hídrico, sendo a razão F_v/F_m o principal parâmetro utilizado na avaliação desses danos. Essa relação indica a eficiência fotoquímica do Fotossistema II.

Embora a razão F_v/F_m, normalmente, decresça em plantas submetidas a algum tipo de estresse (Krause e Weis, 1991), alguns autores (Bjorkman e Powles, 1984; Epron e Dryer, 1990) não detectaram reduções na eficiência fotoquímica do fotossistema II em plantas sob déficit hídrico. Bjorkman e Demmig (1987) determinaram os valores da razão F_v/F_m em um grande número de espécies vasculares e verificaram valores de F_v/F_m em torno de 0,832 ± 0,004 em folhas sadias de várias espécies. Para Da Matta (2002), a razão F_v/F_m em folhas não fotoinibidas é da ordem de 0,80 a 0,83 elétron por quantum. Bolhar-Nordenkamp *et al.* (1989) relatam que valores de F_v/F_m entre 0,75 e 0,85 são típicos de plantas não estressadas. Heckrathorn

et al. (1997), trabalhando com gramíneas, sob condições de deficiência hídrica, em casa-de-vegetação, obtiveram valores de F_v/F_m entre 0,60 e 0,70 para plantas no tratamento não-irrigado, representando um decréscimo de 4 a 8% em relação às plantas-controle, indicando poucos danos no FS II. Trabalhando com gramíneas, Silva *et al.* (2001) não encontraram diferenças estatisticamente significativas para a eficiência do fotossistema II, tanto entre os tratamentos como entre as espécies, permanecendo durante todo o período experimental entre 0,74 e 0,81, evidenciando que a baixa disponibilidade de água não causou danos no FSII.

1.3. MATERIAL E MÉTODOS

1.3.1. Caracterização da Área Experimental

1.3.1.1. Localização e Climatologia

Os três experimentos foram desenvolvidos na Estação Experimental do Abacaxi, da Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba – EMEPA no município de Sapé–PB, localizada na Mesorregião da Mata Paraibana, latitude 7° 05' 47" S, longitude 35° 13' 58" W e altitude de 124 m. O clima do local é do tipo As', quente e úmido com chuvas de outono-inverno, com um período de baixos índices pluviométricos entre setembro e fevereiro e precipitações mais intensas entre abril e julho (Figura 11). As precipitações anuais variam entre 1.000 e 1.200 mm. As temperaturas variam pouco no decorrer do ano e as médias anuais são elevadas, com valores entre 22 e 26° C. Os meses mais quentes são janeiro e fevereiro e os mais frios são julho e agosto. A umidade relativa é bastante uniforme, com média em torno de 80%. Os solos são constituídos de sedimentos pouco consolidados, de estratificação predominantemente horizontal; os sedimentos podem ser areno-argilosos, argilosos ou arenosos, com argilas de coloração variada, muitas vezes intercalada de seixos rolados e concreções lateríticas (EMEPA, 2005). No período de 1961 a 1990, a média pluviométrica da região foi de 1029,3 mm, mais concentrado no período outono inverno, conforme pode ser observado na Figura 1.11 (DNMET,1992).

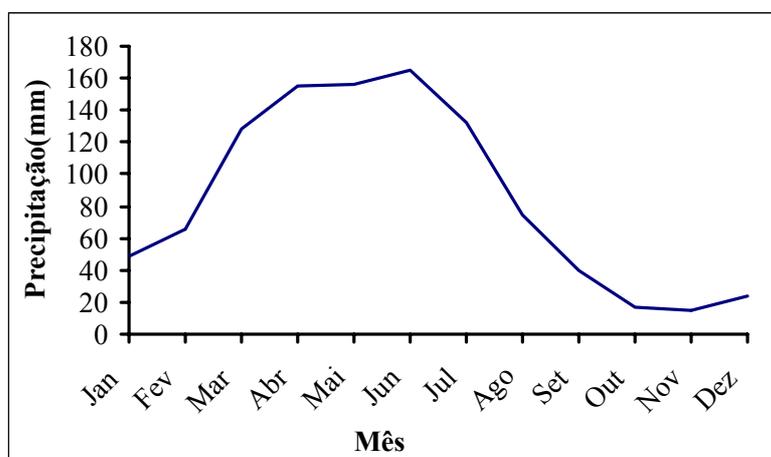


Figura 1.11. Curva de precipitação para a região de Sapé-PB. Normais Climatológicas de 1961 a 1990 (DNMET, 1992).

1.3.1.2. Características Físico-Hídricas do Solo

Para determinação das características físico-hídricas do solo, foram retiradas, da área experimental, amostras de solo nas camadas 0 a 30 cm e de 30 a 60 cm. As amostras foram devidamente acomodadas em sacolas plásticas, devidamente identificadas, e encaminhadas para o Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), do Departamento de Engenharia Agrícola (DEAG), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), onde as análises foram realizadas. Os resultados podem ser observados na Tabela 1.07.

As adubações foram realizadas em acordo com os resultados obtidos de análise de solo, para cada experimento, realizada pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da Universidade Federal de Campina Grande-PB.

Tabela 1.07. Características físico-hídricas do solo coletado da área experimental, nas profundidades de 0 a 30 e de 30 a 60 cm. Sapé-PB, 2005.

Característica Física	Profundidade 0 – 30 cm	Profundidade 30 – 60 cm
Granulometria		
Areia (%)	68,70	60,57
Silte (%)	4,03	6,06
Argila (%)	27,27	33,37
Classificação Textural	Franco Argilo Arenoso	Franco Argilo Arenoso
Dens. Global (g.cm⁻³)	1,35	1,32
Dens. Real (g.cm⁻³)	2,64	2,67
Porosidade total(%)	40,86	50,56
Umidade		
Natural (%)	0,85	1,00
0,33 atm (%)	9,03	13,15
15,0 atm (%)	6,21	8,35
Água Disponível (%)	2,82	4,80

Fonte: Laboratório de irrigação e salinidade (LIS) da UFCG.

1.3.1.3. Preparo do Solo, Semeadura e Práticas Culturais

Com 20 dias de antecedência à semeadura, o terreno foi preparado com aração à profundidade média de 30 cm e, posteriormente, passou-se a grade niveladora. As sementes, cedidas EMEPA, foram tratadas à base de trifanato metílico (Cercobin 750[®]), com objetivo de diminuir a incidência de doenças fúngicas de pós-emergência, segundo indicação de Rava e Sartorato (1996), para a cultura do feijão comum. Em

covas abertas manualmente, foi realizada uma adubação de fundação à base de fósforo e potássio, conforme resultado de análise de fertilidade realizada para cada experimento. O adubo foi colocado no fundo da cova e coberto com uma camada de areia para evitar o contato direto com a semente. No dia seguinte, foi realizado o semeio, colocando-se em média, 5 a 6 sementes por cova. Nas duas primeiras semanas após a semeadura, as parcelas foram irrigadas por igual, com uma lâmina equivalente a 5,0 mm por dia, por um sistema de irrigação por aspersão, objetivando garantir uma umidade no solo para germinação e emergência homogêneas. Após esse período, deu-se início aos tratamentos de irrigação específicos para cada experimento.

O controle das ervas invasoras foi realizado através de capinas manuais. O controle de pragas e doenças foi realizado através da aplicação de produtos químicos registrados no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, para a cultura do feijão comum, uma vez que não foram encontrados produtos com registro específico para a fava.

As variedades de crescimento indeterminado e trepador foram tutoradas com varas de madeira adquiridas na própria região. Durante o desenvolvimento do projeto, fêz-se inspeção a cada dois ou três dias, direcionando-se, cuidadosamente, para o tutor da respectiva planta, os pendões (prolongamento de ramos), que se estendiam até as plantas vizinhas, com o objetivo de evitar a mistura das partes vegetativas e produtivas, principalmente entre as plantas úteis e de bordadura, em cada parcela.

As colheitas de vagens foram realizadas quando se encontravam completamente maduras. As vagens eram contadas, e os resultados anotados em planilha apropriada.

Os dados climatológicos relativos ao período de desenvolvimento dos projetos, temperaturas e precipitações, foram obtidos diretamente de instrumentos localizados no posto agrometeorológico da Estação de Pesquisa do Abacaxi e estão incluídos na abordagem de cada experimento.

CAPÍTULO II

MORFOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE TREZE VARIEDADES DE FAVA CULTIVADAS EM REGIME DE SEQUEIRO E COM SUPLEMENTAÇÃO HÍDRICA

2.1. RESUMO

Foi desenvolvido no município de Sapé/PB um experimento, no período de abril a agosto de 2003, com o objetivo de se avaliar algumas características morfológicas e fisiológicas, bem com, obter informações sobre crescimento e produção de treze variedades de fava, submetidas ao regime de sequeiro e à suplementação hídrica. As variedades estudadas foram: Boca-de-moça, Branquinha, Cancão, “De coca”, Feijão, Lavandeira, Manteiga, Manteiga cearense, Orelha-de-vó, Raio-de-sol, Rajada, Rajada vermelha e Roxa. A fava “De coca” é de hábito de crescimento determinado, enquanto que as demais eram de crescimento indeterminado, enramador, com necessidade de tutoramento. Foram constatadas variabilidades nas características morfológicas estudadas, e pouca variação quanto a eficiência fotossintética. A fava Manteiga cearense teve a maior produção em grãos secos ($215,24 \text{ g.m}^{-2}$) e a fava Cancão foi a menos produtiva ($36,99 \text{ g.m}^{-2}$). Destacaram-se ainda as variedades Branquinha ($168,83 \text{ g.m}^{-2}$), Raio-de-sol ($181,90 \text{ g.m}^{-2}$), Boca-de-moça ($159,81 \text{ g.m}^{-2}$), Orelha-de-vó ($142,57 \text{ g.m}^{-2}$) e Lavandeira ($118,65 \text{ g.m}^{-2}$). Não houve efeito significativo da suplementação hídrica sobre a fitomassa seca da parte aérea, número de folhas, e razão de área foliar; houve efeito significativo sobre a área foliar. Houve efeito significativo da irrigação sobre a produção média das variedades.

MORPHOPHYSIOLOGY AND PRODUCTION OF LIMA BEAN VARIETIES CULTIVATED UNDER DRY AND IRRIGATED REGIMES.

2.2. ABSTRACT

An experiment was carried out at Sapé/PB from April to August of 2003, with the objective to evaluating some morphologic and physiologic characteristics and to obtain information about growth and production of thirteen of lima bean cultivars grown under dry and supplemental irrigation regimes. The cultivars studied were: Boca-de-moça, Branquinha, Cancão, “De coca”, Feijão, Lavandeira, Manteiga, Manteiga cearense, Orelha-de-vó, Raio-de-sol, Rajada, Rajada vermelha e Roxa. The “De coca” lima bean has determined growth habit, while the others presented undetermined growth and needed support for climbing. Variations in the morphologic characteristics studied, and little variation in photosynthetic efficiency were verified. Manteiga cearense variety had the highest dry grain yield ($215,24 \text{ g.m}^{-2}$) and Cancão lima bean was the least productive ($36,99 \text{ g.m}^{-2}$). Other varieties also had good production: Branquinha ($168,83 \text{ g.m}^{-2}$), Raio-de-sol ($181,90 \text{ g.m}^{-2}$), Boca-de-moça ($159,81 \text{ g.m}^{-2}$), Orelha-de-vó ($142,57 \text{ g.m}^{-2}$) and Lavandeira ($118,65 \text{ g.m}^{-2}$). There were no significant effects of the supplemental irrigation on the plant dry matter, number of leaves, and leaf area ratio. There was significant effect on leaf area values. There was significant effect of irrigation on productivity of the cultivars.

2.3. MATERIAL E MÉTODOS

2.3.1. Descrição e Delineamento Experimental

O Experimento foi desenvolvido com treze variedades de fava, cultivadas no período de abril a agosto de 2003. Através de sorteio simples, cada variedade foi identificada por um número de 01 a 13, com o objetivo de casualizar a posição dos tratamentos no campo. A relação das variedades com seus respectivos números está na Tabela 2.01.

Tabela 2.01. Nome vulgar das 13 variedades de fava utilizadas nesse projeto. Sapé-Paraíba, 2005.

Tratamento	Nome vulgar
01	Lavandeira
02	Rajada vermelha
03	Canção
04	Manteiga
05	Orelha-de-vó
06	Feijão
07	Roxa
08	Branquinha
09	Boca de moça
10	Manteiga cearense
11	“De coca”
12	Rajada
13	Raio-de-sol

Os dois regimes de água estudados foram o de sequeiro, ou não irrigado (I_0) e o de suplementação hídrica, ou irrigado (I_1). Os tratamentos foram formados pela combinação entre as treze variedades (C_1 a C_{13}) e os dois regimes de água, num total de 26 tratamentos, repetidos em três blocos casualizados.

A suplementação hídrica foi de 5,0 mm/dia, aproximadamente equivalente à evapotranspiração de referência média da região (Tabela 2.02), para o período de cultivo, calculada segundo Hargreaves e Samanni (1985), em função de valores de temperaturas diárias e radiação no topo da atmosfera, cuja relação é:

$$ET_o = 0,0023 \cdot Q_o \cdot (T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}})^{0,5} \cdot (T_{\text{med}} + 17,8) \quad \text{Equação 2.01}$$

Onde:

ET_o = Evapotranspiração de referência (mm/dia)

Q_o = Radiação no topo da atmosfera (Tabelado em função da latitude)

T_{max} = Temperatura máxima diária ($^{\circ}C$)

T_{min} = Temperatura mínima diária ($^{\circ}C$)

T_{med} = Temperatura média diária ($^{\circ}C$)

Tabela 2.02. Valores de evapotranspiração de referência calculados segundo Hargreaves e Samanni (1985) para o município de Sapé-PB, no período de abril a agosto de 2003. Sapé-PB, 2005.

Meses	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Média
ET_o (mm/dia)	4,90	4,68	3,57	4,49	5,50	4,63
ET_o (mm/mês)	146,92	144,99	107,05	139,10	170,45	141,70

A parcela experimental (Figura 2.01) constou de uma área de 3,0 m de largura por 7,0 m de comprimento, onde foram semeadas três linhas com as variedades, sendo considerada como útil apenas a linha intermediária, composta por 11 plantas.

O espaçamento definido para o cultivo foi de 1,00 m entre linhas e de 0,50 m entre plantas na linha. Contudo, a semeadura foi realizada com um espaçamento de 0,25 m entre plantas de modo que, na primeira avaliação destrutiva para determinação das variáveis de crescimento, realizado aos 30 dias após o semeio, fossem retiradas as plantas intermediárias das linhas, preservando-se, assim, o número de plantas úteis por parcela.

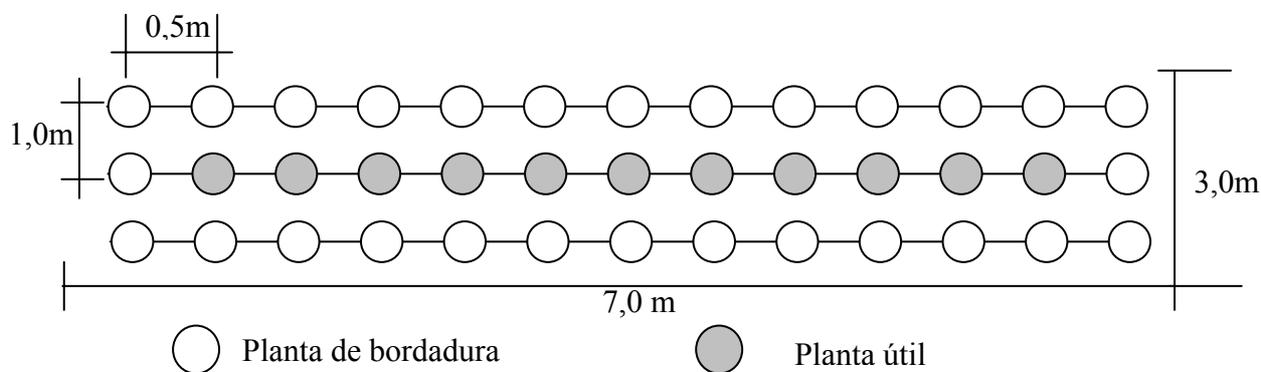


Figura 2.01. Desenho esquemático da parcela experimental do Experimento I.

As covas foram abertas com auxílio de enxadão e adubadas, com base nos resultados de análise de fertilidade do solo (Tabela 2.03) realizada pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade–LIS, do Departamento de Engenharia Agrícola–DEAg/UFCG. As quantidades de adubo utilizadas em fundação foram 30 kg.ha⁻¹ de N, 30 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 20 kg.ha⁻¹ de K₂O, conforme sugestão do LIS/DEAg. Utilizaram-se os produtos sulfato de amônia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente; metade do nitrogênio foi aplicado em fundação e a outra metade em cobertura, trinta dias após o semeio.

Tabela 2.03. Resultado de análise de fertilidade do solo da área experimental. Sapé-PB, 2005.

Características químicas	Resultados
Cálcio (cmol _c .kg ⁻¹)	1,46
Magnésio (cmol _c .kg ⁻¹)	1,27
Sódio (cmol _c .kg ⁻¹)	0,08
Potássio (cmol _c .kg ⁻¹)	0,15
Hidrogênio (cmol _c .kg ⁻¹)	7,34
Alumínio (cmol _c .kg ⁻¹)	1,40
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Ausência
Carbonato Orgânico %	0,65
Matéria Orgânica %	1,12
Nitrogênio %	0,06
Fósforo Assimilável (mg.dm ⁻³)	1,93
pH H ₂ O (1 : 2,5)	5,38
Cond. Elétrica (Suspensão Solo-Água) (mmhos.cm ⁻¹)	0,18

Fonte: LIS/DEAG/UFCG

2.4. Características e Variáveis Avaliadas

2.4.1. Características Morfológicas

Para classificação morfológica das partes aéreas da planta de fava, foram utilizados os conceitos e classificações contidas em IPGRI (2001), Vilhordo *et al.* (1980), Portes (1996), Mateo Box (1961) e Puerta Romero (1961).

2.4.1.1. Hábito de Crescimento

Foi utilizada a classificação citada por Vilhordo *et al.* (1980) e Portes (1996).

1. Tipo I: determinado arbustivo, com ramificação ereta e fechada
2. Tipo II: indeterminado, com ramificação ereta e fechada
3. Tipo III: indeterminado, com ramificação aberta
4. Tipo IV: indeterminado, prostrado ou trepador

2.4.1.2. Cor de Hipocótilo

Foi utilizada a classificação de IPGRI (2001).

- Verde
- Vermelho
- Vermelho-púrpura
- Púrpura

2.4.1.3. Cor de Cotilédones

Classificação de IPGRI (2001):

- Branco
- Verde
- Vermelho ou púrpura

2.4.1.4. Cor de Nervura da Folha Primária

Cor da nervura das folhas primárias, observada na face inferior, segundo classificação de IPGRI (2001):

- Verde
- Púrpura

2.4.1.5. Pigmentação de Caule

Presença de pigmentos e antocianina, no caule, determinada quatro a seis semanas após a semeadura (IPGRI, 2001):

- Sem pigmentação
- Localizada nos nós
- Generalizada
- Quase total

2.4.1.6. Orientação dos Ramos: Tipo Determinado

Orientação dos ramos em fava de hábito de crescimento determinado (Figura 2.02), na sexta semana após o semeio, segundo IPGRI (2001):

- Ramos laterais curtos e eretos
- Ramos médios tendencialmente perpendiculares ao caule principal
- Primeiro ramo lateral comprido e estendido sobre a terra



Figura 2.02. Orientação dos ramos, hábito de crescimento determinado: (A) laterais curtos e eretos; (B) médios, perpendiculares ao caule principal e (C) estendido sobre a terra. (Fonte: IPGRI, 2001).

2.4.1.7. Distribuição dos Ramos: Tipo Indeterminado

Distribuição da ramificação em fava de hábito de crescimento tipo indeterminado observado na sexta semana após o semeio, segundo IPGRI (2001):

- Um caule principal, ramos laterais curtos, raros ou inexistentes
- Um caule principal, raros ramos laterais a começar nos primeiros nós

- Dois ou três caules principais a começar nos primeiros nós
- Dois ou três caules principais e outros ramos laterais
- Densamente ramificado

2.4.1.8. Cor da Folha Definitiva

Intensidade da cor verde da folha definitiva observada quatro a seis semanas após a sementeira (IPGRI, 2001).

- Verde pálido
- Verde intermédio
- Verde escuro

2.4.1.9. Forma do Foliolo Central

A forma do folíolo central da folha trifoliada foi determinada, conforme IPGRI (2001), pela relação entre seu comprimento (C) e a sua maior largura (L), obtidos na terceira folha definitiva. Essas determinações foram realizadas durante a primeira coleta de material para a avaliação das variáveis de crescimento. As dimensões acima citadas foram medidas, com uma régua graduada, em quatro folhas por planta, calculando-se, posteriormente, a média aritmética simples dessas repetições. A chave de classificação utilizada está contida na Tabela 2.04.

Tabela 2.04. Classificação do formato do folíolo central de plantas de fava em função da relação entre o seu comprimento (C) e a sua largura máxima (L). Sapé-PB, 2005.

Formato da folha	Relação $C.L^{-1}$ (cm.cm ⁻¹)
Redondo	< 1,5
Oval	De 1,5 a 2,0
Oval-lanceolado	De 2,0 a 3,0
Lanceolado	De 3,0 a 6,0
Linear-lanceolado	> 6,0

Fonte: IPGRI (2001)

2.4.1.10. Tamanho do Botão Floral

Essa determinação foi realizada conforme a Figura 2.03, tomando-se o comprimento de dez botões florais escolhidos ao acaso, imediatamente antes de sua

abertura, conforme IPGRI (2001), calculando-se posteriormente a média aritmética simples desses valores. A chave de classificação está na Tabela 2.05.

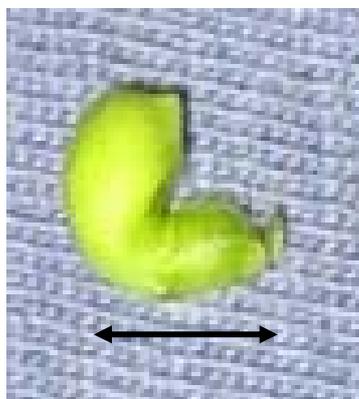


Figura 2.03. Forma de medição do tamanho do botão floral em fava (Fonte: IPGRI, 2001).

Tabela 2.05. Classificação do tamanho do botão floral de inflorescência de fava. Sapé-PB, 2005.

Tamanho do botão floral	Comprimento do botão floral (mm)
Pequeno	3,6 a 4,5
Médio	5,6 a 6,5
Grande	7,6 a 8,5

Fonte: IPGRI (2001).

2.4.1.11. Cor das Asas das Flores

Cor das asas das flores observada nas primeiras horas da manhã (Puerta Romero, 1961), e classificadas, segundo IPGRI (2001):

- Branca
- Rosa claro
- Rosa escuro a púrpura
- Violeta

2.4.1.12. Cor do Estandarte

Cor observada na parte superior do interior do estandarte que, segundo IPGRI (2001):

- Branco

- Rosa claro
- Rosa escuro a púrpura
- Violeta

2.4.1.13. Cor de Quilha

Classificada, segundo IPGRI (2001), como:

- Esverdeada
- Tingida (Rosa ou Púrpura)

2.4.1.14. Abertura de Asas

Posição relativa das duas asas das flores recentemente abertas (Figura 2.04) classificada, segundo IPGRI (2001):

- Asas paralelas ou fechadas
- Medianamente abertas
- Asas muito separadas

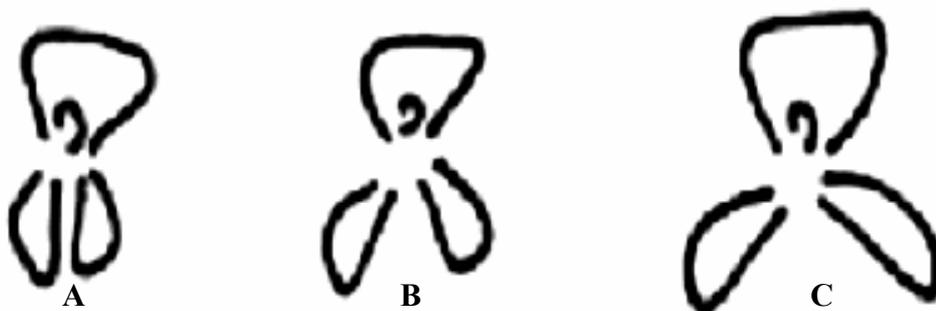


Figura 2.04. Abertura das asas de flores de fava; (A) Paralelas ou fechadas, (B) Medianamente abertas, (C) Muito separadas (Fonte: IPGRI, 2001).

2.4.1.15. Cor de Vagem

Observada em vagens maduras, e classificada segundo IPGRI (2001):

- Castanha
- Castanha com zonas pigmentadas vermelhas ou púrpuras
- Vermelha ou púrpura (na totalidade)
- Preta (na totalidade)

2.4.1.16. Comprimento de Vagem

Média, em centímetros, de 20 vagens maduras, obtidas ao acaso. No caso de vagens curvas, esse comprimento é obtido pela medição de uma linha reta entre a base da vagem e a sua extremidade (IPGRI, 2001). A medição do comprimento da vagem foi realizada com o auxílio de um paquímetro com precisão equivalente à 0,01 mm.

2.4.1.17. Largura de Vagem

Média, em centímetros, da maior largura de 20 vagens maduras, obtidas ao acaso (IPGRI, 2001). A medição dessa variável também foi realizada com paquímetro.

2.4.1.18. Curvatura de Vagem

Avaliação em vagens imaturas, mas completamente desenvolvidas, com base na seguinte (Figura 2.05) classificação, segundo IPGRI (2001):

- Direita
- Ligeiramente curva
- Curva

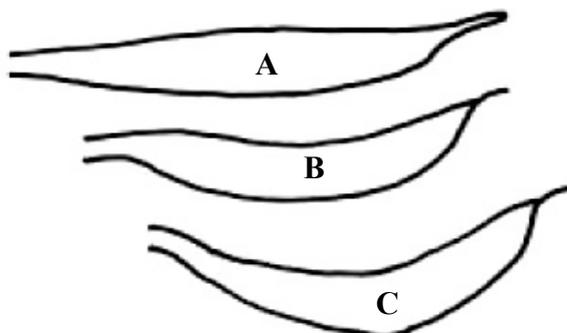


Figura 2.05. Curvatura das vagens de feijão: (A) Direita, (B) Ligeiramente curva e (C) Curva (Fonte: IPGRI, 2001).

2.4.1.19. Deiscência de Vagens

Correspondente à abertura espontânea das vagens, após a maturação. As vagens foram classificadas, segundo IPGRI (2001) em:

- Não deiscentes
- Deiscentes

2.4.1.20. Cor de Fundo da Semente

Corresponde à cor mais clara da semente, servindo de fundo, sobre o qual estão os pigmentos (quando existentes). De acordo com IPGRI (2001), a semente pode apresentar as seguintes cores para essa característica:

- Verde
- Branco
- Cinzento
- Amarelo
- Cor de tijolo
- Castanho claro
- Castanho
- Rosa
- Vermelho
- Vermelho escuro
- Vermelho-púrpura
- Preto

2.4.1.21. Cor Padrão da Semente

Corresponde às outras cores apresentadas pela semente, além da cor de fundo. No caso de semente com apenas uma cor (a cor de fundo), essa classificação é definida como ausente e a cor de fundo será a cor padrão da semente. Em sementes com padrão monocolor, uma cor além da cor de fundo, essa cor será considerada a cor padrão. No caso de um padrão bicolor, a cor padrão é definida pela cor mais clara, além da cor de fundo. O IPGRI (2001) definiu para essa característica a seguinte chave de classificação:

- Ausente
- Verde
- Castanho claro ou laranja
- Castanho-escuro
- Vermelho
- Vermelho-púrpura
- Preto

2.4.1.22. Segunda Cor Padrão da Semente

Em semente com apenas uma cor, além da cor de fundo, a classificação é definida como padrão monocolor ou ausente. Em semente bicolor, a segunda cor padrão (além da cor de fundo) é definida pela cor mais escura do padrão (IPGRI, 2001). O IPGRI (2001) definiu a seguinte chave classificação para essa característica:

- Padrão monocolor ou ausente
- Vermelho-escuro
- Vermelho-púrpura
- Preto

2.4.1.23. Formato de Sementes

O formato das sementes foi determinado em função das relações comprimento/largura e espessura/largura, de acordo com Puerta Romero (1961). Essas dimensões foram determinadas em sementes secas ao sol, com o auxílio de um paquímetro, com precisão de 0,01 mm.

2.4.2. Variáveis de Crescimento e Desenvolvimento da Planta

A avaliação do crescimento/desenvolvimento foi realizada através de amostragem de plantas em quatro fases ao longo do ciclo. Como as variedades tinham ciclos de desenvolvimento diferentes, as épocas de avaliação foram definidas em função da fase fenológica, e não em dias após o semeio (DAS).

- 1^a Coleta – Aproximadamente 30 dias após a semeadura (igual para todas).
- 2^a Coleta – Início de floração (mais de 50% das plantas em floração).
- 3^a Coleta – Produção (quando mais de 50% das plantas estavam com vagens desenvolvidas)
- 4^a Coleta – Colheita (quando da realização da última coleta de vagens)

Nas análises, as plantas foram cortadas rente ao solo, separando-se e contando-se o número de folhas por planta.

Para a determinação da matéria seca, as partes das plantas, caule, ramos e folhas, foram colocadas em sacos de papel individuais, devidamente identificados, e levadas para uma estufa com temperatura controlada em torno de 70°C, até atingir peso constante.

Concluída a secagem, os materiais secos foram pesados em balança analítica, com precisão de 0,001 g. A soma da fitomassa seca das partes aéreas da planta foi denominada de fitomassa seca total da parte aérea (FSPA).

2.4.2.1. Área Foliar (AF)

A área foliar foi determinada através da relação funcional entre o peso da fitomassa de áreas conhecidas (discos) retiradas da folha e o peso da fitomassa de toda a folha, segundo sugerido por Fernandes (2002) e Nóbrega *et al.* (2001). Para isso, após a contagem, um determinado número de folhas, dependendo de cada planta, com tamanhos diferentes, foram separadas das demais e, com o auxílio de um vazador, ferramenta cilíndrica afiada, com área interna de 3,046 cm², eram retirados três discos, um de cada folíolo. Posteriormente, todos os discos, foram colocados em sacos de papel, da mesma forma que os folíolos perfurados e o restante das folhas, e colocados para secar em estufa.

A área foliar de uma planta, em cm², foi determinada pelas relações abaixo:

$$ATD = AD * NTD \quad \text{Equação 2.02}$$

$$AF = \frac{FSF * ATD}{FSD} \quad \text{Equação 2.03}$$

Onde:

- ATD = Área de todos os discos juntos em cm^2
- AD = Área de cada disco em cm^2
- NTD = Número total de discos em cm^2
- AF = Área foliar da planta em cm^2
- FSF = Fitomassa seca de todas as folhas em g
- FSD = Fitomassa seca dos discos em g

2.4.2.2. Índice de Área Foliar (IAF)

O índice de área foliar (IAF) foi determinado pela relação entre a AF média de uma planta, em cm^2 , e a superfície correspondente de terreno ocupada pela planta (Urchei *et al.*, 2000):

$$SP = El * Ep \quad \text{Equação 2.04}$$

$$IAF = \frac{AF}{SP} \quad \text{Equação 2.05}$$

Onde:

- IAF = Índice de área foliar adimensional ($\text{cm}^2 \cdot \text{cm}^{-2}$)
- SP = Superfície do terreno ocupada pela planta (cm^2)
- El = Espaçamento entre linhas de cultivo (cm)
- Ep = Espaçamento entre plantas na linha de cultivo (cm)

2.4.2.3. Razão de Área Foliar (RAF)

A RAF foi determinada conforme relação apresentada por Benincasa (2003), a seguir:

$$RAF = \frac{AF}{FSPA} \quad \text{Equação 2.06}$$

Onde:

- RAF = Razão de área foliar ($\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)
- FSPA = Fitomassa seca da parte aérea (g)

2.4.2.4. Taxa de Crescimento Absoluto em Fitomassa Seca (TCA_{FSPA})

A taxa de crescimento absoluto para a fitomassa seca (TCA_{FSPA}) foi determinada de acordo com a equação sugerida por Fernandes (2002):

$$\text{TCA}_{\text{FS}} = \frac{\text{FSPA}_2 - \text{FSPA}_1}{t_2 - t_1} \quad \text{Equação 2.07}$$

Onde:

- TCA_{FSPA} = Taxa de crescimento absoluto em FSPA ($\text{g} \cdot \text{dia}^{-1}$)
- FSPA_1 = Fitomassa seca da parte aérea relativa ao tempo t_1 (g)
- FSPA_2 = Fitomassa seca da parte aérea relativa ao tempo t_2 (g)
- $t_2 - t_1$ = Intervalo de tempo entre duas leituras consecutivas (dias)

2.4.3. Floração

O acompanhamento do florescimento das variedades plantadas começou a ser efetuado a partir do aparecimento da primeira inflorescência em qualquer uma das plantas da parcela. A partir desse momento, a cada dois dias, eram contados o número de plantas com inflorescência, em todas as plantas úteis da parcela. Esse acompanhamento foi realizado até se obter em cada parcela um índice de florescimento próximo a 100 %.

2.4.4. Eficiência Fotossintética

A eficiência fotossintética foi determinada através do método da fluorescência da clorofila “in vivo”, conforme citado por diversos autores, como Portes e Magalhães (1993) e Bjorkman e Demmig (1987). As medições da emissão da fluorescência foram feitas com um detector de fluorescência, Plant Efficiency Analyser, instrumento da Hansatech[®] Ltda, Inglaterra (Campostrini, 2002). Foram feitas medições da eficiência fotossintética em dois momentos específicos; na avaliação de início de floração e na avaliação de produção.

2.4.5. Variáveis Relativas à Produção

2.4.5.1. Número de Vagens por Planta (NVP)

O NVP foi obtido pela soma de todas as vagens colhidas durante o experimento, em cada parcela, dividido pelo número de plantas existentes na parcela.

2.4.5.2. Variáveis Relativas à Semente

2.4.5.2.1. Peso Relativo da Semente (PRS)

Refere à relação percentual entre o peso das sementes e o peso total da vagem. Para obtenção dessa relação, as vagens maduras colhidas de cada parcela foram postas para secar ao sol, até começarem a se abrir naturalmente. Nesse momento, foram tomadas ao acaso 50 vagens de cada parcela os quais foram pesadas individualmente obtendo-se o peso total da vagem (PTV); as sementes de cada vagem foram também pesadas, obtendo-se o peso das sementes por vagem (PSV). Nessas duas pesagens foi utilizada uma balança analítica com precisão de 0,001 g. Em seguida, foi obtido o peso efetivo das sementes, em porcentagem, pela relação abaixo:

$$PRS = \frac{PSV * 100}{PTV} (\%) \quad \text{Equação 2.08}$$

2.4.5.2.2. Número de Sementes por Vagem (NSV)

No momento em que eram debulhadas as vagens citadas no item anterior, era anotado, em uma planilha específica, o número de sementes contidas em cada vagem. O número médio de sementes por vagem foi obtido, portanto, dividindo-se o número total de sementes da amostra pelo número de vagens.

2.4.5.2.3. Tamanho das Sementes

A classificação do tamanho das sementes foi baseada no peso médio de 100 sementes (PMS_{100}), em gramas, segundo Mateo Box (1961). Para essa determinação,

as vagens secas ao sol foram debulhadas e, em seguida, foi tomado, ao acaso, um lote com aproximadamente 300 g de sementes, que foi pesado numa balança analítica com precisão de 0,001g. Após a pesagem, foi contado o número de grãos presentes no lote e determinado, por regra de três simples, o peso médio de 100 sementes.

2.4.5.3. Produtividade Média (PM)

Para o cálculo da produtividade média de cada variedade (g.m^{-2}), foi utilizada a seguinte relação:

$$PM = \frac{NVP * NPC * NSV * PMS_{100}}{100 * E_1 * E_2} \quad \text{Equação 2.09}$$

Onde:

- PM = Produtividade média da variedade (g.m^{-2})
- NVP = Número médio de vagens por planta
- NPC = Número de plantas por cova
- NSV = Número médio de grãos por vagens
- PMS_{100} = Peso médio de 100 sementes (g)
- E_1 = Espaçamento entre linhas (m^2)
- E_2 = Espaçamento entre plantas (m^2)

2.4.5.4. Composição Química das Sementes

Uma amostra de sementes de cada variedade, de 300 g a 500 g, foi tomada ao acaso e encaminhada para o laboratório da EMBRAPA Algodão, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, em Campina Grande – PB, para avaliação da sua composição química.

2.4.6. Análises Estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância, envolvendo os efeitos relativos as treze variedades e aos dois regimes de irrigação. Para os componentes de crescimento, a análise de variância foi realizada em função dos dados obtidos na fase de

produção, época em que foram obtidos os valores máximos de cada variável.

O efeito das fontes de variação foram avaliados pelo Teste F, em todos os ensaios realizados. Nos tratamentos considerados significantes ao nível de 5% ou de 1% de probabilidade foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para comparação das médias obtidas em cada variável. Na Tabela 2.06 pode ser observado o esquema geral da análise de variância relativa ao experimento.

Tabela 2.06. Esquema geral da análise estatística aplicada no experimento I. Sapé-PB, 2005.

Fontes de Variação	G.L.
Vaierdade (<i>v</i>)	12
Regime de água (<i>i</i>)	1
Interação Variedade x Irrigação	12
Blocos (<i>b</i>)	2
Resíduo	50
Total	77

2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2.07 estão os valores do ciclo de cada cultura e o total de chuva, irrigação e chuva + irrigação, verificadas durante o desenvolvimento do projeto. Os valores das lâminas são diferentes para algumas culturas em função do seu ciclo. Na coluna Irrigação estão as lâminas aplicadas, em complementação à chuva, para se atingir a suplementação hídrica definida como tratamento (5 mm/dia). A coluna Chuva representa as lâminas recebidas nas parcelas sem irrigação suplementar e a coluna Chuva + Irrigação as lâminas totais aplicadas às parcelas com tratamento irrigado. As diferenças entre a lâmina total recebida pelas parcelas com tratamento irrigado (Lâmina + Irrigação) e aquelas sem irrigação (Chuva) foram de 77,5 % (“De coca”) 63,5 % (Lavandeira, Manteiga e Branquinha), 63,1 % (Rajada vermelha e Cancão), 62,0 % (Orelha-de-vó, Feijão, Roxa e Boca-de-moça) e 63,1 % (Manteiga cearense, Rajada e Raio-de-sol). Uma visão geral das lâminas recebidas nos tratamentos pode ser verificada na Figura 2.06.

Tabela 2.07. Lâmina de água total recebida por chuva, irrigação e chuva + irrigação pelas treze variedades de favas estudadas. Sapé-PB, 2005.

Variedade	Ciclo total (dias)	Chuva (mm)	Irrigação (mm)	Chuva + Irrigação (mm)
Lavandeira	138	582,3	370	952,3
Rajada vermelha	127	554,7	350	904,7
Cancão	127	554,7	350	904,7
Manteiga	138	582,3	370	952,3
Orelha-de-vó	133	568,5	355	923,5
Feijão	133	568,5	355	923,5
Roxa	133	568,5	355	923,5
Branquinha	136	580,3	355	935,3
Boca de moça	133	568,5	355	923,5
Manteiga cearense	125	554,7	340	894,7
“De coca”	60	174,1	135	309,1
Rajada	125	554,7	340	894,7
Raio-de-sol	125	554,7	340	894,7

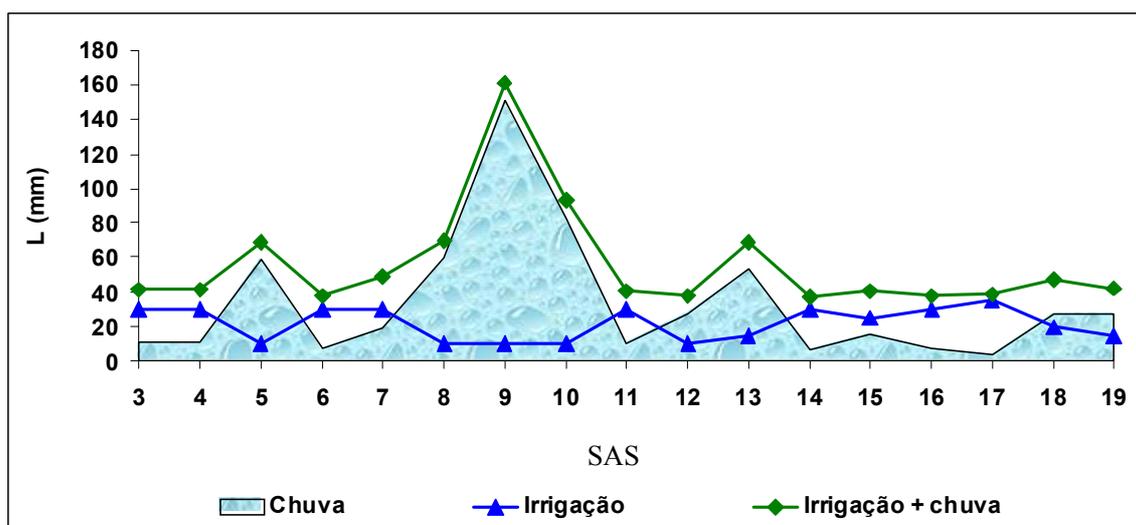


Figura 2.06. Lâmina de água (L) recebida pelo solo, proveniente da chuva e da irrigação suplementar, em função do número de semanas após o semeador (SAS).

2.5.1. Hábito de Crescimento

Na Tabela 2.08 se pode observar que 12 variedades estudadas têm hábito de crescimento do Tipo III, com crescimento indeterminado e necessidade de tutoramento (Figura 2.07 A). As inflorescências são oriundas de gemas axilares e apresentaram maturação não uniforme. A variedade fava “De coca” foi a única com hábito de crescimento determinado, pelo fato da gema apical dessa variedade se desenvolver em uma inflorescência, cessando, portanto, o crescimento de sua haste principal e a emissão de novos ramos (Figura 2.07 B).

Tabela 2.08. Hábito de crescimento das variedades de fava (*Phaseolus lunatus*) estudadas no projeto. Sapé-PB, 2005.

Nome vulgar da variedade	Hábito de crescimento
Lavandeira	Indeterminado trepador
Rajada vermelha	Indeterminado trepador
Cancão	Indeterminado trepador
Manteiga	Indeterminado trepador
Orelha-de-vó	Indeterminado trepador
Fava Feijão	Indeterminado trepador
Fava Roxa	Indeterminado trepador
Fava Branquinha	Indeterminado trepador
Boca de moça	Indeterminado trepador
Manteiga cearense	Indeterminado trepador
Fava rejada	Indeterminado trepador
Raio-de-sol	Indeterminado trepador
“De coca”	Determinado



Figura 2.07. Variedades de fava com hábito de crescimento indeterminado trepador (A) e determinado (B).

2.5.2. Características Morfológicas

2.5.2.1. Cor de Hipocótilo e de Cotilédones

Com exceção da fava Raio-de-sol, com hipocótilo de cor púrpura, as demais variedades tinham hipocótilo de coloração verde, com pouca variação de tonalidade. Também foi observada pouca variação em relação à coloração dos cotilédones; com exceção da fava Raio-de-sol, onde foi observada uma tonalidade púrpura mesclada ao verde, e da fava Cancão, com tonalidade verde, as demais variedades tinham cotilédones com coloração esbranquiçada (Figura 2.08). A pigmentação púrpura, ou vermelho-púrpura, nos materiais observados, é característico da presença de antocianina, que constituem os pigmentos vermelhos, das partes aéreas dos vegetais.

2.5.2.2. Folhas Primárias

As folhas primárias de todas as variedades eram de coloração verde intensa ou verde médio na face superior. As nervuras tinham coloração esverdeada, em intensidades diversas, menos nas variedades Rajada vermelha e Raio-de-sol que tinham pigmentação púrpura, ao longo dessa estrutura.

2.5.2.3. Caule e Ramos

A variedade Raio-de-sol (Figura 2.09 A) tinha pigmentação púrpura, ao longo de alguns ramos, sendo classificada, segundo IPGRI (2001), como de “pigmentação generalizada”. As demais variedades foram classificadas como “sem pigmentação”. De certa forma, como essa pigmentação havia se manifestado na nervura inferior das folhas primárias de Rajada vermelha, tinha-se uma expectativa de que ocorresse a mesma pigmentação, mesmo que em pontos isolados, ao longo do caule e de ramos, o que não foi observado.



Figura 2.08. Cor do hipocótilo e dos cotilédones em algumas variedades de fava estudadas, A – Raio-de-sol; B - Cancão; C - Manteiga; D – “De coca”; E – Boca-de-moça; F – Feijão; G – Orelha-de-vó; H – Branquinha; I – Lavandeira.

Na fava “De coca”, de crescimento determinado, a orientação dos ramos, era de “Ramos Laterais Curtos e Eretos” (IPGRI, 2001). A arquitetura da planta pode ser observada através da Figura 2.07 B. As variedades de crescimento indeterminado foram classificadas como “densamente ramificadas”, com os ramos partindo de todos os nós e em todas as direções, exigindo tutoramento para sua fixação.



Figura 2.09. Presença de pigmentação, antocianina, no caule, de fava Raio-de-sol (A) e variedade de fava sem pigmentação (B).

2.5.2.4. Folha Definitiva

Não foram registradas variações na tonalidade de verde das folhas definitivas, entre os genótipos. Em geral, a tonalidade era verde escura, com pequenas variações para o verde intermediário, dependendo da posição da folha na planta. A coloração verde escura de suas folhas definitivas é uma das características apontadas por Zimmermann e Teixeira (1996), utilizadas para diferenciação da fava (*Phaseolus lunatus* L.) das outras espécies da família, normalmente com folhas de tonalidades mais claras.

Na Tabela 2.09 se encontra um resumo da ANAVA para a relação comprimento/largura (C/L) do folíolo central, utilizada para classificação do formato desse folíolo, em folhas definitivas. Não houve influência significativa para nenhum das fontes de variação (variedade, irrigação e interação variedade x irrigação). Não se esperava efeito significativo do fator irrigação sobre essa variável uma vez que, como essa característica deve ser avaliada em torno da 4^a ou 5^a semana após o semeio (IPGRI, 2001), praticamente não houve diferença quanto à lâmina de água entre os tratamentos. Até a segunda semana a irrigação foi igual para todas as parcelas e na quarta e quinta semana a chuva foi superior a suplementação hídrica (Figura 2.06).

Considerando os valores médios obtidos para a relação C/L, observa-se que praticamente todas as variedades tinham um folíolo central de formato oval, menos a variedade fava “De coca”, cujo folíolo foi classificado como redondo, conforme chave de classificação sugerida pelo IPGRI (2001) para essa característica.

Tabela 2.09. Resumo da Análise de Variância (ANAVA) da razão entre o comprimento e a largura máxima do folíolo central (C/L) e classificação do formato do folíolo das treze variedades de fava. Sapé-PB, 2005.

Fonte de Variação (F.V.)		Quadrado Médio (Q.M.)
Variedade		0,0241 ns
Irrigação		0,0415 ns
Interação Variedade x Irrigação		0,0201 ns
Blocos		0,1832 **
Resíduo		0,0200

Variedade	Relação C/L	Formato do folíolo central
Lavandeira	1,5 a	Oval
Rajada vermelha	1,5 a	Oval
Cancão	1,5 a	Oval
Manteiga	1,5 a	Oval
Orelha-de-vó	1,5 a	Oval
Feijão	1,5 a	Oval
Roxa	1,6 a	Oval
Branquinha	1,6 a	Oval
Boca-de-moça	1,6 a	Oval
Manteiga cearense	1,5 a	Oval
“De coca”	1,4 a	Redondo
Rajada	1,5 a	Oval
Raio-de-sol	1,5 a	Oval
dms	0,3	

** significativo à 1% de probabilidade; ns - não significativo.

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

2.5.2.5. Inflorescência

Segundo a análise de variância (Tabela 2.10) não houve influência da suplementação hídrica sobre o tamanho do botão floral de inflorescências, das treze variedades estudadas neste experimento. Houve efeito significativo da fonte de variação Variedade sobre essa variável, sugerindo diferenças no tamanho do botão floral, em função de características específicas de cada genótipo. Apesar de serem observadas diferenças

significativas ao nível de 5% pelo Teste de Tukey para as médias do tamanho dos botões florais de inflorescências de plantas de fava (Tabela 2.10), pela chave sugerida pelo IPGRI (2001) esses botões florais foram classificados como de tamanho médio. A variedade Lavandeira foi a que teve maior média em tamanho do botão floral, não se diferenciando estatisticamente da Rajada vermelha, Orelha-de-vó, Boca-de-moça e Raio-de-sol. A variedade Cancão foi a que apresentou uma menor média do tamanho do botão floral, sendo estatisticamente diferente apenas de Lavandeira e Rajada Vermelha.

Tabela 2.10. Resumo da análise de variância do tamanho do botão floral e classificação do tamanho do botão floral de treze variedades de fava, sob sequeiro e com suplementação hídrica. Sapé-PB, 2005.

F.V.	Q.M.
Variedade	0,029 ns
Variedade	0,212 **
Irrigação	0,136 ns
Interação Variedade X Irrigação	0,014 **
Resíduo	0,037

Variedade	Tamanho do botão floral (mm)	Classificação
Lavandeira	6,083 a	Médio
Rajada vermelha	6,001 ab	Médio
Cancão	5,605 c	Médio
Manteiga	5,620 bc	Médio
Orelha-de-vó	5,973 abc	Médio
Feijão	5,617 c	Médio
Roxa	5,630 bc	Médio
Branquinha	5,638 bc	Médio
Boca-de-moça	5,928 abc	Médio
Manteiga cearense	5,615 c	Médio
“De coca”	5,620 bc	Médio
Rajada	5,618 c	Médio
Raio-de-sol	5,932 abc	Médio
DMS	0,382	

** significativo à 1% de probabilidade; ns - não significativo.

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As diferenças significativas sugeridas pelas análises de variância para as médias do tamanho do botão floral, na prática, são muito pequenas, como se pode observar na Tabela 2.11, onde são apresentados alguns parâmetros de estatística descritiva dos dados. Observa-se que a amplitude dos dados, diferença entre o maior e o menor valor, é inferior a 0,50

mm. O baixo valor do desvio padrão (0,1877 mm) e a baixa variância da amostra, em torno de 3,52 %, é um indicativo de certa homogeneidade dos dados obtidos.

Tabela 2.11. Análise descritiva das médias relativas ao tamanho do botão floral de diversas variedades de fava estudadas no Experimento I. Sapé-PB, 2005.

Parâmetro observado	Valor determinado (mm)
Média	5,760
Desvio padrão	0,188
Variância da amostra	0,035
Amplitude	0,478
Mínimo	5,605
Máximo	6,083

A cor das asas dos botões florais, após a sua abertura, era predominantemente branca na maioria das variedades. Algumas variedades desenvolveram numa mesma inflorescência flores com asas de coloração rosa claro e branca (Lavandeira e Rajada vermelha), enquanto que Manteiga cearense tinha a cor rosa escuro. Na Tabela 2.12 consta uma relação da cor das asas dessas flores nas variedades estudadas.

Nas outras partes da flor, não foi constatada variação de cores entre as variedades, sendo observada em todas elas uma cor esverdeada tanto nos estandartes como na quilha das flores. Quanto à posição das asas após a antese, observou-se que as flores de todas as variedades tinham asas fechadas e paralelas, de acordo com chave de classificação do IPGRI (2001). Uma visão geral dessas informações pode ser observada na Figura 2.10.

Tabela 2.12. Cor das asas das flores observadas em diversas variedades de fava. Sapé-PB, 2005.

Nome vulgar da variedade	Cor das asas
Lavandeira	Branca e rosa claro
Rajada vermelha	Branca e rosa claro
Cancão	Branca
Manteiga	Branca
Orelha-de-vó	Branca
Feijão	Branca
Roxa	Branca
Branquinha	Branca
Boca-de-moça	Branca
Manteiga cearense	Rosa escuro
“De coca”	Branca
Rajada	Branca
Raio-de-sol	Rosa escuro e rosa claro

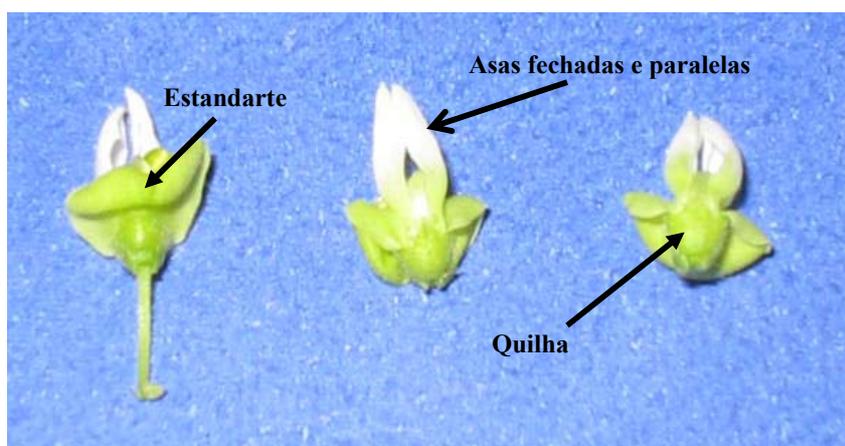


Figura 2.10. Flores de variedades de fava (*Phaseolus lunatus* L.) mostrando a cor esverdeada da quilha e dos estandartes, e a posição das asas, fechadas e paralelas, após a sua abertura.

2.5.2.6. Vagem

Em todas as variedades estudadas, as vagens, quando maduras, eram de coloração castanha, com alguma variação de intensidade, mais escura ou mais clara, contudo, sem a presença de pigmentos coloridos. Quanto ao formato, em observações feitas nas vagens

verdes desenvolvidas, constatou-se que elas eram ligeiramente curvas, característica específica dessa espécie. Algumas vagens das variedades Lavandeira, Orelha-de-vó e Rajada vermelha eram “direita”, conforme chave do IPGRI (2001), sem, entretanto ser característica dessas variedades.

Na Tabela 2.13 está um resumo da análise de variância relativa a comprimento médio e largura média das vagens das diversas variedades, considerando os dois sistemas de cultivo (com e sem irrigação). Tanto para o comprimento, quanto para a largura, não foi observado efeito significativo, pelo teste F, em relação ao regime de irrigação, mas houve efeito significativo para variedade. Logo, pode-se dizer que as diferenças na média do tamanho da vagem entre as variedades são decorrentes de características genéticas próprias. Vagens mais compridas foram observadas nas variedades Lavandeira e Raio-de-sol, não se diferenciando significativamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade, das variedades Rajada vermelha, Orelha-de-vó e fava “De coca”. Todas as outras variedades tinham o comprimento de vagens estatisticamente semelhantes entre si. As maiores larguras foram observadas nas variedades Lavandeira e Orelha-de-vó, e as menores foram Cancão, Feijão, Roxa, Boca-de-moça e rajada, sem se diferenciarem estatisticamente entre si. Manteiga e Branquinha também foram semelhantes estatisticamente à Feijão, Roxa e Boca-de-moça e Rajada (Tabela 2.14).

Tabela 2.13. Resumo de ANAVA relativa ao comprimento (C) e largura (L) das vagens para os fatores Variedade e Irrigação. Sapé-PB, 2005.

F.V.	C	L
	QM	
Blocos	0,01567 ns	0,00021 ns
Variedade	4,15649 **	0,17079 **
Irrigação	0,23793 ns	0,00139 ns
Interação variedade x irrigação	0,16278 ns	0,00610 ns
Resíduo	0,13915	0,00769

** - Significativo ao nível de 1 % de probabilidade

ns – Não significativo

Quanto à deiscência das vagens, ou seja, sua abertura espontânea quando madura, nenhuma das variedades estudadas apresentou essa característica, permanecendo fechadas na planta, mesmo quando secas, sendo então classificadas segundo IPGRI (2001), como não deiscentes.

Tabela 2.14. Valores médios do comprimento e da largura das vagens de diversas variedades de fava estudada nesse experimento. Sapé-PB, 2005.

Variedade	Comprimento (cm)	Largura (cm)
Lavandeira	8,465 a	1,893 ab
Rajada vermelha	8,181 a	1,686 cd
Cancão	6,908 b	1,472 h
Manteiga	5,597 b	1,650 cdefg
Orelha-de-vó	7,923 a	2,042 a
Feijão	6,330 b	1,508efgh
Roxa	6,430 b	1,563 defgh
Branquinha	7,059 b	1,649 cdefg
Boca-de-moça	6,530 b	1,502 fgh
Manteiga cearense	6,768 b	1,684 cde
“De coca”	8,169 a	1,675 cdef
Rajada	6,389 b	1,492 gh
Raio-de-sol	8,293 a	1,796 bc
DMS	0,749	0,176

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

2.5.2.7. Sementes

Na Tabela 2.15 estão os valores médios da relação comprimento/largura (C/L), da relação espessura/largura (E/L) e a classificação das sementes quanto ao seu formato, segundo Puerta Romero (1961). As sementes tinham forma Elíptica ou Esférica, em combinação com as formas Achatada ou Semi-cheia. As classificações Elíptica/Achatada, para Raio-de-sol e Esférica/Achatada, para Amarela Cearense (Manteiga cearense), foram semelhantes as relatadas por Santos *et al.* (2000); nesse mesmo trabalho, os autores classificaram as sementes da variedade Vovó como Elíptica/Achatada, Branquinha como Esférica/Cheia e a Boca-de-moça como Oblonga/Semi-cheia, diferente da classificação encontrada neste estudo. Os valores da relação C/L (1,71) e E/L (0,79) obtidos por aqueles autores para a Boca-de-moça foram superiores aos valores obtidos de todas as variedades estudadas neste trabalho; possivelmente, a origem diferente do material possa explicar este resultado.

Na maioria das variedades predomina na semente a cor de fundo branca; as únicas exceções foram as variedades Feijão, Roxa, Manteiga e “De coca”. Quatro variedades (Feijão, Roxa, Branquinha e Manteiga cearense) são de uma única cor, classificada como

“ausente” na cor padrão. De todas as variedades estudadas, apenas a Rajada apresentou mais de uma cor, além da cor de fundo, emitindo, portanto, uma segunda cor padrão, que se localiza ao redor do hilo da semente (Tabela 2.16). Na Figura 2.11 estão fotos de sementes das treze variedades de fava estudadas.

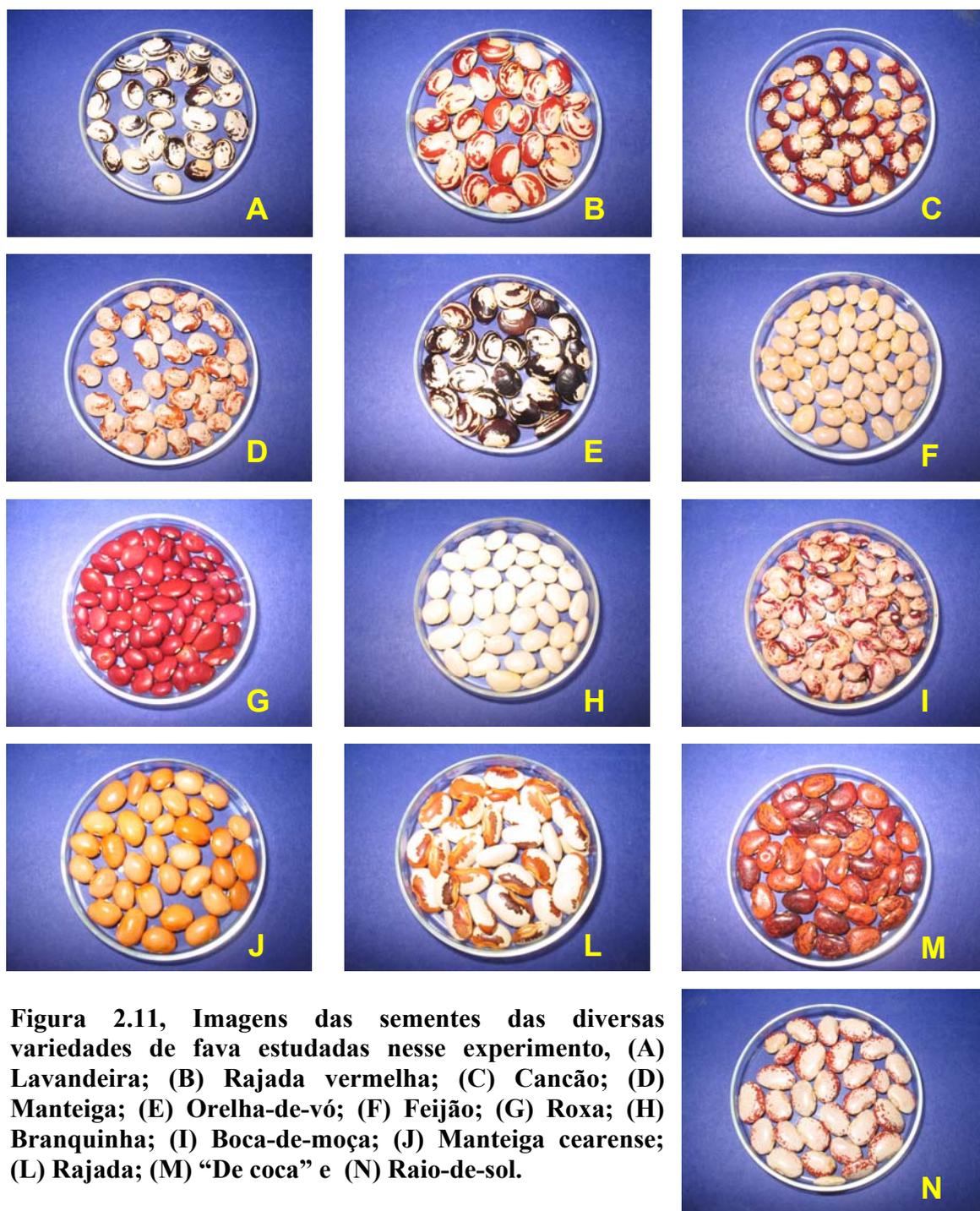
Tabela 2.15. Classificação do formato das sementes de treze variedades de fava, em relação ao índice Comprimento/Largura e Espessura/Largura (Puerta Romero (1961). Sapé-PB, 2005.

Variedade	C,L ⁻¹	E,L ⁻¹	Classificação
Lavandeira	1,56685 a	0,53376 bc	Elíptica/Achatada
Rajada vermelha	1,45014 bc	0,53808 bc	Elíptica/Achatada
Cancão	1,45062 bc	0,55616 bc	Elíptica/Achatada
Manteiga	1,35338 efg	0,60358 ab	Esférica/Achatada
Orelha-de-vó	1,37894 def	0,60424 ab	Esférica/Achatada
Feijão	1,47644 b	0,70560 a	Elíptica/Semi-cheia
Roxa	1,35156 efg	0,63202 ab	Esférica/Achatada
Branquinha	1,39898 cde	0,61998 ab	Esférica/Achatada
Boca-de-moça	1,33304 fg	0,57450 b	Esférica/Achatada
Manteiga cearense	1,30645 g	0,60946 ab	Esférica/Achatada
“De coca”	1,54732 a	0,43678 c	Elíptica/Achatada
Rajada	1,54706 a	0,43690 c	Elíptica/Achatada
Raio-de-sol	1,43482 bcd	0,54646 bc	Elíptica/Achatada

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2.16. Classificação da cor das sementes das diversas variedades de fava observadas, segundo IPGRI (2001). Sapé-PB, 2005.

Variedade	Cor de fundo	Cor Padrão	Segunda Cor Padrão
Lavandeira	Branco	Preto	Ausente
Rajada vermelha	Branco	Vermelho	Ausente
Cancão	Branco	Vermelho	Ausente
Manteiga	Branco	Vermelho	Ausente
Orelha-de-vó	Branco	Preto	Ausente
Feijão	Castanho claro	Ausente	Ausente
Roxa	Vermelho escuro	Ausente	Ausente
Branquinha	Branco	Ausente	Ausente
Boca-de-moça	Branco	Vermelho	Ausente
Manteiga cearense	Amarelo	Ausente	Ausente
“De coca”	Cor de tijolo	Preto	Ausente
Rajada	Branco	Castanho claro	Castanho escuro
Raio-de-sol	Branco	Vermelho	Ausente



2.5.3. Variáveis de Crescimento/Desenvolvimento

A análise estatística das variáveis de crescimento foi realizada para os dados obtidos na avaliação relativa a fase de produção (3ª avaliação). O número de dias após o semeio verificados para cada variedade variou em função das características de cada genótipo, da mesma forma que o total de água aportada às parcelas experimentais, que pode ser observado na Tabela 2.17. Nessa tabela, a coluna Irrigação corresponde a suplementação hídrica fornecida às plantas, em complementação à lâmina de chuva; a coluna Chuva + Irrigação representa o aporte de água às parcelas do tratamento irrigado, enquanto que a coluna Chuva (mm) representa o total de água recebida pelas parcelas cultivadas sem irrigação suplementar. A diferença entre a lâmina total recebida pelas parcelas irrigadas (Irrigação + Chuva) e pelas parcelas não irrigadas (Chuva) foi 105,99 % (“De coca”), 42,61 % (Rajada vermelha, Cancão, Manteiga e Feijão), 40,53 % (Lavandeira), 38,17 % (Roxa) e 36,17 % (Orelha-de-vó, Branquinha, Boca-de-moça, Manteiga cearense, Rajada e Raio-de-sol).

Tabela 2.17. Lâmina de água total recebida por chuva, irrigação e chuva + irrigação pelas treze variedades de favas, até a terceira avaliação (fase de produção). Sapé-PB, 2005.

Varietade	DAS	Chuva (mm)	Irrigação (mm)	Chuva + Irrigação (mm)
Lavandeira	86	444,1	180,0	624,1
Rajada vermelha	100	516,3	220,0	736,3
Cancão	98	504,5	215,0	719,5
Manteiga	98	504,5	215,0	719,5
Orelha-de-vó	90	497,7	180,0	677,7
Feijão	98	504,5	215,0	719,5
Roxa	92	497,7	190,0	687,7
Branquinha	90	497,7	180,0	677,7
Boca de moça	90	497,7	180,0	677,7
Manteiga cearense	90	497,7	180,0	677,7
“De coca”	50	108,5	115,0	223,5
Rajada	90	497,7	180,0	677,7
Raio-de-sol	90	497,7	180,0	677,7

2.5.3.1. Fitomassa Seca da Parte Aérea (FSPA), Número de Folhas (NF), Área Foliar (AF) e Razão de Área Foliar (RAF)

Na Figura 2.12 podem ser observadas as curvas de evolução da fitomassa seca da parte aérea das treze variedades de fava, estudadas sob cultivo em sequeiro e com suplementação hídrica. Nota-se, de uma maneira geral, uma tendência de crescimento elevado de FSPA até o início da fase reprodutiva (3ª avaliação), reduzindo-se o crescimento a partir desse ponto. Não foram encontrados na literatura trabalhos relacionados com a cultura da fava, para as devidas comparações. Para feijão comum, as curvas de FSPA apresentadas por alguns autores (Gomes *et al.*, 2000; Nóbrega *et al.*, 2001) foram semelhantes, crescendo até o início da fase reprodutiva. A partir dessa fase ocorre decréscimo em produção de FSPA, característica comum às culturas temporárias de hábito de crescimento determinado. Em fava, as curvas de crescimento das plantas não tiveram declínio ao final do ciclo, em função da continuidade do seu crescimento, mesmo durante a fase produtiva, tendo apenas uma certa estabilização. Curvas de crescimento semelhantes foram obtidas por Urchei *et al.* (2000), para feijão comum, cultura de hábito de crescimento reconhecidamente determinado, irrigado sob dois sistemas de plantio. As curvas de crescimento apresentadas por eles também são crescente do início até próximo à colheita, com pequena estabilização no final da fase produtiva. Essas curvas foram bastante semelhantes às obtidas para a variedade “De coca”, com pequena altura nos dois tratamentos, estabilizando-se na fase final, possivelmente, em função do seu hábito de crescimento determinado e ciclo bastante curto (a colheita final desse material foi realizada em torno de 60 DAS). Em função disso, após ser atingida a fase reprodutiva, essa variedade praticamente cessa a produção de partes vegetativas, como folhas e caule, direcionando prioritariamente fotoassimilados para a produção de flores e frutos, reduzindo a velocidade de crescimento da planta.

Nos dois tratamentos, as variedades Lavandeira, Rajada vermelha e Manteiga produziram mais FSPA, principalmente a partir dos 60 DAS. Uma possível explicação para esse resultado estaria no fato dessas variedades terem florido um pouco mais tarde que as demais, direcionando a maior parte dos fotossintetizados para as partes vegetativas em detrimento das reprodutivas, ou pode ser uma característica intrínseca desses materiais em

resposta às condições de época e local. Nas demais variedades, apesar de terem ciclos diferentes, as curvas de crescimento da fitomassa foram bastante similares, até a fase da colheita.

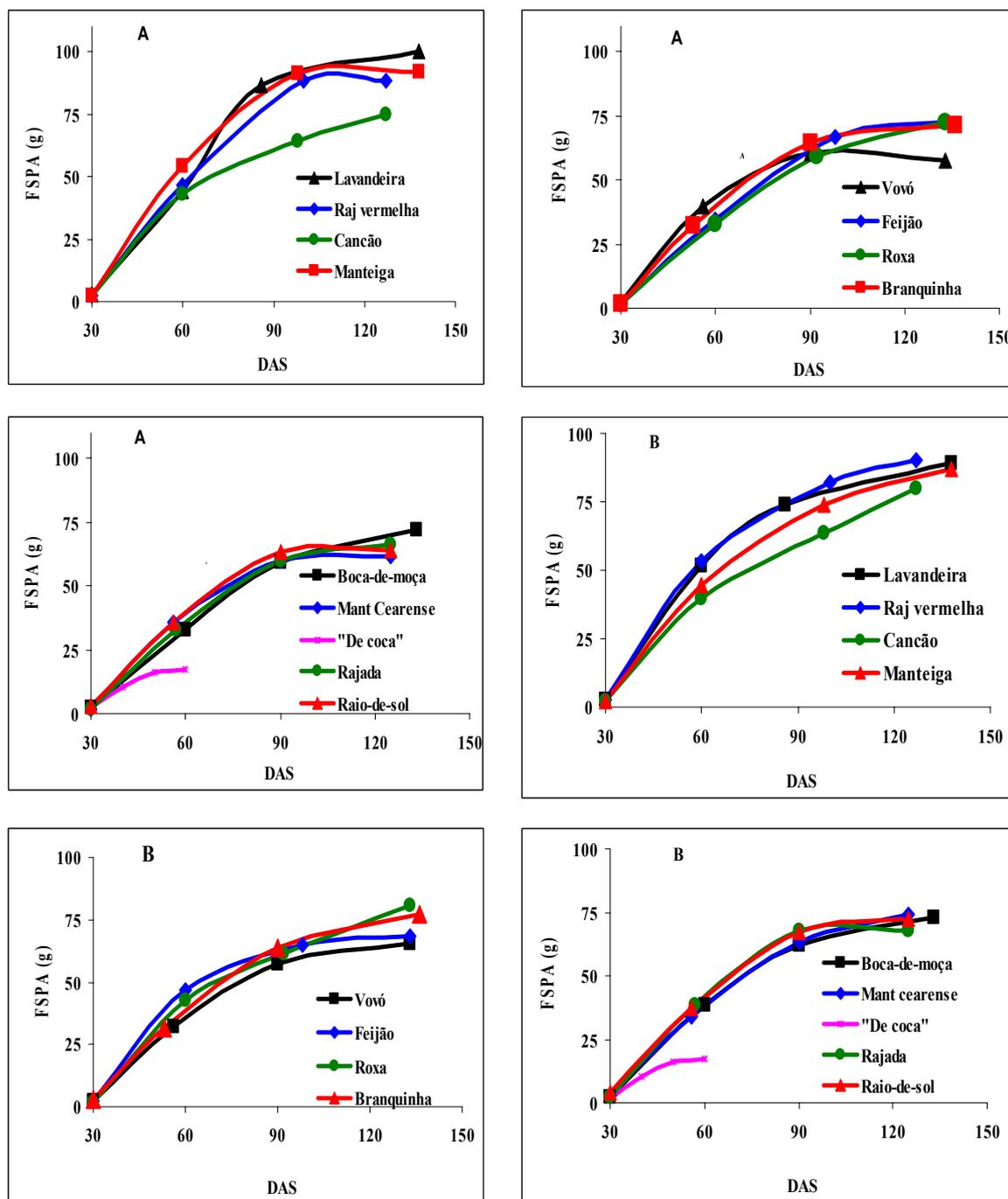


Figura 2.12. Curvas de evolução de fitomassa seca da parte aérea por planta, de treze variedades de fava cultivadas (A) em regime de sequeiro e (B) com irrigação suplementar.

Na Figura 2.13 encontram-se representadas as curvas de evolução do número de folhas (NF) por planta, emitidas pelas treze variedades do semeio até a avaliação final. Constata-se crescimento do NF até a 3ª avaliação (fase produção), quando atinge o valor mais elevado, decrescendo a partir desse ponto até a avaliação final, realizada após a última colheita de vagens maduras. A fase decrescente das curvas, verificada da 3ª para a 4ª avaliação (colheita final), é um indicativo de abscisão foliar, normalmente presente nessa espécie, no período de amadurecimento de seus frutos. A abscisão foi observada visualmente, em nível de campo, durante o desenvolvimento do ensaio e já havia sido comentada por Vieira (1992), que chegou a apontar essa característica como possível causa de baixa de rendimento dessa cultura.

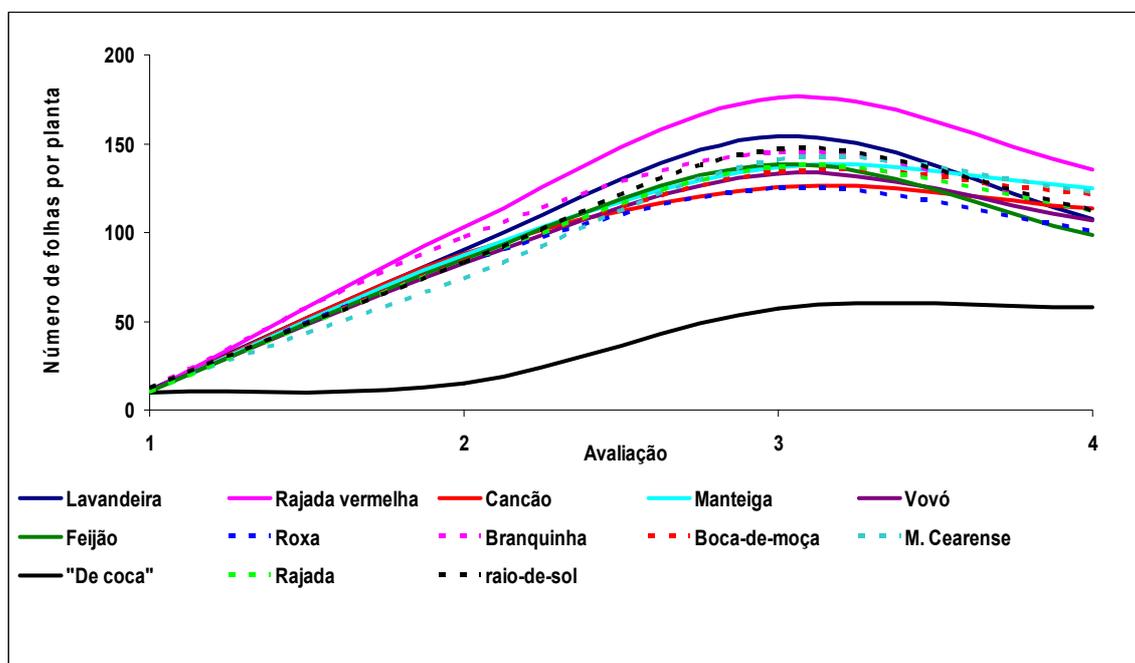


Figura 2.13. Número médio de folhas emitidas por cova, relativo aos dois tratamentos, de 13 variedades de feijão determinadas em quatro avaliações de crescimento.

As curvas de evolução da área foliar (AF) das treze variedades de fava pode ser observada na Figura 2.14. De uma maneira geral, até a fase de produção, o crescimento da área foliar é acelerado, possivelmente, como forma da planta garantir uma superfície foliar total capaz de captar a luz suficiente para produção de fotoassimilados, a serem drenados para crescimento das partes novas da planta, como ramos e folhas. Ao entrar na fase produtiva, significativa parte de material elaborado na fotossíntese passa a ser encaminhada para flores e frutos, reduzindo o crescimento de partes vegetativas. Além do mais, é comum nessa espécie a ocorrência de abscisão foliar no período de produção de vagens, o que, possivelmente, deve levar a reduções da AF total da planta nessa fase.

Nos tratamentos dependentes apenas da chuva, as variedades Rajada vermelha, Lavandeira, Manteiga e Branquinha, atingiram os valores mais elevados para AF, enquanto que nas parcelas onde ocorrem suplementações hídricas, Rajada vermelha e Branquinha foram as que mais se destacaram. Devido ao seu ciclo curto e porte baixo, a AF da fava “De coca” foi bem inferior à das variedades de crescimento indeterminado.

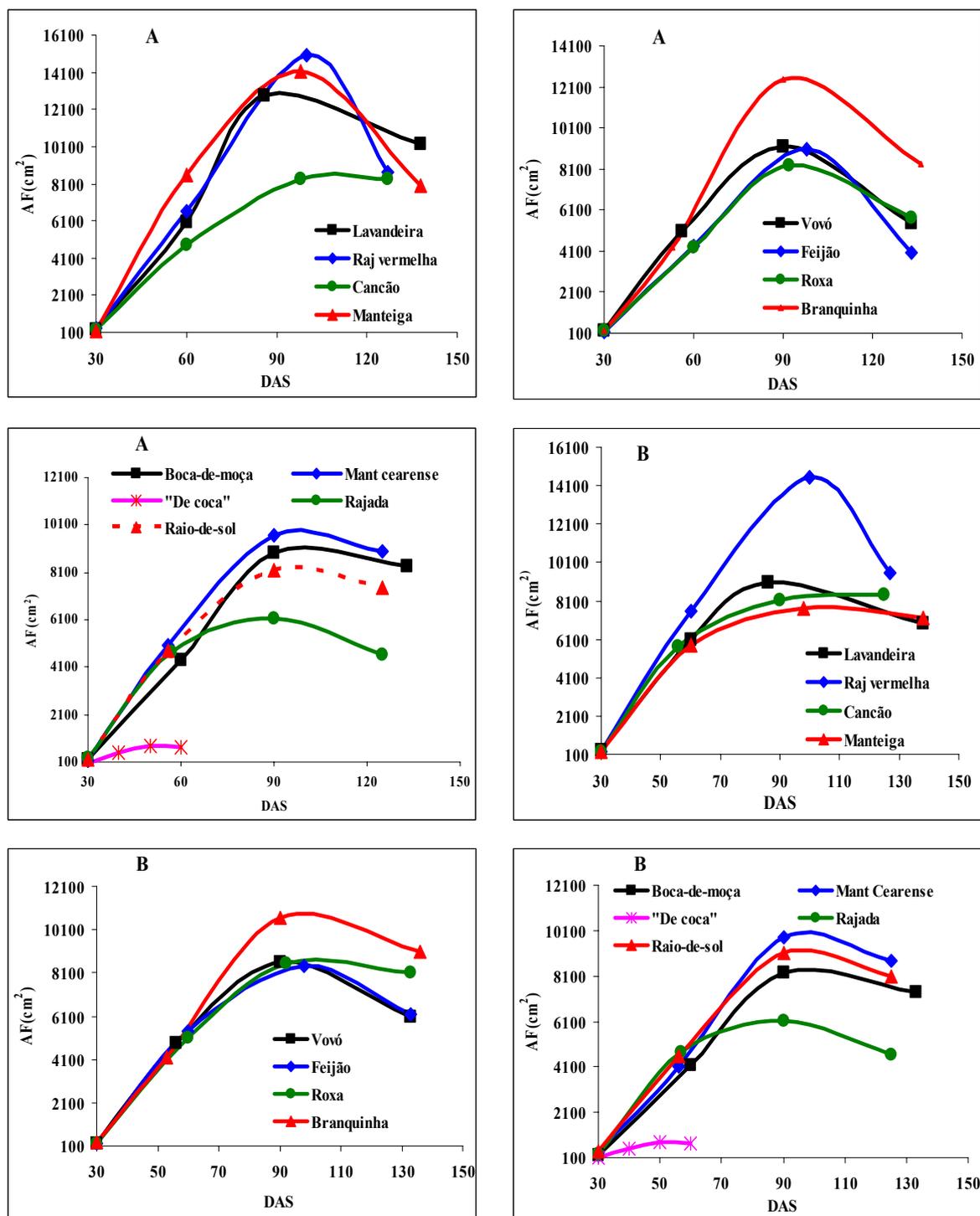


Figura 2.14. Curvas de evolução de área foliar (AF) por planta, de treze variedades de fava cultivadas em regime de sequeiro (A) e com irrigação suplementar (B).

Um resumo da análise de variância realizada para as variáveis FSPA, NF, AF e RAF, relativa a avaliação de crescimento na fase de produção, pode ser observado na Tabela 2.18. Em relação ao fator Variedade, houve efeito significativo ($p < 0,01$) pelo

teste F, em todas as variáveis, decorrente das diferenças entre as variedades em relação ao crescimento/desenvolvimento. A irrigação teve efeito significativo apenas na variável AF e a interação Variedade x Irrigação foi significativa, somente, para a FSPA. A falta de efeito significativo da fonte irrigação sobre algumas variáveis de crescimento, possivelmente, pode estar relacionada com a ocorrência de chuvas verificadas durante o desenvolvimento do projeto, igualando o efeito da suplementação hídrica.

Tabela 2.18. Resumo de ANAVA para fitomassa seca da parte aérea (FSPA), área foliar (AF), número de folhas (NF) e razão de área foliar (RAF) de treze variedades de fava cultivadas em sequeiro e com irrigação suplementar, na terceira avaliação. Sapé-PB, 2005.

F.V.	FSPA (g)	NF	AF (cm ²)	RAF (cm ² .g ⁻¹)
	Quadrado médio			
Variedade	1701,58 **	4305,66 **	60021966,18 **	6103,29 **
Irrigação	60,16 ns	282,72 ns	27697563,10 *	3321,55 ns
Cult x Irrig	71,80 *	254,26 ns	5957143,15 ns	547,69 ns
Bloco	17,04 ns	806,93 ns	3039801,27 ns	969,59 ns
QM resíduo	30,23	354,66	4831524,94	837,56
CV (%)	8,62	14,00	24,32	21,27

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F

ns não significativo

Na Tabela 2.19 podem ser observados os valores das médias obtidas para as variáveis de crescimento, como efeito isolado do fator variedade, bem com, as médias do tratamento irrigação, e avaliação comparativa desses valores através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para a FSPA, as variedades Lavandeira, Rajada vermelha e Manteiga foram as que apresentaram os valores mais elevados, não se diferenciando entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. A Fava “De coca”, em função do seu crescimento determinado, foi a que apresentou o menor valor para FSPA, diferindo estatisticamente das demais. As outras variedades não apresentaram diferenças significativas entre si, para a média dessa variável de crescimento.

A fava Rajada vermelha foi a variedade com o maior número de folhas emitidas até essa avaliação, não se diferenciando estatisticamente das variedades Lavandeira, Feijão, Branquinha, Manteiga cearense e Raio-de-sol. A fava “De coca” apresentou o menor número de folhas, sendo estatisticamente diferente das demais. As médias do NF emitido pelas outras variedades foram consideradas estatisticamente semelhantes. A diferença entre o maior e o menor número de folhas, considerando-se apenas as

variedades de hábito de crescimento indeterminado, foi da ordem de 30 %. Não houve diferença significativa do tratamento irrigação sobre o NF, possivelmente em função das chuvas ocorridas durante o manejo da cultura.

A média da AF para o tratamento em sequeiro foi superior à obtida para as parcelas que receberam suplementação hídrica, com uma diferença em torno de 12,4 %. Possivelmente, a explicação pode estar na lâmina de água recebida pelos tratamentos irrigados acrescida à contribuição das chuvas durante o desenvolvimento do ensaio. Como não havia estrutura para se avaliar o consumo de água da cultura é possível que, em diversos períodos, somente a água da chuva recebida pelas parcelas tenha sido suficiente para promover o crescimento satisfatório das plantas. Diversos estudos têm mostrado efeito significativo da umidade do solo sobre o valor da área foliar em feijão comum (Bascur *et al.*, 1985; Fernández *et al.*, 1996) incrementando a AF dessa cultura com o aumento da umidade do solo devido à elevação da turgidez das folhas que, conseqüentemente, resulta em maior expansão foliar. Nóbrega *et al.* (2001), encontrou para feijão comum, cultivado sob quatro regimes de umidade do solo, diferenças significativas para os valores de área foliar ao nível de 5% de probabilidade.

Analisando-se a Tabela 2.19, nota-se que a fava Rajada vermelha teve a maior média de AF, sendo estatisticamente semelhante à Lavandeira, Manteiga e Branquinha. A fava “De coca”, devido à sua característica de crescimento determinado e seu porte baixo, foi a que teve a menor AF, estatisticamente diferente das demais. As variedades Lavandeira, Cancão, Manteiga, Orelha-de-vó, Feijão, Roxa, Boca-de-moça, Manteiga cearense, Rajada e Raio-de-sol foram consideradas estatisticamente semelhantes em relação à média da AF. Com exceção da fava “De coca” e da Fava Manteiga, todas as outras variedades foram consideradas estatisticamente semelhantes entre si.

A AF nas variedades de hábito de crescimento indeterminado, variou de 7193,80 cm² (Rajada) até 14780,19 cm² (Rajada vermelha), em torno de 105,5 % entre a maior e a menor média, reforçando a hipótese de grande variabilidade entre as características específicas de cada variedade. Os valores médios dessa variável, apresentados na Tabela 2.19, correspondem à avaliação verificada na fase de produção, ponto mais alto das curvas de evolução da AF ao longo do ciclo, sendo, portanto os valores máximos de cada variedade.

Em relação a RAF, não houve muita diferença significativa entre as médias das variedades para esse componente (Tabela 2.19). Foi registrada a maior média de RAF para variedade Branquinha, sendo, contudo, estatisticamente semelhante às demais

variedades, exceto Rajada e “De coca”. A fava Rajada foi considerada significativamente semelhante às demais variedades, excetuando-se Rajada vermelha, Branquinha e “De coca”, enquanto que a fava “De coca” foi a que teve a menor média para RAF, estatisticamente diferente das demais.

A RAF pode ser um bom indicativo de maior produção, pois sendo definido pela razão entre AF e FSPA, representa a área foliar útil para fotossíntese, ou seja, a AF utilizada pela planta para produzir fotoassimilados, desde que na floração e frutificação, tenham os frutos como drenos principais. Como a superfície total foliar tem influência direta sobre a captação de luz e ativação da fotossíntese, espera-se que as variedades com maiores valores de RAF sejam mais eficientes na captação de energia e síntese de compostos orgânicos.

Uma característica a ser observada nesta variável, visualizada na Figura 2.15, é a tendência crescente da RAF observada ao longo da fase vegetativa e um comportamento decrescente na fase produtiva. Na fase vegetativa o crescimento em número de folhas e em área foliar é, proporcionalmente, maior do que em FSPA. Isso, possivelmente, ocorre para que a planta disponha de uma maior superfície foliar para captação de radiação solar e, conseqüentemente, assegurar a síntese de fotoassimilados para produção e manutenção de partes vegetativas. Na fase reprodutiva, além de ocorrer abscisão foliar nessa espécie, os drenos principais passam a ser flores e frutos, diminuindo a emissão acelerada de novas folhas e, conseqüentemente, a área foliar. Essas curvas estariam em acordo com registros de Urchei *et al.* (2000), ao observarem que a curva da RAF em feijão comum teve um crescimento acelerado na fase vegetativa, quando a maior parte do material fotossintetizado foi convertido em folhas para maior captação de radiação solar, e que a partir desse período ocorreram decréscimos subseqüentes com o surgimento de tecidos e estruturas não assimilatórias, como flores, vagens e sementes, além do auto-sombreamento, secamento e queda de folhas com a idade da planta.

Tabela 2.19. Comparação de médias dos tratamentos Cultivares (C) e Irrigação (I) para fitomassa seca da parte aérea (FSPA), área foliar (AF), Número de folhas (NF) e razão de área foliar (RAF), na terceira avaliação de crescimento (fase de produção). Sapé-PB, 2005.

Fonte de Variação	FSPA (g)	NF	AF (cm ²)	RAF (cm ² .g ⁻¹)
Irrigação				
I ₀	64,6539 a	136,4359 a	9635,04667 ^a	142,589744 a
I ₁	62,8975 a	132,6282 a	8443,2464 b	129,538462 a
DMS	2,5009	8,5659	999,7915	13,1636423
Variedade				
Lavandeira	80,0833 a	154,5000 ab	10978,9200 ab	137,166667ab
Rajada vermelha	85,0833 a	175,8333 a	14780,1883 a	174,833333 ^a
Cancão	64,0833 b	125,4167 b	8245,8483 b	128,833333ab
Manteiga	82,5833 a	136,9167 b	10929,9017 ab	129,333333ab
Orelha-de-vó	58,9165 b	133,0000 b	8896,2000 b	151,666667ab
Feijão	66,0833 b	138,3333 ab	8723,9850 b	131,66666 ab
Roxa	60,5833 b	124,9167 b	8419,2933 b	139,500000 ab
Branquinha	64,1665 b	144,8333 ab	1576,4017ab	179,166667 a
Boca-de-moça	60,7500 b	134,0833 b	8600,663333 b	141,666667 ab
Manteiga cearense	61,6667 b	140,4167 ab	9730,921667 b	158,500000 ab
“De coca”	16,0833 c	57,0000 c	796,750000 c	49,666667 c
Rajada	63,8333 b	136,8333 b	7193,798333 b	114,666667 b
Raio-de-SoI	65,1667 b	146,8333 ab	8636,033333 b	132,166667 ab
DMS	11,0409	37,8163	4413,832059	58,114225

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

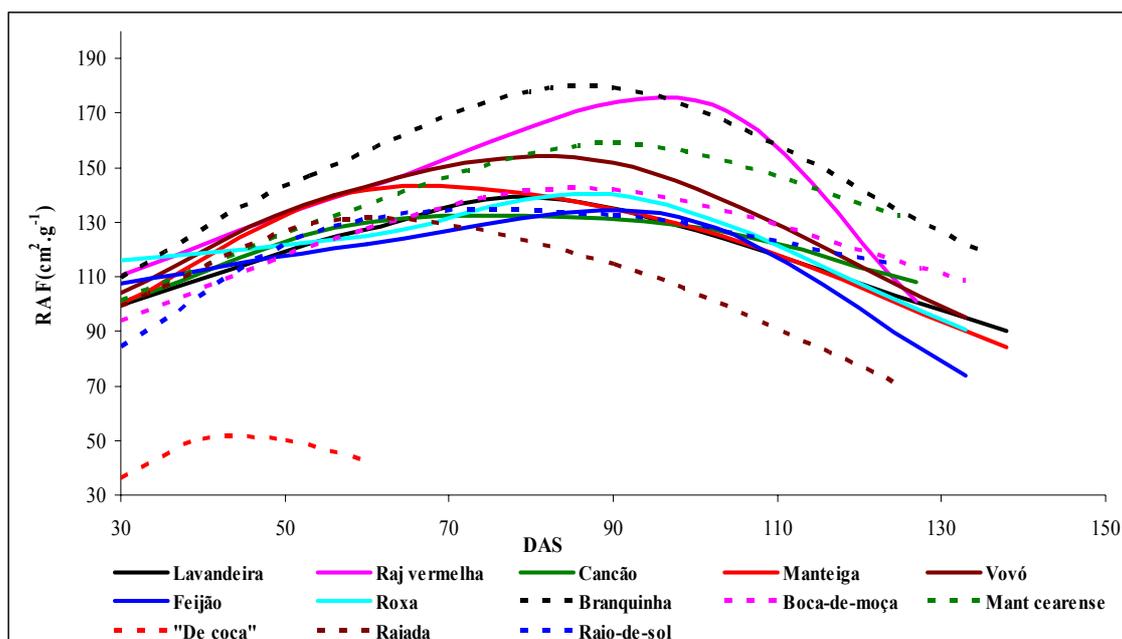


Figura 2.15. Curva de evolução da razão de área foliar (RAF) em função do número de dias após o semeio (DAS) para treze variedades de feijão.

Na Tabela 2.20 encontra-se o resumo da análise de variância do desdobramento de variedade dentro de irrigação e de irrigação dentro de variedade enquanto que na Tabela 2.21 estão os estudos comparativos envolvendo as médias obtidas desse desdobramento para FSPA.

Observa-se pela ANAVA (Tabela 2.20) ter sido significativo ($p < 0,01$) o desdobramento de variedade dentro dos dois tratamentos de irrigação. Ou seja, existe diferença significativa entre as variedades, em relação a FSPA, tanto nos tratamentos que receberam suplementação hídrica quanto naqueles que não foram irrigados. O efeito significativo desse desdobramento deve estar relacionado às diferenças das características individuais de cada variedade. Para o desdobramento de variedade em I_0 (Tabela 2.21), foram observados três grupos com médias semelhantes entre si; no primeiro, formado pelas maiores médias, figuraram as variedades Manteiga, Rajada vermelha e Lavandeira. No segundo grupo se enquadrou as variedades Feijão, Branquinha, Cancão, Raio-de-sol, Orelha-de-vó, Rajada, Manteiga cearense, Roxa e Boca-de-moça. A feijão “De coca” acumulou menos fitomassa na parte aérea (FSPA) o que é coerente com o seu padrão de crescimento determinado. Já com relação ao desdobramento do fator variedade dentro de irrigação suplementar (Tabela 2.21), observa-se que Rajada vermelha registrou maior média de FSPA, não se diferenciando

estatisticamente de Lavandeira, Manteiga, Rajada e Raio-de-sol. A fava “De coca”, devido ao seu crescimento determinado, acumulou a menor quantidade de biomassa, estatisticamente diferente das demais.

As variedades formaram mais dois grupos com médias de FSPA estatisticamente semelhantes entre si: Lavandeira, Cancão, Manteiga, Feijão, Roxa, Branquinha, Boca-de-moça, Manteiga cearense, Rajada e Raio-de-sol; Cancão, Orelha-de-vó, Feijão, Roxa, Branquinha, Boca-de-moça, Manteiga cearense, Rajada e Raio-de-sol. A diferença entre o maior e o menor valor verificado para a FSPA, sem considerar a fava “De coca”, no tratamento de sequeiro foi da ordem de 53,22 %, enquanto que no tratamento que recebeu suplementação hídrica essa diferença foi da ordem de 43,15 %. A média do tratamento sem irrigação foi de 68,71 % (erro padrão da média de 3,55) e no irrigado foi de 66,79 % (erro padrão da média de 1,95). Observa-se, portanto, uma diferença muito pequena entre as duas médias, sugerindo que, possivelmente apenas a dotação de água da chuva possa ter sido suficiente para a produção de fitomassa das plantas.

Esses resultados mantiveram coerência quanto ao desdobramento das médias do fator irrigação dentro de variedade. Nesse desdobramento as médias de FSPA só foram diferentes estatisticamente, nas variedades Lavandeira e Manteiga. Nestes dois desdobramentos, a média relativa aos tratamentos sem irrigação foram superiores aos tratamentos com suplementação hídrica. É possível que a lâmina de chuva ocorrida durante o desenvolvimento do experimento, tenha sido suficiente para o crescimento potencial dessas duas variedades que, caracteristicamente, apresentaram maior acumulação de biomassa nas avaliações citadas anteriormente. Não foram encontrados na literatura trabalhos envolvendo avaliação de crescimento com variedades de fava com crescimento indeterminado para uma discussão mais aprofundada. Sirait *et al.* (1994), em estudo com fava de crescimento determinado e porte baixo, em Delaware-EUA, observaram efeito significativo para o tratamento irrigação isoladamente sobre a FSPA, e sobre a interação irrigação x espaçamento entre linhas aos 69 DAS (2ª avaliação realizada pelos autores).

Tabela 2.20. Resumo de ANOVA para o desdobramento da interação Variedade (C) x Irrigação (I) para fitomassa seca da parte aérea (FSPA), na terceira avaliação de crescimento. Sapé-PB, 2005.

Fonte de Variação	FSPA (g)
	Quadrado médio
C em I ₀	1057,0897 **
C em I ₁	716,2853 **
I em Lavandeira	247,0417 **
I em Rajada vermelha	63,3750 ns
I em Cancão	0,3750 ns
I em Manteiga	442,0417 **
I em Orelha-de-vó	18,3750 ns
I em Feijão	5,0417 ns
I em Roxa	7,0417 ns
I em Branquinha	0,1667 ns
I em Boca-de-moça	9,3750 ns
I em Manteiga cearense	16,6667 ns
I em “De coca”	0,0417 ns
I em Rajada	88,1667 ns
I em Raio-de-sol	24,0000 ns
QM _{Resíduo}	30,2317

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F

ns Não significativo

Tabela 2.21. Comparações de médias relativas ao desdobramento de Variedade (C) dentro de Irrigação (I) e de I dentro de C, para fitomassa seca da parte aérea (FSPA) em treze variedades de fava. Sapé-PB, 2005.

Médias das variedades dentro de irrigação		Média das irrigações dentro das variedades	
Variedade	C em I ₀	I em Cancão	
Lavandeira	86,5000 a	Sequeiro	64,3333 a
Rajada vermelha	88,3333 a	Irigada	63,8333 a
Cancão	64,3333 b	I em Manteiga	
Manteiga	91,1667 a	Sequeiro	91,1667 a
Orelha-de-vó	60,6667 b	Irigada	74,0000 b
Feijão	67,0000 b	I em Orelha de vó	
Roxa	59,5000 b	Sequeiro	60,6667 a
Branquinha	64,3333 b	Irigada	57,1667 a
Boca-de-moça	59,5000 b	I em Feijão	
Manteiga cearense	60,0000 b	Sequeiro	67,0000 a
“De coca”	16,0000 c	Irigada	65,1667 a
Rajada	60,0000 b	I em Roxa	
Raio-de-Sol	63,1667 b	Sequeiro	59,5000 a
	C em I₁	Irigada	61,6667 a
Lavandeira	73,6667 ab	I em Branquinha	
Rajada vermelha	81,8333 a	Sequeiro	64,3333 a
Cancão	63,8333 bc	Irigada	64,0000 a
Manteiga	74,0000 ab	I em Boca-de-moça	
Orelha de vó	57,1667 c	Sequeiro	59,5000a
Feijão	65,1667 bc	Irigada	62,0000 a
Roxa	61,6667 bc	I em Manteiga cearense	
Branquinha	64,0000 bc	Sequeiro	60,0000 a
Boca-de-moça	62,0000 bc	Irigada	63,3333 a
Manteiga cearense	63,3333 bc	I em “De coca”	
“De coca”	16,1667 d	Sequeiro	16,0000 a
Rajada	67,6667 abc	Irigada	16,1667 a
Raio-de-Sol	67,1667 abc	I em Rajada	
DMS	15,6142	Sequeiro	60,0000 a
Média das irrigações dentro das variedades		Irigada	67,6667 a
Irrigação	I em Lavandeira	I em Raio-de-Sol	
Sequeiro	86,5000 a	Sequeiro	63,1667 a
Irigada	73,6667 b	Irigada	67,1667 a
	I em Rajada vermelha		
Sequeiro	88,3333 a		
Irigada	81,8333 a	DMS	9,0172

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

2.5.3.2. Taxa de Crescimento Absoluto da Cultura em Fitomassa Seca (TCA_{FS})

O melhor desempenho das variedades Lavandeira, Rajada vermelha e Manteiga na produção de FSPA encontra-se destacado na Figura 2.16, onde podem ser observadas as curvas referentes à evolução das taxas de crescimento absoluto, em fitomassa seca (TCA_{FSPA}) para as treze variedades de fava, considerando uma média para os dois tratamentos de irrigação. Da mesma forma pode-se observar a discreta curva de TCA_{FSPA} da variedade “De coca”, nos dois tratamentos. Os maiores valores dessa variável foram alcançados pelas variedades no período florescimento/produção, 60 a 65 DAS (variedades de crescimento indeterminado) e 40 DAS para a fava “De coca” possivelmente porque, a partir dessa época decréscimos são observados com o surgimento de estruturas como flores, vagens e sementes, como também comentado por Urchei *et al.* (2000), além da abscisão foliar comum nessas plantas.

As curvas de evolução de TCA_{FSPA} das treze variedades estudadas, têm um crescimento acelerado na fase inicial (vegetativa), até o seu ponto máximo, a partir do qual as taxas são cada vez menores. Esse fato também foi observado por Urchei *et al.* (2000), Gomes *et al.* (2000) e Bergamaschi *et al.* (1988), ambos em trabalhos com feijão comum, ao relatarem que reduções na TCA em feijoeiro podem ser atribuídas a diversos mecanismos, como menor disponibilidade de água e diminuição na interceptação e fixação da energia luminosa por unidade de superfície do terreno, além da menor absorção de nutrientes e alterações no mecanismo hormonal.

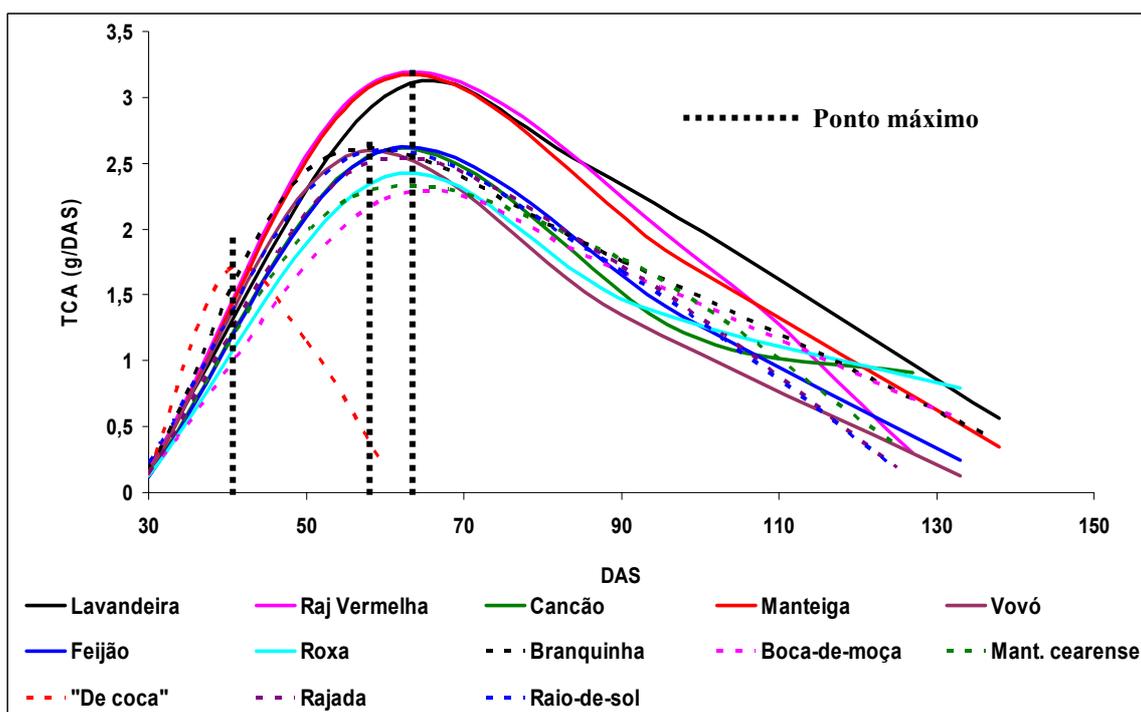


Figura 2.16. Taxa de crescimento absoluto em fitomassa seca (TCA_{FSPA}) (g, DAS^{-1}) de 13 variedades de feijão.

2.5.4. Eficiência Fotossintética

A Tabela 2.22 contém um resumo da análise de variância da eficiência fotossintética do fotossistema II, das treze variedades de feijão, sob os dois sistemas de irrigação empregados, com dados tomados durante a segunda avaliação de crescimento (fase de floração) e na terceira avaliação (fase de produção). Observa-se que praticamente não se obteve diferenças significativas em nenhuma das fontes de variação testadas, pelo teste F a 1% de probabilidade. Houve diferença significativa apenas na segunda avaliação, cujas médias dos valores de eficiência fotossintética ($Fv.Fm^{-1}$) podem ser observadas na Tabela 2.23. Nessa avaliação, as variedades Roxa e Rajada foram significativamente diferentes das demais, muito embora a feijão Roxa tenha sido considerada semelhante Cancão, Manteiga, Orelha-de-vó, Feijão, Branquinha Boca-de-moça, Manteiga cearense, “De coca”, Rajada e Raio-de-sol. A Fava Rajada foi diferente estatisticamente das variedades Lavandeira, Rajada vermelha, Feijão e Boca-de-moça.

Não houve efeito significativo da fonte Irrigação sobre a eficiência fotossintética. Esse resultado estaria de acordo com o proposto por alguns autores (Bjorkman e Powles, 1984; Epron e Dryer, 1990) ao não detectarem reduções na eficiência fotoquímica do fotossistema II em plantas sob déficit hídrico. Além do mais,

os valores obtidos de eficiência fotossintética estariam próximo dos valores sugeridos por Da Matta (2002), entre 0,80 e 0,83, e por Bolhar-Nordenkampf *et al.* (1989), entre 0,75 e 0,85. Contudo estariam um pouco distante dos valores sugeridos por Bjorkman e Demmig (1987), em torno de $0,832 \pm 0,004$, para plantas não estressadas. Considerando um valor mínimo de 0,75 sugerido por Bolhar-Nordenkampf *et al.* (1989), como normal para plantas não estressadas, a maior diferença observada nesse variável seria de 9,6%, apenas para a variedade Rajada (segunda avaliação), enquanto que na terceira avaliação (fase de produção) todas as variedades registraram valores semelhantes ou superiores ao sugerido pelos autores. Melo e Fernandes (2004), trabalhando com quatro variedades de fava, três com hábito de crescimento indeterminado e uma determinado, cultivadas sob quatro lâminas de irrigação diferentes, concluíram que tanto as variedades, quanto a interação variedade x lâmina de irrigação, não foram significativas, pelo teste F a 5% de probabilidade, em relação a eficiência fotossintética do fotossistema II.

Tabela 2.22. Resumo de ANAVA da eficiência do fotossistema II medida na segunda e terceira avaliação (floração e produção, respectivamente) de treze variedades de fava cultivadas sob dois regimes de irrigação. Sapé-PB, 2005.

F.V.	QM (2 ^a aval)	QM (3 ^a aval)
Blocos	0,00147 ns	0,00454 ns
Variedade	0,01135 **	0,00373 ns
Irrigação	0,00053 ns	0,00054 ns
Int. variedade x irrigação	0,00325 ns	0,00293 ns
Resíduo-	0,00328	0,00290

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade * Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo

Tabela 2.23. Média dos valores de eficiência fotossintética obtidas da ANAVA relativas à segunda e terceira avaliação (floração e produção, respectivamente) das treze variedades de fava estudadas. Sapé-PB, 2005.

Variedade	2ª Avaliação	3ª Avaliação
Lavandeira	0,82650 a	0,83233 a
Rajada vermelha	0,81725 a	0,80750 a
Cancão	0,76175 abc	0,82425 a
Manteiga	0,78608 abc	0,80800 a
Orelha-de-vó	0,76583 abc	0,81225 a
Feijão	0,80708 ab	0,80575 a
Roxa	0,70200 bc	0,79917 a
Branquinha	0,72783 abc	0,78425 a
Boca-de-moça	0,80383 ab	0,82242 a
Manteiga cearense	0,78667 abc	0,80842 a
“De coca”	0,75675 abc	0,73833 a
Rajada	0,68450 c	0,81875 a
Raio-de-sol	0,78592 abc	0,83567 a
DMS	0,11511	0,10823

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

2.5.5. Floração

A evolução da porcentagem de covas com plantas em floração, nas parcelas referentes aos tratamentos sem irrigação (I_0) e com suplementação hídrica (I_1) estão respectivamente, nas Figuras 2.17 e 2.18. A fava “De coca” foi a mais precoce em relação ao início do florescimento, nos dois tratamentos. Com relação ao início da floração e sua evolução até as parcelas atingirem um percentual próximo aos 100%, pode-se observar, nos dois tipos de cultivo, que as doze variedades restantes praticamente se dividiram em dois grupos distintos. No primeiro grupo, formado pelas variedades Orelha-de-vó, Branquinha, Manteiga cearense, Rajada e Raio-de-sol, a maioria iniciou o processo de florescimento próximo aos 30 dias após o semeio (DAS), atingindo pelo menos 50% de covas com floração entre 43 DAS e 50 DAS, com variação de no máximo sete dias, e atingindo o florescimento máximo em torno de 57 DAS. No segundo grupo, mais tardio, figuraram as variedades Lavandeira, Rajada vermelha, Cancão, Manteiga, Feijão, Roxa e Boca-de-moça. Nesse grupo, o início do florescimento se deu entre 50 DAS e 57 DAS, representando, portanto, uma variação de até 27 dias para que as primeiras plantas florescessem, em relação ao primeiro grupo.

Entre as do segundo grupo, a variedade Rajada Vermelha atingiu pelo menos 50 % de covas com floração em torno de 64 DAS, enquanto o restante do grupo só atingiu essa marca próximo dos 75 DAS, nos dois tratamentos. Em geral, as variedades que compunham o grupo mais tardio só atingiram o florescimento total próximo dos 86 DAS. Para as condições do experimento, as variedades poderiam ser classificadas, em relação ao florescimento, como precoce, fava “De coca”, média, fava Orelha-de-vó (Vovó), Branquinha, Manteiga cearense, Rajada e Raio-de-sol e tardia, Lavandeira, Rajada vermelha, Cancão, Manteiga, Feijão, Roxa e Boca-de-moça. Santos *et al.* (2000), em trabalho desenvolvido no município de Bananeiras-PB, observaram que as variedades Amarela cearense e Orelha-de-vó, apresentaram pelo menos 50% de covas com floração aos 49 DAS, próximo aos resultados encontrados neste trabalho (43 a 50 DAS). Com relação às variedades Raio-de-sol e Branquinha, os resultados encontrados por esses autores (71 DAS) distanciaram-se em torno de 20 dias dos resultados encontrados nesse trabalho, para as mesmas variedades. Essas diferenças, possivelmente, devem estar relacionadas ao local de instalação do experimento, envolvendo aspectos de solo e clima, à época em que o mesmo foi desenvolvido ou devido à origem do material utilizado.

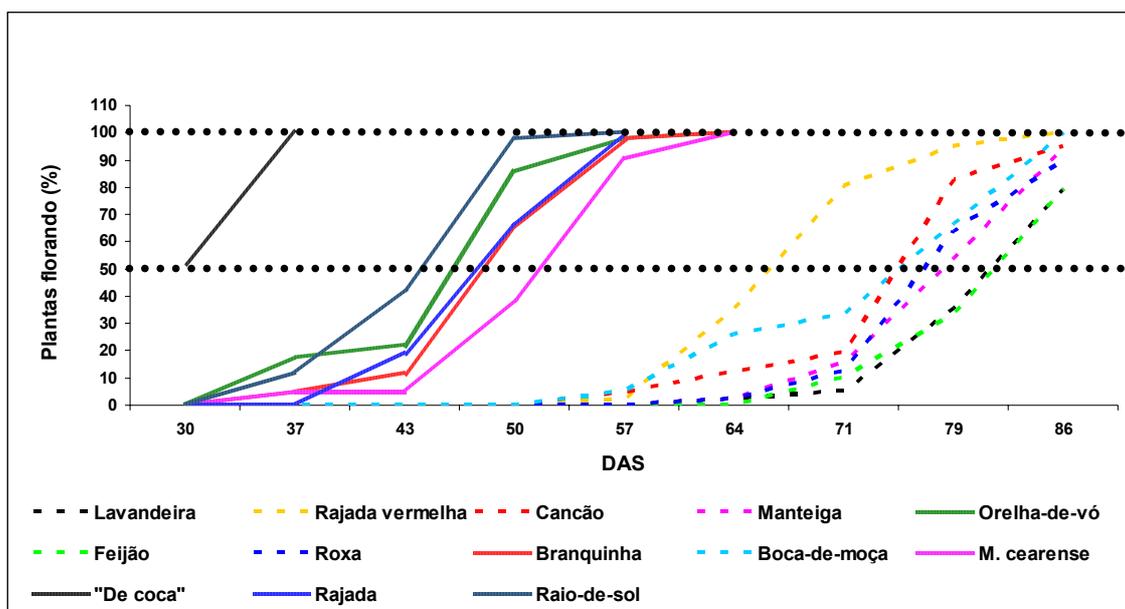


Figura 2.17. Porcentagem de covas com plantas em floração de 13 variedades de feijão cultivadas sem irrigação.

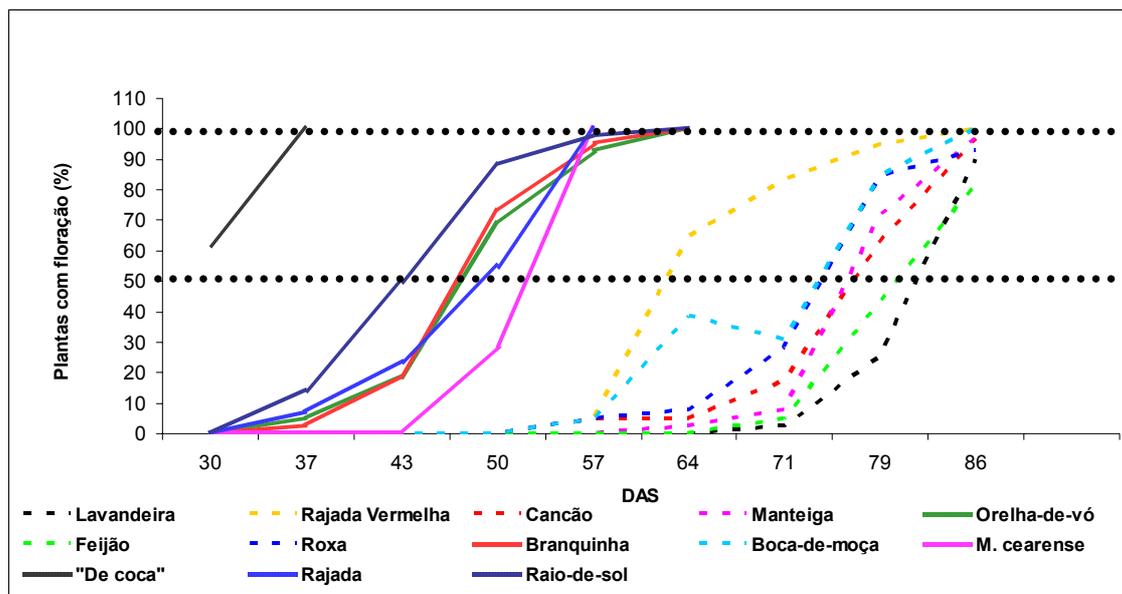


Figura 2.18. Porcentagem de covas com plantas em floração de 13 variedades de feijão cultivadas com irrigação suplementar.

2.5.6. Índices de Produção

2.5.6.1. Número de Vagens por Planta (NVP), Número de Sementes por Vagem (NSV) e Peso Relativo de Semente (PRS)

O resumo da análise de variância do número de vagens por planta, número de sementes por vagem e do peso relativo da semente, com os valores de F estão na Tabela 2.24. De imediato, chama a atenção o fato de que em nenhuma dessas variáveis a suplementação hídrica fornecida como tratamento teve efeito significativo, pelo teste F, nem para a interação variedade x irrigação. Possivelmente, esse fato tenha ocorrido em função da época em que o experimento foi desenvolvido, ou por se tratar de uma característica específica dos genótipos, não alterada pelo consumo de água.

Como já mencionado anteriormente, e ilustrado pela Figura 2.06, em diversos momentos durante o desenvolvimento da cultura a precipitação pluviométrica superou, com certa regularidade, a suplementação hídrica, principalmente no período compreendido entre a nona e a décima sétima semana, quando a maioria das variedades se encontrava em fase de produção de grãos. Estes resultados diferem dos relatados por Sirait *et al.* (1994), que observaram efeito significativo sobre o número de vagens verdes e secas de feijão, dos tratamentos com irrigação parcial (só até a floração) ou total (irrigação em todo o ciclo), em relação ao tratamento de sequeiro Da

mesma forma, em feijão, Garrido (1998) encontrou efeito significativo do fator lâmina de irrigação sobre o número de vagens por planta, ao nível de 1% de probabilidade, concordando com Frizzone (1986) e Carvalho (1992), mas contrariando resultados relatados por Azevedo (1984). No mesmo trabalho, Garrido (1998) observou efeito da lâmina de irrigação sobre o número de grãos por vagem, contudo sem efeito significativo. Por outro lado, Azevedo (1984) e Felipe (1991) encontraram significância para o efeito das lâminas de água sobre o NVP em estudo com feijão comum. Como se pode, ainda, observar na Tabela 2.24, houve efeito significativo de Variedades sobre o NVP, NSV e PRS, possivelmente, devido às diferenças específicas de cada variedade.

Tabela 2.24. Resumo de ANAVA para o número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV) e peso relativo de sementes (PRS) de treze variedades de fava em dois regimes de irrigação. Sapé-PB, 2005.

F.V.	NVP	NSV	PRS (%)
	QM		
Variedade	472,2580 **	0,1923 **	44,6596 **
Irrigação	36,6818 ns	0,0002 ns	17,0046 ns
Variedade x Irrigação	8,5697 ns	0,0127 ns	17,2052 ns
Blocos	85,7041 **	0,0177 ns	38,2640 *
QM resíduo	11,2068	0,0217	10,8034

** Significativo ao nível de 5% de probabilidade; * Significativo ao nível de 1% de probabilidade; ns Não significativo

Na Tabela 2.25 se encontram os valores das médias de NVP, NSV e PRS, para as treze variedades de fava estudadas, nos dois regimes de irrigação. A variedade Boca-de-moça foi a que produziu um maior número de vagens por planta, não se diferenciando, estatisticamente, da fava Branquinha e da Manteiga cearense. Por outro lado, a fava Cancão teve a menor média de NVP, não se diferenciando, estatisticamente, de Rajada, Manteiga e “De coca”. Estatisticamente semelhante entre si, as segundas maiores médias foram de Feijão, Branquinha e Manteiga cearense. Houve diferença significativa em relação ao NVP entre as variedades, corroborando com Vilhordo e Muller (1980), ao relatarem que o número de legumes por planta pode ser bastante variado para essa espécie, sendo, em geral, menor nas variedades de crescimento do tipo I (determinado).

Também houve diferenças estatisticamente significativas, em relação à média do número de sementes por vagem (NSV). A maior média foi da fava roxa (3,24 sementes/vagem), que não diferiu estatisticamente das variedades Feijão, Branquinha e

Boca-de-moça. As variedades Lavandeira, Manteiga, Feijão, Branquinha e Boca-de-moça foram estatisticamente semelhantes entre si, com as segundas maiores médias. A menor média de NSV foi da fava “De coca” (2,57 sementes/vagem), que não se diferenciou estatisticamente das variedades, Lavandeira, Rajada vermelha, Cancão, Orelha-de-vó, Manteiga cearense, Rajada e Raio-de-sol. A variação no NSV foi de 2,56 a 3,24 sementes/vagem, entre todas as variedades, estando dentro da faixa relatada por Zimmermann e Teixeira (1996) e Vieira (1992), variando de 2 a 4 sementes/vagem. A fava Raio-de-sol teve a maior média para o PRS, estatisticamente semelhante às demais variedades, com exceção de Lavandeira, Cancão e Feijão. Essa é uma característica muito importante, pois reflete o quanto do peso total da vagem é formado por grãos. Em média, considerando-se vagens secas, 68,22% do peso da vagem de Raio-de-sol é formado por grãos e apenas 31,78 %, aproximadamente, por palha. Apesar do menor número de sementes por vagem, a fava “De coca” também se destacou em relação ao peso relativo das sementes, não sendo diferente, estatisticamente, da Raio-de-sol.

Tabela 2.25. Média dos valores de número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV) e peso relativo de sementes (PRS) (%g.g⁻¹) de treze variedades de fava estudadas em dois regimes de irrigação. Sapé-PB, 2005.

Fonte de Variação	NVP	NSV	PRS (%)
Irrigação			
I ₀	19,5890 a	2,8831 a	63,2591 a
I ₁	20,9605 a	2,8800 a	64,1930 a
DMS	1,5227	0,0671	1,4958
Variedade			
Lavandeira	16,5467 cdef	2,8462 bcd	60,7106 bc
Rajada vermelha	11,4167 efg	2,8304 cd	64,8128 abc
Cancão	8,4050 g	2,8038 cd	59,9613 c
Manteiga	10,6617 fg	2,8628 bc	62,9138 abc
Orelha de vó	17,3917 cde	2,7612 cd	64,7703 abc
Feijão	28,2000 b	2,9815 abc	59,0863 c
Roxa	21,4667 c	3,2443 a	64,6773 abc
Branquinha	30,7000 ab	3,0502 abc	63,6050 abc
Boca-de-moça	35,6167 a	3,1350 ab	62,7560 abc
Manteiga cearense	32,4250 ab	2,7550 cd	66,6468 ab
“De coca”	13,2167 defg	2,5667 d	67,0138 ab
Rajada	19,1000 cd	2,8277 cd	63,2660 abc
Raio de sol	18,4250 cd	2,7945 cd	68,2185 a
DMS	6,7222	0,2959	6,6019

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

2.5.6.2. Tamanho das Sementes

Os valores relativos à análise de variância do peso médio de 100 sementes das treze variedades de fava estudadas, nos dois sistemas de irrigação, podem ser observados na Tabela 2.26. Observa-se efeito significativo para o fator variedade ($p < 0,05$) fato esse normal, pois se dispunha de grãos de fava de diversos tamanhos. A suplementação hídrica testada neste ensaio não exerceu influência significativa sobre o peso de 100 sementes, da mesma forma que a interação variedade x irrigação.

De acordo com os valores médios obtidos e segundo a chave de classificação proposta por Mateo Box (1961), as sementes das treze variedades foram classificadas em relação ao seu tamanho, estando as informações contidas na Tabela 2.27. Algumas variedades receberam classificação semelhante à sugerida por Santos *et al.* (2002): Orelha-de-vó, Boca-de-moça, Manteiga cearense (Amarela Cearense) e Raio-de-sol; a variedade Branquinha foi classificada por esses autores como sendo de tamanho médio, diferente da classificação neste trabalho (normal). Azevedo *et al.* (2003), embora usando outros nomes vulgares, apresentaram média do peso de 100 sementes para as variedades Rajada (67,76 g), Chata e Rajada (semelhante a Rajada vermelha) (90,05 g), Pintada (semelhante à Raio-de-sol) (57,13 g) e Branca (Branquinha) (47,39 g). Apenas a fava Rajada e Branquinha tiveram valores médios próximos aos encontrados neste trabalho, sugerindo uma grande variabilidade dessa característica em relação ao material utilizado em diferentes regiões de cultivo.

Tabela 2.26. Análise de variância do peso médio de 100 sementes de treze variedades de fava, em relação ao sistema de cultivo empregado (com irrigação suplementar e sem irrigação). Sapé-PB, 2005.

F.V.	Q.M.
Blocos	42,2341 ns
Variedade	1484,5999 **
Irrigação	69,6465 ns
Interação variedade x irrigação	39,3678 ns
Resíduo	25,3443

** - Significativo ao nível de 1 % de probabilidade ns – Não significativo

Tabela 2.27. Médias dos valores de peso médio de 100 sementes de treze variedades de fava, cultivadas sob dois regimes de irrigação, e sua classificação, segundo Mateo Box (1961). Sapé-PB, 2005.

Variedade	Peso médio de 100 Sementes (g)	Classificação
Lavandeira	59,71067 bc	Grande
Rajada vermelha	62,30684 bc	Grande
Cancão	36,56050 ef	Média
Manteiga	42,16350 e	Normal
Orelha-de-vó	68,34717 b	Grande
Feijão	30,96183 f	Média
Roxa	38,33583 ef	Média
Branquinha	45,68750 de	Normal
Boca-de-moça	37,39217 ef	Média
Mant, cearense	55,23633 cd	Grande
“De coca”	40,94467 ef	Normal
Rajada	68,51400 b	Grande
Raio-de-sol	82,29150 a	Grande
dms	10,1118	

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade,

2.5.6.3. Produtividade Média (PM)

Na Tabela 2.28, encontra-se um resumo da ANAVA referente à produtividade média (g.m^{-2}) das variedades de fava estudadas. Houve efeito significativo, a 1% de probabilidade, tanto para o tratamento variedade quanto para irrigação. Não houve, contudo, efeito significativo para a interação entre esses dois tratamentos. O efeito significativo na produtividade média para o fator Variedade, possivelmente, é uma decorrência das características individuais de cada genótipo, relacionada com os outros componentes de produção, ou seja: tamanho das sementes, número de sementes por vagem e número de vagens por planta.

Dessa forma, nota-se (Tabela 2.29) que a variedade que teve maior produtividade foi a Manteiga cearense ($53,67 \text{ g.m}^{-2}$), diferenciando-se, estatisticamente, das demais. As segundas maiores médias foram alcançadas pelas variedades Branquinha, Boca-de-moça, Rajada e Raio-de-sol, estatisticamente semelhantes entre si. Nesse grupo, é importante se destacar a fava Boca-de-moça, que embora sua semente tenha sido classificada como de tamanho médio (Tabela 2.27), teve produtividade estatisticamente semelhante à de Raio-de-sol e Rajada, de sementes maiores. Isso foi resultado da interação de outras duas variáveis, número de vagens por

planta e peso relativo de sementes (Tabela 2.25), onde essa variedade registrou as maiores médias. A fava Cancão teve a menor média de produtividade, sendo estatisticamente semelhante às variedades Manteiga e “De coca”. Em relação à “De coca”, deve-se considerar que a mesma tem um ciclo curto e o porte baixo, podendo ser plantada em espaçamento mais denso, a ser pesquisado, elevando o número de plantas por m^2 e, conseqüentemente, a sua produtividade. Nas demais variedades, houve variação em relação às médias relativas a esse índice de produção. A diferença entre a menor média de produtividade ($36,995 \text{ g.m}^{-2}$ para a variedade Cancão) e a maior média ($215,245 \text{ g.m}^{-2}$ para Manteiga cearense) foi da ordem de 481,82 %, o que demonstra a grande variabilidade encontrada entre as treze variedades estudadas.

Com relação ao tratamento irrigação, observa-se (Tabela 2.29) que a produção média (g.m^{-2}) do tratamento irrigado foi superior em 11,17 % em relação ao tratamento não irrigado. Extrapolando-se o valor de produtividade por planta para produtividade por hectare, apenas para comparações com outros trabalhos, observa-se que o valor máximo de produtividade para a fava Manteiga cearense ($2152,45 \text{ kg.ha}^{-1}$) foi superior ao obtido por Vieira *et al.* (1992), 1700 kg.ha^{-1} , em cultivo isolado no período das águas e inferior ao obtido por Vieira e Vieira (1996) (3527 kg.ha^{-1}), também em monocultivo. Por outro lado, Yuyama (1992), em Manaus, obteve produtividade média de fava, em monocultivo, variando entre 2000 e 4000 kg.ha^{-1} , enquanto que Araújo *et al.* (1975) só registraram produtividades entre 960 a 1670 kg.ha^{-1} . Em consórcio com milho, Santos *et al.* (2002) obtiveram produtividade entre 293 kg.ha^{-1} e 852 kg.ha^{-1} , enquanto que Vieira e Vieira (1996) alcançaram 1098 kg.ha^{-1} . Em termos nacionais (IBGE, 2005), o rendimento médio dessa cultura no ano de 2003 foi de 372 kg.ha^{-1} . Para o Estado da Paraíba o rendimento nesse ano foi de 449 kg.ha^{-1} , atingindo cerca de 984 kg.ha^{-1} na Região Sul e 468 kg.ha^{-1} na Região Sudeste. Esses rendimentos, principalmente para o Estado da Paraíba, ainda são bastante modestos em relação ao potencial produtivo de alguns genótipos.

Tabela 2.28. Análise de variância da produtividade média ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) de treze variedades de fava, sob dois regimes de irrigação. Sapé-PB, 2005)

F.V.	Q.M.
Variedade	17472,3785**
Irrigação	3227,6420 **
Interação variedade x irrigação	463,3801ns
Blocos	433,5825ns
Resíduo	253,4973
CV (%)	13,0300

** - Significativo ao nível de 1 % de probabilidade. ns – Não significativo

Tabela 2.29. Médias dos valores de produtividade média de treze variedades de fava, sob dois regimes de irrigação. Sapé-PB, 2005.

Variedade	Produção média ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)
Lavandeira	118,6495 de
Rajada vermelha	85,5670 fg
Cancão	36,9950 h
Manteiga	53,4963 h
Orelha-de-vó	142,5727 cd
Feijão	104,8495 ef
Roxa	98,3157 ef
Branquinha	168,8277 bc
Boca-de-moça	159,8143 bc
Manteiga cearense	215,2452 a
“De coca”	64,9468 gh
Rajada	157,3483 bc
Raio-de-sol	181,8978 b
DMS	7,996
Irrigação	Produção média
I ₀	115,7616 b
I ₁	128,6270 a
DMS	7,2419

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.5.6.4. Composição Química das Sementes

Na Tabela 2.30 se encontram relacionadas algumas das características químicas das treze variedades de fava estudadas neste experimento, analisadas pelo Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da EMBRAPA Algodão, sediada em Campina Grande–PB. Os resultados são importantes para uma comparação qualitativa das variedades estudadas, uma vez que elas estiveram submetidas a condições de cultivo semelhantes. Quanto à Proteína Bruta (PrB), possivelmente, o componente mais importante na avaliação da semente, as variedades Manteiga (25,48 %), Feijão (25,22 %), Rajada

vermelha (25,26 %), Boca-de-moça (24,79 %) e Cancão (24,24 %) foram as de maior porcentagens. A fava Rajada (15,63 %) foi a mais pobre em PrB, 38,7 % menor em relação a fava Manteiga. A diferença entre a maior e a menor porcentagem de PrB, excluindo a fava rajada, foi em torno de 19,39 %. A média alcançada em termos de PrB para as treze variedades de fava estudadas foi da ordem de 22,56%. A média geral de PrB neste experimento foi menor que os 23,59% obtidos por Azevedo *et al.* (2003) e 26,4% de PrB citados por Bressani e Elias (1980), mas superior aos 21,4%, encontrados por Lyman *et al.*, (1985). A porcentagem média de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, foram, respectivamente de 0,38 %, 1,18 %, 0,67 % e 0,49 %, com os valores variando de 0,23 % a 0,51 % para a concentração de P, de 1,06% a 1,39% para K, de 0,52% a 0,84% para Ca e de 0,27% a 0,69% para Mg. Azevedo *et al.* (2003) encontraram uma média, em sete variedades de fava, de 0,056% de Ca e de 0,297% de P. O valor médio da concentração de fósforo estaria dentro do intervalo de concentração obtido neste trabalho, contudo, a concentração de Cálcio obtida por esses autores foi muito inferior.

A média da concentração de cinzas para as treze variedades foi da ordem de 5,49%. Esse valor foi superior aos 3,52 % apresentados por Azevedo *et al.* (2003) e os 3,70% citados por Bressani e Elias (1980). Um componente bastante variável nas sementes das treze variedades estudadas, foi a porcentagem de óleo, com a média de 3,18 %. Contudo, o coeficiente de variação desse componente foi da ordem de 64,59 %, retratando a heterogeneidade dos valores encontrados. As variedades Branquinha, Manteiga cearense, Rajada vermelha, Orelha-de-vó, Rajada vermelha, Feijão e Rajada foram as mais pobres em óleo, enquanto que Lavandeira, Cancão, Boca-de-moça e Roxa foram as mais ricas nesse componente. Em trabalhos de outros autores (Azevedo *et al.*, 2003; Bressani e Elias, 1980; Lyman *et al.*, 1985), o teor de óleo variou de 1,06% a 2,7%. Muitas das diferenças entre os valores aqui encontrados possivelmente estão associadas à origem e ao estado fisiológico das sementes analisadas, aos processos de análises e às variedades utilizadas no experimento. No caso da concentração de óleo, nota-se que as variedades Cancão, Boca-de-moça e Roxa tiveram concentrações bem diferentes das demais.

Tabela 2.30. Composição química das sementes das de 13 variedades de fava. Sapé-PB, 2005.

Variedade	%Umid	%N	%PrB	%P	%K	%Ca	%Mg	%M.Org.	%Cinza	%Óleo
Manteiga	11,87	4,08	25,48	0,42	1,39	0,61	0,69	82,64	5,49	2,27
Feijão	12,22	4,03	25,22	0,41	1,18	0,61	0,41	83,15	4,64	1,71
Rajada vermelha	11,51	4,01	25,06	0,4	1,17	0,75	0,36	83,94	4,55	1,70
Boca de moça	12,55	3,98	24,79	0,51	1,26	0,84	0,42	82,51	4,94	6,00
Cancão	11,95	3,88	24,24	0,46	1,18	0,83	0,46	83,31	4,74	6,24
Manteiga cearense	11,17	3,79	23,66	0,45	1,2	0,52	0,27	84,24	4,59	1,69
Lavandeira	10,72	3,64	22,75	0,34	1,15	0,68	0,36	84,28	4,59	6,72
Orelha-de-vó	11,54	3,62	22,65	0,34	1,09	0,68	0,55	83,78	4,68	1,70
Raio-de-sol	10,72	3,52	21,97	0,23	1,19	0,67	0,64	84,74	4,55	2,53
Coca	12,08	3,32	20,72	0,4	1,29	0,68	0,46	82,87	5,06	2,00
Roxa	12,07	3,29	20,61	0,42	1,1	0,61	0,6	83,29	4,64	5,40
Branquinha	10,17	3,29	20,54	0,27	1,07	0,67	0,54	85,59	4,24	1,67
Rajada	11,92	2,50	15,63	0,3	1,06	0,61	0,55	83,68	4,39	1,71
Máximo	12,55	4,08	25,48	0,51	1,39	0,84	0,69	85,59	5,49	6,72
Mínimo	10,17	2,50	15,63	0,23	1,06	0,52	0,27	82,51	4,24	1,67
Média	11,58	3,61	22,56	0,38	1,18	0,67	0,49	83,69	4,70	3,18
Desvio Padrão	0,70	0,44	2,75	0,08	0,09	0,09	0,12	0,88	0,32	2,05
%CV	6,02	12,20	12,17	21,08	7,94	13,40	25,18	1,05	6,72	64,59

Fonte: EMBRAPA/CNPA/LSNP, Campina Grande/PB.

2.6. CONCLUSÕES

- 2.6.1. Das treze variedades estudadas, doze tem hábito de crescimento indeterminado (Lavandeira, Rajada vermelha, Cancão, Manteiga, Orelha-de-vó, Feijão, Roxa, Branquinha, Boca-de-moça, Manteiga cearense, Rajada e Raio-de-sol) e uma tem hábito de crescimento determinado (“De coca”);
- 2.6.2. As variedades têm muitas diferenças em relação às características morfológicas, principalmente relacionadas a cores, presença de pigmentos em algumas partes da planta, e tamanho de sementes;
- 2.6.3. Não existe diferença significativa para a eficiência fotossintética da clorofila “a” entre as treze variedades estudadas, independentemente do regime de irrigação testado;
- 2.6.4. A variedade “De coca” é precoce quanto ao florescimento. As variedades Orelha-de-vó, Branquinha, Manteiga cearense, Rajada e Raio-de-sol, são tardia em relação à “De coca” mas precoce em relação à Lavandeira, Rajada vermelha, Cancão, Manteiga, Feijão, Roxa e Boca-de-moça;
- 2.6.5. O crescimento das variedades é crescente até a fase de produção. A partir desse ponto diminui a intensidade de crescimento vegetativo das plantas;
- 2.6.6. As variedades Rajada vermelha, Lavandeira e Manteiga têm crescimento vegetativo superior às demais variedades. Esse crescimento vegetativo não se refletiu em maior produtividade para as variedades Rajada vermelha e Manteiga;
- 2.6.7. As variedades Manteiga cearense, Branquinha, Raio-de-sol, Boca-de-moça, Orelha-de-vó e Lavandeira são mais produtivas do que as demais variedades estudadas;
- 2.6.8. A produtividade média da fava Cancão é inferior a das demais variedades estudada, sem diferir de Manteiga e “De coca”;
- 2.6.9. A irrigação aumenta a produtividade média da fava. Neste experimento, esse efeito pode ter sido mascarado por ocorrência de chuvas registradas durante o cultivo;
- 2.6.10. As variedades Manteiga, Feijão, Rajada vermelha, Boca-de-moça e Cancão são as mais ricas em proteína bruta, e a fava Rajada a mais pobre em PrB. Lavandeira (6,72 %), Cancão (6,24 %), Boca de moça (6,00 %) e Roxa (5,40 %) têm, comparativamente, maior porcentagem de óleo que as demais variedades.

CAPÍTULO III

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE SETE VARIEDADES DE FAVA SUBMETIDAS A QUATRO LÂMINAS DIARIAS DE IRRIGAÇÃO.

3.1. RESUMO

Foi desenvolvido no município de Sapé-PB um experimento, no período de outubro de 2003 a março de 2004, com o objetivo de se obter informações sobre o crescimento e a produção de sete variedades de fava, cultivadas sob quatro lâminas de irrigação. Foram utilizadas neste experimento as variedades Lavandeira, Feijão, Branquinha, Boca-de-moça, Manteiga cearense, “De coca” e Raio-de-sol, selecionadas do primeiro experimento. Os tratamentos de irrigação foram de 2,0 mm.dia⁻¹ (L₂), 4,0 mm.dia⁻¹ (L₄), 6,0 mm.dia⁻¹ (L₆) e 8,0 mm.dia⁻¹ (L₈). As variedades Lavandeira, Branquinha, Manteiga cearense e Raio-de-sol, não atingiram a fase de floração, permanecendo todo o período do projeto na fase vegetativa. Até a fase de florescimento, houve efeito significativo das lâminas de irrigação sobre a fitomassa seca da parte aérea, número de folhas, área foliar, índice de área foliar e razão de área foliar para as variedades Boca-de-moça, Feijão e “De coca”. No período correspondente à fase de floração e início de produção ocorreram chuvas em excesso que podem ter influenciado o desenvolvimento dos genótipos. Houve efeito significativo das lâminas de irrigação sobre os coeficientes de produção número de vagens por planta e sobre a produtividade (g.m⁻²). Nas variedades Boca-de-moça, Feijão e “De coca” o número de vagens por planta e a produtividade foram favorecidas pelas lâminas de irrigação.

GROWTH AND YIELD OF SEVEN LIMA BEAN VARIETYS UNDER TO FOUR DAILY IRRIGATION DEPTHS

3.2. ABSTRAT

An experiment was carried out at Sapé-PB from October 2003 to March 2004, with the objective of obtaining information about the growth and yield of seven varieties of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.), under four irrigation depths. The seven varieties studied were: Lavandeira, Feijão, Branquinha, Boca-de-moça, Manteiga cearense, “De coca” and Raio-de-sol. Irrigation treatments were 2,0 mm/day (L2), 4,0 mm/day (L4), 6,0 mm/day (L6) and 8,0 mm/day (L8). Lavandeira, Branquinha, Manteiga cearense and Raio-de-sol varieties did not reach the flowering phase, staying the whole growth period in the vegetative stage. Until the flowering phase, there was significant effect of the irrigation depth on plant dry matter, number of leaves, leaf area, leaf area indices and leaf area ratio for Boca-de-moça, Feijão and “De coca” varieties. Excessive rainfall between the flowering and production phases they might have influenced the development of the genotypes. There was significant effect of the irrigation depth on the yield coefficients, number of pods per plant and productivity ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$). Boca-de-moça, Feijão and “De coca” answered linearly growing to the effect of irrigation depths, for the plant pod number and productivity.

3.3. MATERIAL E MÉTODOS

3.3.1. Descrição do Experimento

O experimento foi desenvolvido na Estação Experimental do Abacaxi, em Sapé – PB. Para este ensaio foram selecionadas 7 variedades dentre as 13 estudadas no experimento anterior. A escolha das variedades se deu em função das seguintes características: hábito de crescimento, ciclo e produtividade. Foram selecionadas: fava “De coca” (crescimento determinado), e seis variedades de crescimento indeterminado. Destas seis variedades, três atingiram um mínimo de 50% de floração aproximadamente aos 55 DAS (Lavandeira, Feijão e Boca-de-moça) e três variedades com floração mais tardia (Branquinha, Manteiga cearense e Raio-de-sol).

Neste experimento, procurou-se avaliar o crescimento/desenvolvimento e a produtividade dos genótipos, cultivadas sob quatro lâminas de irrigação. Os tratamentos foram obtidos a partir da interação entre as sete variedades e as quatro lâminas de irrigação, perfazendo um total de 28 tratamentos, distribuídos em três blocos inteiramente casualizados, num total de 84 parcelas experimentais. O espaçamento utilizado foi semelhante ao ensaio anterior, bem com, o desenho das parcelas experimentais (Figura 3.01), com 3,0 m de largura e 4,0 m de comprimento, com um total de seis plantas úteis, por parcela. A posição das parcelas dentro dos blocos foi definida mediante sorteio simples. Foram semeadas duas linhas nas extremidades que funcionaram como bordadura.

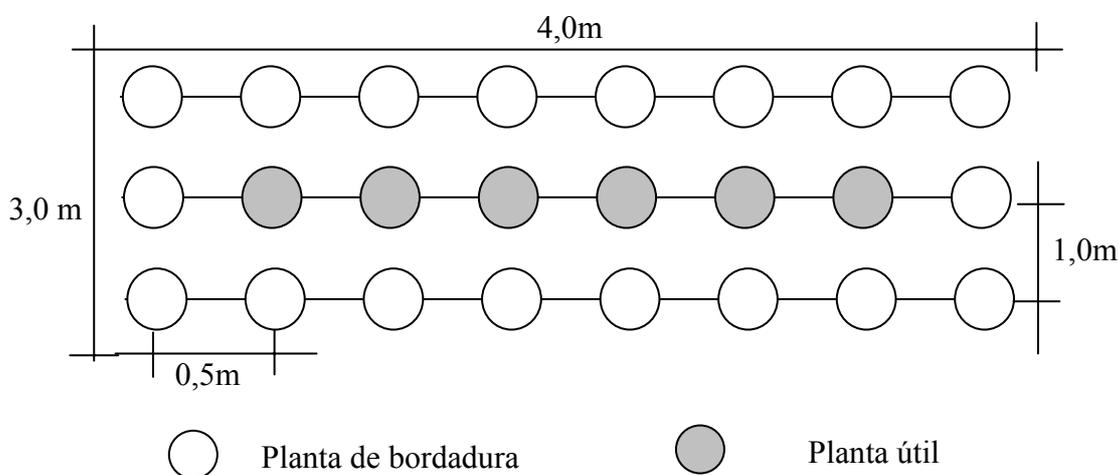


Figura 3.01. Desenho esquemático das parcelas experimentais no Experimento II.

O trabalho foi desenvolvido no período de outubro de 2003 a março de 2004, época em que, de acordo com as normais climatológicas da região, ocorrem os mais baixos índices pluviométricos na região.

Foram utilizadas 4 lâminas de irrigação diárias, definidas em função da lâmina aplicada no primeiro experimento ($5,0 \text{ mm.dia}^{-1}$): duas lâminas menores ($2,0 \text{ mm.dia}^{-1}$ e $4,0 \text{ mm.dia}^{-1}$) e duas lâminas maiores ($6,0 \text{ mm.dia}^{-1}$ e $8,0 \text{ mm.dia}^{-1}$). Muito embora seja de conhecimento que o consumo de água pelas culturas varia de acordo com as diversas fases fenológicas, optou-se por trabalhar com uma lâmina fixa de irrigação em função da falta de informações sobre coeficiente de cultivo para a fava e da dificuldade encontrada para instalação e manejo de equipamentos para determinação do consumo de água dessa cultura. Em caso de ocorrência de chuva, as irrigações relativas aos tratamentos eram reduzidas, aplicando-se lâminas complementares ao total definido, ou suspensão as aplicações, quando a precipitação era superior à irrigação prevista.

As irrigações foram realizadas com um sistema de microaspersão, com emissor Naan®. Antes do início do ensaio, o sistema de irrigação foi devidamente avaliado e ajustado o espaçamento dos emissores em função do espaçamento utilizado para as plantas, de modo a não haver sobreposição de lâmina entre tratamentos diferentes. Além disso, foi colocada uma lona plástica entre as parcelas, no mesmo sentido das linhas de emissão de água, com uma altura de 60 cm, objetivando evitar o respingo de água de um bloco para outro com tratamento de irrigação diferente. O turno de rega foi de um dia e a lâmina média aplicada pelo sistema era de $4,0 \text{ mm.h}^{-1}$.

Como a área utilizada era adjacente à do projeto anterior e não estava sendo cultivada, a adubação fornecida ao solo foi semelhante àquela do experimento I.

3.3.2. Determinação das Variáveis Observadas

3.3.2.1. Variáveis Crescimento e Desenvolvimento da Planta

Devido ao reduzido número de plantas úteis por parcela, foram realizadas apenas duas coletas de material, nas fases especificadas a seguir, para avaliação das variáveis de crescimento das plantas:

- 1ª Coleta – floração (mais de 50% das plantas em floração).
- 2ª Coleta – Produção (quando mais de 50% das plantas estavam com vagens maduras)

A metodologia para determinação da FSPA, bem com, para determinação das variáveis de crescimento, foram semelhantes às do primeiro ensaio. Foram avaliadas as seguintes variáveis, por planta:

- Fitomassa seca da parte aérea (FSPA)
- Número de folhas (NF)
- Área foliar (AF)
- Índice de área foliar (IAF)
- Razão de área foliar (RAF)
- Taxa de crescimento absoluto da cultura em fitomassa seca (TCA_{FSPA})
- Taxa de crescimento relativo da cultura em fitomassa seca (TCR_{FSPA})

3.3.2.2. Índices de Produção

Os índices de produção avaliados foram semelhantes aos observados no Experimento I, bem com, a metodologia empregada para esse fim. Foram analisados :

- Número de vagens por plantas (NVP)
- Tamanho das sementes (Peso de 100 sementes, g)
- Número médio de sementes por vagem (NSV)
- Peso relativo da semente (PRS)
- Produtividade média (PM, $g.m^{-2}$)

3.3.2.3. Análises Estatísticas

As características de interesse foram avaliadas através de análise de variância envolvendo as fontes Variedade, Lâmina de Irrigação e Variedade x Lâmina de Irrigação, aplicando-se o Teste F. Os efeitos significativos envolvendo o fator Variedade, por ser de natureza qualitativa, foram avaliados pelo teste de Tukey de comparação de médias (variáveis qualitativas), e por estudos de regressão para 'lâminas de irrigação' (quantitativas). Na Tabela 3.01, encontra-se um esquema geral da análise estatística.

Tabela 3.01. Esquema de análise de variância do experimento II. Sapé-PB, 2005.

Fontes de Variação	G.L.
Variedade	6
Irrigação	(3)
Regressão linear	1
Regressão quadrática	1
Regressão cúbica	1
Variedade x Irrigação	18
Blocos	2
Resíduo	54
Total	83

3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3.02 estão graficamente rerepresentadas as lâminas de irrigação aplicadas e as lâminas de chuvas ocorridas, em função do número de semanas após a semeadura (SAS). Observa-se que a partir da 8ª semana chuvas regulares começaram a ser registradas até a 17ª SAS. Até a 11ª semana essas chuvas não foram superiores às lâminas totais projetadas por semana em cada tratamento, que eram de 14,0 mm (L₂), 28,0 mm (L₄), 42,0 mm (L₆) e 56,0 mm (L₈), sendo fornecida apenas uma irrigação suplementar para completar o total definido. Da 12ª até a 17ª SAS, praticamente não houve irrigação para as lâminas L₂, L₄ e L₆, uma vez que as chuvas superaram o total previsto. Na 13ª e 14ª SAS, os índices pluviométricos foram bastante elevados, considerados anormais para o período.

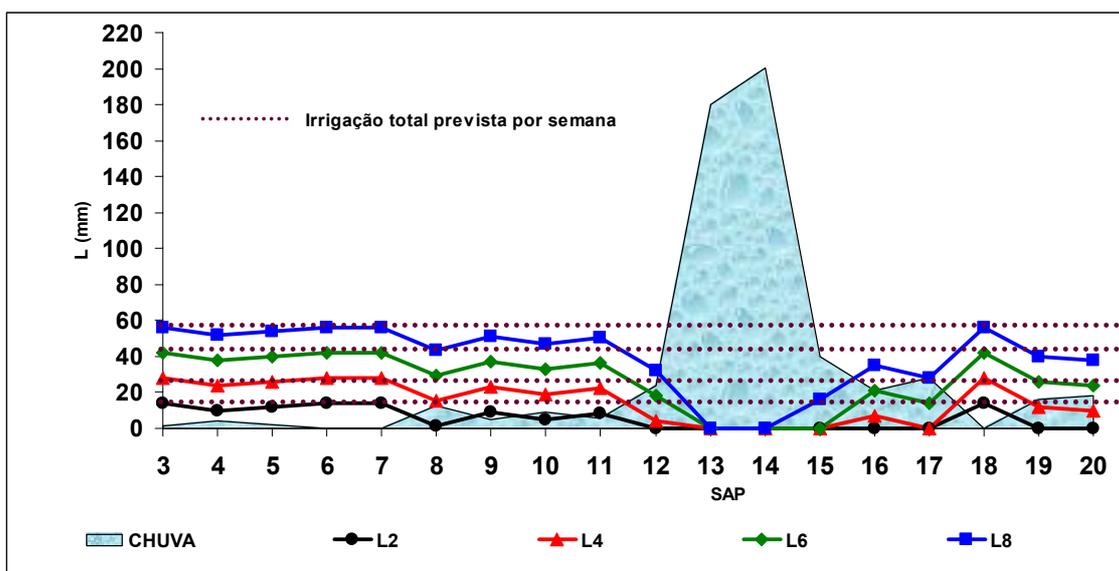


Figura 3.02. Lâminas de irrigação aplicadas e precipitação total ocorrida durante o desenvolvimento do experimento (Fonte: EEA/EMEPA).

Durante o desenvolvimento do projeto não foi observado florescimento nas variedades Lavandeira, Branquinha, Manteiga cearense e Raio-de-sol, independente da lâmina de irrigação aplicada. Esse comportamento é conhecido no campo, pelos agricultores como “a fava cegou”. Segundo depoimento de produtores de fava, à partir de conhecimentos empíricos, se a planta não florir no período esperado, ela tende a ficar vegetando indefinidamente. Nesse caso, as gemas axilares, que compõem a tríade, tem

desenvolvimento apenas vegetativo. Não foram encontrados estudos sobre os motivos que levaram a essa anomalia fenológica. Em termos ambientais, a única diferença observada em relação aos dois experimentos, que poderia estar relacionada com a falta de florescimento da planta, seria o fotoperiodismo, do qual, segundo Raven *et al.* (2001) depende a indução floral.

Genótipos de fava têm diferentes exigências em comprimentos de dia críticos para iniciação do florescimento (Harding *et al.*, 1981; Hartmann, 1969); genótipos neutros florescem em comprimento de dia entre 9 e 18 horas e os de dia-curto entre 11 e 12,5 h (Lyman *et al.*, 1985). Por outro lado, Rodrigues *et al.* (2001) relatam, para variedades de soja, que essa resposta não seria absoluta, podendo haver, apenas, um atraso na floração.

Como a latitude do local é relativamente baixa (7°05'S) a diferença em comprimento do dia ao longo do ano é muito pequena. Na Tabela 3.02 estão os valores de comprimento do dia para os meses de novembro, dezembro e janeiro, época em que as plantas deveriam florescer, e as diferenças desses valores em relação aos três meses em que os mesmos genótipos foram cultivados no primeiro experimento (abril, maio e junho), quando o florescimento foi normal. Observa-se que a diferença média em duração do dia foi muito pequena entre os dois experimentos, ficando entre 0,45 h (27 min) e 0,78 h (47 min). Os valores de comprimento do dia, para os meses de novembro (12,43 h), dezembro (12,52 h) e janeiro (12,50 h), estão dentro da faixa considerada adequada para indução ao florescimento, de acordo com Lyman *et al.* (1985), Harding *et al.* (1981) e Hartmann (1969). Dessa forma, possivelmente, a falta de florescimento dessas variedades não estaria relacionadas com esse fator climático.

Com relação à temperatura, os dados registrados durante o desenvolvimento do experimento indicam temperatura média variando de 26,86 °C a 29,24 °C, superiores às registradas durante o primeiro experimento, que foi de 24,6 °C a 27,43 °C. Embora tenha sido verificado um pequeno aumento de temperatura, o efeito desse fator climático sobre a floração e a frutificação, relatado por alguns autores, estaria mais relacionado à falta de pegamento e abortamento de flores e vagens (Rappaport e Carolus, 1956; Fischer e Pryor, 1974; Aidar *et al.*, 2002). Além do mais, para Fischer e Pryor (1974), a alta temperatura noturna favorece o aparecimento de flores, apesar de reduzir o pegamento das flores e a retenção final de vagens.

A título de contribuição, visando a serem dirimidas as dúvidas deste experimento, esses mesmos genótipos foram novamente cultivados no período de

outubro de 2004 a fevereiro de 2005, recebendo as mesmas lâminas de irrigação e plantados em dois espaçamentos diferentes: 0,5 m x 1,0 m e 1,0 m x 1,0 m. Da mesma forma, nenhuma das variedades emitiu qualquer botão floral, permanecendo, durante todo o período de cultivo, em estado vegetativo, descartando, também, o efeito da densidade de plantio sobre o florescimento da planta.

Tabela 3.02. Comprimento do dia para os meses de novembro, dezembro e janeiro, e diferença desses valores para os meses de abril, maio e junho, para o município de Sapé-PB, Latitude 7°30'S. Sapé-PB, 2005.

Dia do mês	Comprimento do Dia (h)			Diferença de Comprimento do Dia (h)		
	Nov	Dez	Jan	(Nov-Abr)	(Dez-Mai)	(Jan-Jun)
1	12,37	12,51	12,52	0,32	0,63	0,76
5	12,40	12,51	12,51	0,37	0,66	0,77
9	12,41	12,52	12,51	0,41	0,69	0,78
13	12,44	12,52	12,49	0,48	0,71	0,79
17	12,44	12,53	12,50	0,48	0,72	0,80
21	12,47	12,54	12,50	0,54	0,77	0,79
25	12,47	12,54	12,49	0,56	0,78	0,79
29	12,49	12,54	12,48	0,60	0,79	0,77
Média	12,43	12,52	12,50	0,45	0,71	0,78
Desvio padrão	0,04	0,01	0,01	0,09	0,05	0,01

Fonte: Mota (1987)

Em virtude da falta de floração nas quatro variedades citadas, só foi possível se fazer avaliação das variáveis previstas apenas de três variedades: Boca-de-moça, Feijão e “De coca”.

3.4.1. Avaliação de Crescimento/Desenvolvimento

Conforme previsto, foram realizadas duas avaliações para as variáveis de crescimento da planta: sendo uma na fase de florescimento e outra na fase de produção. Para efeito de comparação dos resultados obtidos para as diversas variáveis avaliadas, na Tabela 3.03 se pode observar o total de água recebida pelas parcelas experimentais, em cada tratamento de irrigação, do início da aplicação dos tratamentos até as referidas avaliações (florescimento e produção). Para o cálculo dos valores totais de água recebida, foram consideradas as lâminas de irrigação aplicadas e o total de chuva registrada nesse período. Para composição da lâmina total aportada ao solo, entre a 13^a e a 17^a semana, quando ocorreram picos excessivos de chuva, foi considerado, um total

de água equivalente à maior lâmina de irrigação (56 mm/semana correspondente a L8), aceitando-se que o excesso de água nessas semanas seria perdido por escoamento superficial ou por infiltração profunda. A diferença do total de água recebida pela variedade “De coca” em relação à Boca-de-moça e Feijão está relacionada com a diferença de ciclo desses genótipos.

Tabela 3.03. Lâmina total (mm) de água recebida pelas parcelas em cada tratamento, na avaliação de florescimento e de produção. Sapé-PB, 2005.

Variedade	L ₂	L ₄	L ₆	L ₈
Avaliação de florescimento				
Boca-de-moça	74,0	172,0	270,0	368,0
Feijão	74,0	172,0	270,0	368,0
“De coca”	43,6	85,6	127,6	169,6
Avaliação de produção				
Boca-de-moça	431,6	561,6	673,6	841,6
Feijão	431,6	561,6	673,6	841,6
“De coca”	99,6	197,6	295,6	393,6

3.4.1.1. Fitomassa Seca da Parte Aérea (FSPA), Número de Folhas (NF), Área Foliar (AF), Razão de Área Foliar (RAF) e Índice de Área Foliar (IAF)

Na Tabela 3.04 está um resumo dos dados da análise de variância para as variáveis FSPA, NF, AF, IAF e RAF, por planta, em avaliação realizada na fase de floração (1^a avaliação) das variedades Boca-de-moça, Feijão e “De coca”, considerando-se que as demais não floriram. Observa-se que houve efeito significativo para Variedade e Lâmina de Irrigação, quanto para a interação desses dois fatores, com 1% de probabilidade, para todos as variáveis de crescimento, com exceção da RAF onde o efeito significativo foi a 5% de probabilidade para Variedade e Irrigação, e não houve significância para a Interação.

O efeito significativo das lâminas de irrigação nessa avaliação, possivelmente, está relacionado ao crescimento acelerado das variedades até o início da fase reprodutiva, retratado nas curvas de evolução das diversas variáveis de crescimento, registradas no primeiro experimento. Paez *et al.* (1995) relataram que, de uma maneira geral, a redução da absorção de água e, conseqüentemente, desidratação das células, comprometem os processos fisiológicos afetando todos os componentes de crescimento.

Tabela 3.04. Resumo da ANOVA de variáveis de crescimento para três variedades de fava produzidas sob quatro lâminas de irrigação, em avaliação realizada na fase de florescimento. Sapé-PB, 2005.

F.V.	FSPA (g)	NF	AF (cm ²)	RAF (cm ² .g ⁻¹)	IAF
Quadrado médio					
Variedade	14749,69 **	27058,36 **	272856504,22 **	3389,14 *	10,92 **
Irrigação	2948,34 **	3849,93 **	79493809,79 **	2173,93 *	3,19 **
Variedade x Irrigação	540,34 **	1107,43 **	18998395,11 **	617,29 ns	0,76 **
Bloco	88,16ns	604,17 *	4265745,05 ns	669,83 ns	0,17 ns
QM resíduo	72,83	147,27	1669418,19	645,56	0,07
Médias observadas					
Variedade					
Boca de moça	67,48 a	105,96 a	9028,04 a	129,41 a	1,81a
Feijão	70,47 a	103,04 a	9229,33 a	132,98 a	1,85a
“De coca”	8,31 b	22,29 b	871,34 b	102,25 b	0,17b
DMS	8,76	12,45	1325,62	26,06	0,26

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo Teste F. ns não significativo.

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Diversos autores têm observado efeito significativo da irrigação sobre os parâmetros de crescimento de plantas, tais como Sirait *et al.* (1994), com fava, Urchei *et al.* (2000), com feijão comum e Gomes *et al.* (2000), com feijão comum, dentre outros. Santos e André (1992), em estudo com feijoeiro comum, concluíram que os maiores valores de coeficiente de cultivo (K_c) para essa cultura estariam na fase de crescimento vegetativo final, $K_c = 0,89$, e na fase de florescimento, $K_c = 1,43$; esses valores estariam associados aos maiores valores de IAF verificados ao final do ciclo vegetativo e início do florescimento. Nóbrega *et al.* (2001), estudando o efeito de quatro níveis diferentes de umidade do solo sobre o crescimento do feijão também relatou efeitos significativos da umidade do solo tanto para a FSPA quanto para o IAF.

O estudo de regressão relativo ao efeito isolado da lâmina de irrigação, não faz sentido neste trabalho uma vez que o total de água recebido foi diferente entre a variedade “De coca” e as outras duas variedades, como observado na Tabela 3.03, em virtude da diferença de ciclo. Esse estudo foi realizado para o desdobramento da fonte Irrigação em cada variedade (Tabela 3.05), observando-se ter havido efeito significativo para irrigação dentro de Boca-de-moça e Feijão, para FSPA, NF, AF e IAF; não houve efeito significativo para a RAF.

Na fava “De coca”, o fato de não ter sido observado efeito significativo da lâmina de irrigação sobre as variáveis de crescimento, possivelmente, deve estar relacionado ao reduzido ciclo dessa cultura até o florescimento (30 DAS), dos quais, nos primeiros 15 dias, a irrigação foi semelhante em todas as parcelas, para se garantir a formação de um stand de cultivo satisfatório. O pouco tempo até o florescimento (15 dias), pode não ter sido suficiente para se verificar diferenças significativas sobre as variáveis de crescimento.

Tabela 3.05. Desdobramento da fonte Irrigação (I) dentro das Variedade para variáveis de crescimento de três genótipos de fava em quatro lâminas de irrigação. Sapé-PB, 2005.

F.V.	FSPA (g)	NF	AF (cm ²)	RAF (cm ² .g ⁻¹)	IAF
Quadrado médio					
I dentro de Boca-de-moça	2638,53 **	5168,80 **	87776315,98 **	1698,05 ns	3,514 **
Reg. Pol. Linear	7417,71 **	14994,20 **	262468818,69 **		10,509 **
Reg. Pol. Duad.	239,50 ns	4,69 ns	787963,63 ns		0,031 ns
Reg. Pol. Cúbica	258,38 ns	507,50 ns	72165,61 ns		0,002 ns
Irrigação			Médias		
L2	27,58	55,00	2462,54		0,493
L4	67,06	99,50	7296,81		1,457
L6	76,84	113,67	11271,78		2,257
L8	98,45	155,67	15081,05		3,017
Quadrado médio					
I dentro de Feijão	1348,28 **	802,41 **	29040363,21 **	1338,63 ns	1,163 **
Reg. Pol. Linear	3755,19 **	1943,70 **	82300224,02 **		3,295 **
Reg. Pol. Duad.	93,47 ns	402,52 ns	95112,53 ns		0,003 ns
Reg. Pol. Cúbica	196,17 ns	61,00 ns	4725753,09 **		0,190 ns
Lâminas			Médias		
L2	42,13	79,17	6085,45		1,217
L4	70,77	106,17	7127,18		1,427
L6	75,74	111,50	11153,42		2,233
L8	93,22	115,33	12551,26		2,510
Quadrado médio					
I dentro de “De coca”	42,22 ns	93,58 ns	87776315,98 ns	371,83 ns	0,034 ns

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo Teste F. ns não significativo.

Foi verificada regressão significativa para Boca-de-moça e Feijão para FSPA, AF, NF e IAF, cujos gráficos podem ser observados na Figura 3.03. As regressões significativas foram lineares e crescentes, retratando o efeito da lâmina total de água recebida pela cultura sobre crescimento das variedades de fava na fase vegetativa. De uma maneira geral, o efeito da lâmina de irrigação sobre os índices de crescimento, observados na Figura 3.03, foi mais acentuado na fava Boca-de-moça, com inclinação da reta mais acentuada, do que na fava Feijão, muito embora os ciclos e, conseqüentemente, a lâmina total recebida, tenham sido semelhantes. A melhor resposta à lâmina d'água verificada pela variedade Boca-de-moça pode ser comprovada através do aumento nos valores das variáveis de crescimento, promovido para cada incremento de 10 mm de água (Tabela 3.06). Em todas as variáveis analisadas, o incremento verificado para a Boca-de-moça foi bastante superior ao registrado para a variedade Feijão.

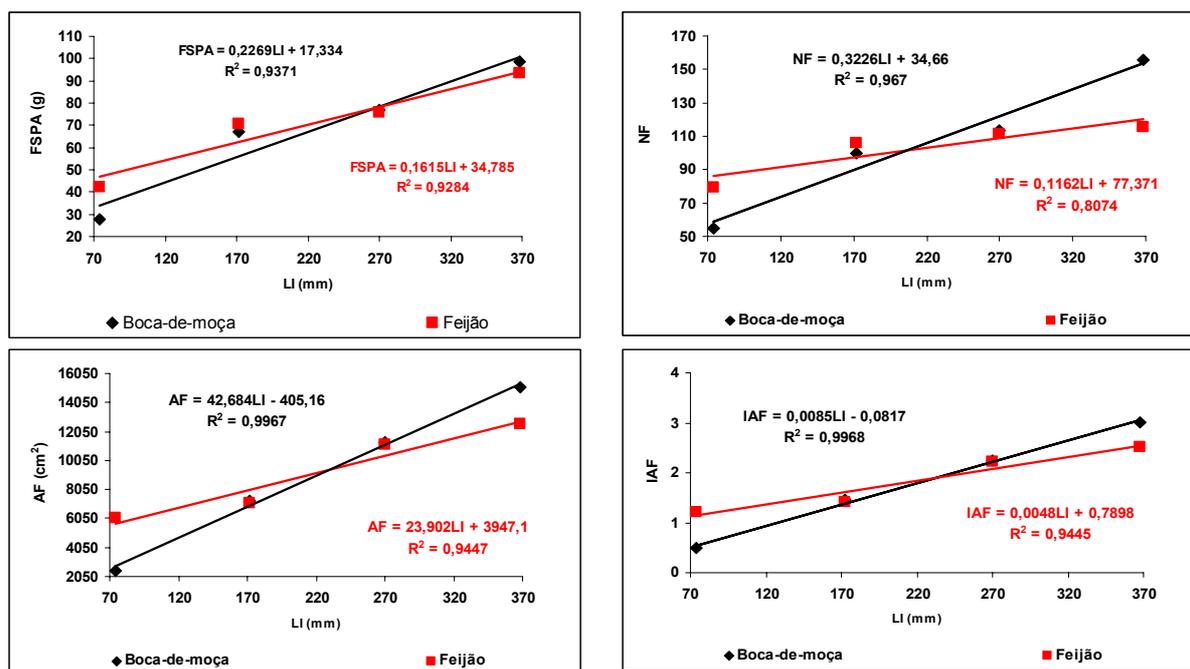


Figura 3.03. Regressões significativas para lâminas de irrigação sobre as variáveis FSPA, NF, AF, RAF e IAF, de duas variedades de fava, em avaliação realizada na fase de florescimento.

Tabela 3.06. Aumento percentual em FSPA, NF, AF e IAF para cada incremento de 10 mm de lâmina aplicada, para às regressões significativas nas variedades Boca-de-moça e Feijão. Sapé-PB, 2005.

Variedade	FSPA (%)	NF (%)	AF (%)	IAF (%)
Boca-de-moça	6,83	5,64	16,53	16,56
Feijão	3,50	1,36	4,25	4,26

Pelo desdobramento das médias de variedades dentro do fator lâmina de irrigação, Tabela 3.07, constata-se que, em praticamente todas as lâminas de irrigação e variáveis de crescimento analisadas, as médias das variedades Boca-de-moça e Feijão, foram consideradas estatisticamente semelhantes ($p < 0,05$). Por outro lado, a fava “De coca” foi a que teve as menores médias, estatisticamente diferentes das demais, em quase todos os itens e lâminas, com exceção para FSPA, na lâmina L₈, onde sua média foi semelhante à da fava Feijão, e para o IAF, na lâmina L₂, com média semelhante à de Boca-de-moça.

Para o item RAF, não foi verificada nenhuma diferença significativa entre as médias das variedades desdobradas dentro de todas as lâminas de irrigação, possivelmente, por que deva ter ocorrido um crescimento proporcional para a AF e a FSPA, não se refletindo portanto em diferenças para o quociente AF/FSPA.

Analisando-se os valores das médias de cada variedade, dentro das lâminas de irrigação (Tabela 3.07), observa-se que em todas as variáveis de crescimento essa médias cresceram juntamente com a lâmina de irrigação, inclusive a fava “De coca” (de ciclo mais curto) retratando a influência do total de água recebida durante o ciclo analisado, sobre o crescimento da planta.

Tabela 3.07. Desdobramento de variedades dentro das lâminas de irrigação, para variáveis de crescimento de três variedades de fava produzida sob quatro lâminas de irrigação, na fase de florescimento. Sapé-PB, 2005.

FV	FSPA (g)	NF	AF (cm ²)	RAF (cm ² .g ⁻¹)	IAF
Variedade	C em L₁				
Boca-de-moça	27,583 a	55,000 a	2462,537 b	105,003 a	0,493 b
Feijão	42,133 a	79,167 a	6085,453 a	147,207 a	1,217 a
“De coca”	4,413 b	15,667 b	425,010 b	97,723 a	0,083 b
C em L₂					
Boca-de-moça	67,057 a	99,500 a	7296,810 a	113,277 a	1,457a
Feijão	70,770 a	106,167 a	7127,177 a	102,517 a	1,427 a
“De coca”	6,037 b	19,667 b	537,950 b	89,293 a	0,107 b
C em L₃					
Boca-de-moça	76,843 a	113,667a	11271,777a	146,503 a	2,257 a
Feijão	75,743 a	111,500 a	11153,423 a	147,280 a	2,233 a
“De coca”	10,170 b	26,833 b	1088,613 b	107,083 a	0,220 b
C em L₄					
Boca-de-moça	98,447 a	155,667 a	15081,053 a	152,860 a	3,017 a
Feijão	93,217 b	115,333 b	12551,260 a	134,910 a	2,510 a
“De coca”	12,600 b	27,000 c	1433,793 b	114,913 a	0,287 b
DMS	17,512	7,006	2648,985	52,14	1,060

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 3.08 pode ser observado um resumo da análise de variância para FSPA, NF, AF, RAF e IAF, na avaliação realizada na fase de produção (2^a avaliação). Houve efeito significativo em relação às variáveis de crescimento, apenas para o Fator Variedade, não sendo verificada significância para Irrigação nem para a interação Variedade x Irrigação. Como já abordado anteriormente, a significância Variedade é um indicativo de diferenças intrínsecas entre os genótipos. Pela comparação de médias (Tukey a 5 %) observa-se que o efeito significativo se deu em função dos baixos valores para as médias dos índices de crescimento verificados para a fava “De coca”, em relação à Boca-de-moça e Feijão, das quais foi estatisticamente diferentes.

Com relação ao fator Irrigação e a sua interação com Variedade, os resultados obtidos não estariam de acordo com Sirait *et al.* (1994), que observaram efeito significativo da umidade do solo sobre as diversas variáveis de crescimento de fava. A razão para esse resultado, possivelmente, está relacionada ao excesso de chuva verificado no espaço de tempo considerado entre o início de florescimento e a fase produtiva. Esse período foi da 10^a a 17^a SAS, para Boca-de-moça e Feijão, e da 10^a a 13^a SAS para a fava “De coca” (Figura 3.02).

No caso das variedades Boca-de-moça e Feijão, as lâminas de chuvas ocorridas entre a 12^a e 17^a SAS foram superiores aos tratamentos L₂ e L₄. Da 13^a a 15^a SAS a

lâmina de chuva ultrapassou a lâmina total prevista para irrigação no tratamento L₆ enquanto que a lâmina L₈ foi superada por completo pelas chuvas na 13^a e 14^a SAS e quase por completo na 15^a SAS. Como na primeira avaliação (fase de florescimento) foi observado efeito significativo da fonte Irrigação, e da interação Variedade x Irrigação, sobre os índices primários de crescimento, pode-se julgar que, possivelmente, as lâminas de chuvas ocorridas nos períodos acima citados tenham igualado os tratamentos irrigados, não refletindo o efeito significativo que se esperava nessa avaliação de crescimento. Essa interferência foi mais sentida pelas parcelas irrigadas com as menores lâminas, que vinham acumulando deficiências de crescimento e passaram seis semanas (L₂ e L₄) e quatro semanas (L₆) recebendo, apenas da chuva, lâminas superiores às previstas para os tratamentos. Para a fava “De coca”, devido ao seu crescimento determinado, e o seu ciclo muito curto, é comum não ocorrerem variações significativas nos índices de crescimento, entre o florescimento e a produção, pois a mesma, praticamente, para de produzir novas estruturas vegetativas, ou de expandir as existentes, para drenar os fotoassimilados para as partes reprodutivas (flores e frutos).

Comparando-se os valores das médias relativas aos índices de crescimento estudados na primeira avaliação com os da segunda avaliação, nota-se que na maioria dos casos ocorreram decréscimos. Para a FSPA, a média de Boca-de-moça na avaliação de florescimento foi inferior ao da avaliação de frutificação em apenas 13,54 %, contudo, para esse mesmo índice de crescimento a média da fava Feijão na segunda avaliação foi 25,12 % menor do que na primeira; para a fava “De coca” as médias foram semelhantes. Em relação ao número de folhas coletadas na segunda avaliação, para Boca-de-moça e Feijão houve diminuição em relação à primeira avaliação, fato esse que deve estar relacionado à abscisão foliar dessa espécie verificada nessa fase, conforme é de conhecimento comum entre os produtores e possivelmente ageada pela ocorrência das fortes chuvas verificadas em período antecedente à avaliação. Com a diminuição no número de folhas houve redução em área foliar e, conseqüentemente, a razão de área foliar e o índice de área foliar. Em relação a fava “De coca” esses efeitos não foram tão evidentes, uma vez que quando as maiores chuvas se verificaram o ciclo de cultivo desse genótipo já havia se encerrado.

Tabela 3.08. Resumo da ANOVA de variáveis de crescimento para três variedades de favas produzidas sob quatro lâminas de irrigação, em avaliação realizada na fase de produção. Sapé-PB, 2005.

F.V.	FSPA (g)	NF	AF (cm ²)	RAF (cm ² .g ⁻¹)	IAF
	Quadrado médio				
Variedade	15173,52**	12077,31**	226621473,69 **	5178,68 **	9,057 **
Irrigação	174,23ns	249,80 ns	4697497,12 ns	565,74 ns	0,186 ns
Variedade x Irrigação	207,19ns	319,83 ns	2497957,65 ns	880,43 ns	0,099 ns
Bloco	30,01ns	100,27 ns	207203,54 ns	637,18 ns	0,008 ns
QM resíduo	494,04	268,48	4526526,94	370,76	0,181
Lâminas	Médias observadas				
L2	41,99	62,00	4849,09	119,09	0,970
L4	47,01	57,89	5129,88	100,99	1,027
L6	52,53	63,33	5942,27	109,10	1,189
L8	49,00	51,61	6415,36	115,41	1,281
Variedade	Médias observadas				
Boca-de-moça	78,05 a	81,63 a	9017,88 a	118,90 a	1,407 a
Feijão	56,32a	72,00 a	7036,23 a	126,93 a	1,803 a
“De coca”	8,54 b	22,50 b	698,33 b	87,61 b	0,140 b
DMS	22,80	16,81	2182,83	19,76	0,437

* significativo ao nível de 5% de probabilidade. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade. ns - não significativo.
Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3.4.1.2. Taxa de Crescimento Absoluto em relação a Fitomassa Seca da Parte Aérea (TCA_{FSPA}) e Taxa de Crescimento Relativo em relação a Fitomassa Seca da Parte Aérea (TCR_{FSPA})

Na Tabela 3.09 se encontra um resumo de análise de variância da taxa de crescimento absoluto e taxa de crescimento relativo, para FSPA, (TCA_{FSPA} e TCR_{FSPA}), no período compreendido entre a primeira avaliação (florescimento) e a segunda avaliação (produção). Houve efeito significativo, ao nível de 5 % de probabilidade, para a fonte de variação Variedade, nos dois índices de crescimento. Em relação ao fator irrigação, houve efeito significativo ao nível de 5 % de probabilidade para a TCA_{FSPA} e ao nível de 1% de probabilidade para a TCR_{FSPA} . Não houve, contudo, efeito significativo para a interação Variedade x Irrigação.

As médias da fava “De coca”, para as duas taxas de crescimento, foram praticamente nulas e, como os efeitos do excesso de chuvas, não atingiram essa variedade, deduz-se que, após o início de florescimento, as plantas cessaram o seu crescimento.

Embora a interação Variedade x Irrigação não tenha sido significativa, o desdobramento da fonte Irrigação dentro de Variedades (Tabela 3.10) possibilitou uma análise interessante, pois mostrou regressão linear significativa, nas duas taxas de crescimento, para as favas Boca-de-moça e Feijão; os gráficos relativos à essa regressão podem ser vistos através das Figuras 3.4 e 3.5. Nota-se decréscimo linear, em TCA_{FSPA} e TCR_{FSPA} em função da lâmina d’água recebida pelas culturas; esse decréscimo é decorrente da redução do crescimento das plantas a partir do florescimento. Em estudos com feijão comum, alguns autores (Gomes *et al.*, 2000; Urchei *et al.*, 2000) destacam um decréscimo da TCA_{FSPA} na fase final de produção. Gomes *et al.* (2000) relataram, entretanto, que os decréscimos ao final do ciclo são mais intensos sob irrigação indicando maior translocação de fotoassimilados para os grãos. Além do mais, para Stone *et al.* (1988), sob elevada tensão de água no solo, a TCA de feijoeiro é reduzida, fato esse, segundo Subbarao *et al.* (1995), atribuído à redução na condutância estomática, promovendo não só diminuição na taxa transpiratória como também da entrada de CO_2 , e conseqüente diminuição da fotossíntese.

O mesmo comportamento foi verificado para a TCR_{FSPA} , com regressão linear decrescente, em função da lâmina de água fornecida. As duas retas tem inclinação semelhante, indicativo da não significância da interação, sendo os valores verificados

para a fava Boca-de-moça superiores aos da fava Feijão, refletindo uma maior eficiência de conversão de matéria seca, e sugerindo uma melhor resposta dessa variedade ao regime de água.

Os valores negativos observados em $TCA_{(FSPA)}$ e $TCR_{(FSPA)}$ observados nas Figuras 3.04 e 3.05, possivelmente, são frutos da perda de folhas verificada no período, de forma natural, ou incrementada pelo excesso de chuvas registrados.

Tabela 3.09. Resumo de ANAVA para $TCA_{(FSPA)}$ e $TCR_{(FSPA)}$ em três variedades de fava sob quatro lâminas de irrigação. Sapé-PB, 2005.

F.V.	TCA (g/planta.dia)	TCR (g/g.planta.dia)
	Quadrado médio	
Variedade	0,686619 *	0,000253 *
Irrigação	0,757055 *	0,000344 **
Reg. Pol. Linear	2,088734 **	0,001027 **
Reg. Pol. Duad.	0,000025 ns	0,000003 ns
Reg. Pol. Cúbica	0,182405 ns	0,000001 ns
Variedade x Irrigação	0,212927 ns	0,000038 ns
Bloco	0,022303 ns	0,000044 ns
QM resíduo	0,206351	0,000066
	Médias observadas	
Irrigação		
L2	0,335556	0,007778
L4	-0,008889	0,002222
L6	-0,033333	-0,002222
L8	-0,374444	-0,006667
	Médias observadas	
Variedade		
Boca-de-moça	0,203333 a	0,005000 a
Feijão	-0,272500 b	-0,004167 b
“De coca”	0,008333 ab	0,000000 ab
DMS	0,46606	0,00831

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3.10. Desdobramento da fonte Irrigação (I) dentro das variedades para TCA_{FSPA} e TCR_{FSPA} , entre as avaliações de crescimento na fase de floração e de produção, em três variedades de fava. Sapé-PB, 2005.

F.V.	TCA (g/planta.dia)	TCR (g/g.planta.dia)
I dentro de Boca-de-moça	Quadrado médio	
Reg. Pol. Linear	1,460160 *	0,000540 **
Reg. Pol. Duad.	0,000133 ns	0,000033 ns
Reg. Pol. Cúbica	0,665707 ns	0,000060 ns
Lâminas	Médias	
L2	0,780000	0,016667
L4	0,040000	0,003333
L6	0,360000	0,003333
L8	-0,366667	-0,003333
I dentro de Feijão	Quadrado médio	
Reg. Pol. Linear	1,395375 *	0,000482 **
Reg. Pol. Duad.	0,005208 ns	0,000008 ns
Reg. Pol. Cúbica	0,000375 ns	0,000002 ns
Lâminas	Médias	
L2	0,203333	0,003333
L4	-0,133333	0,000000
L6	-0,453333	-0,006667
L8	-0,706667	-0,013333
I dentro de “De coca”	Quadrado médio	
Reg. Pol. Linear	0,012907 ns	0,000107 ns
Reg. Pol. Duad.	0,005633 ns	0,000000 ns
Reg. Pol. Cúbica	0,003227 ns	0,000027 ns

* significativo ao nível de 5% de probabilidade. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade. ns - não significativo. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

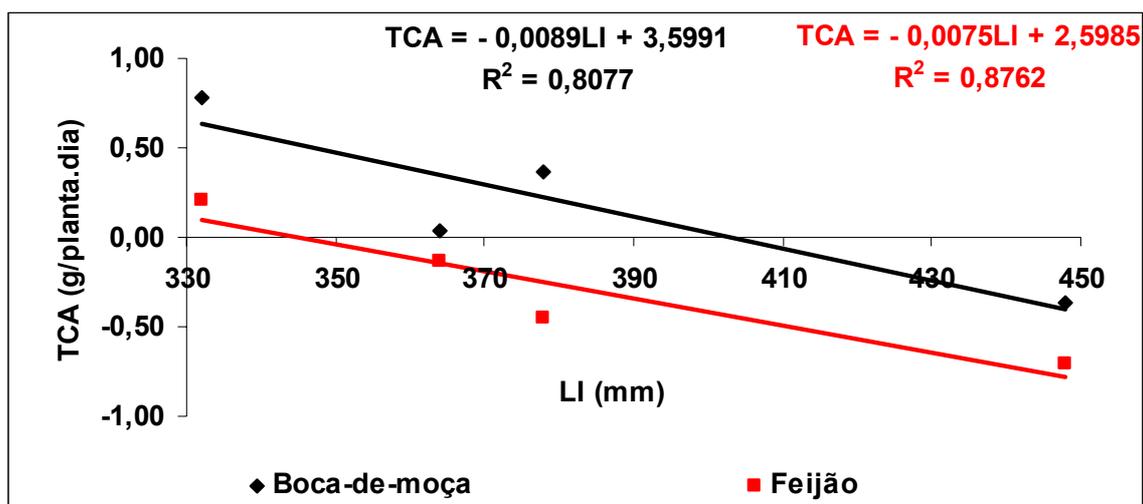


Figura 3.04. Regressão significativa da TCA_{FSPA} para as favas Boca-de-moça e Feijão, em função das lâminas de água fornecida.

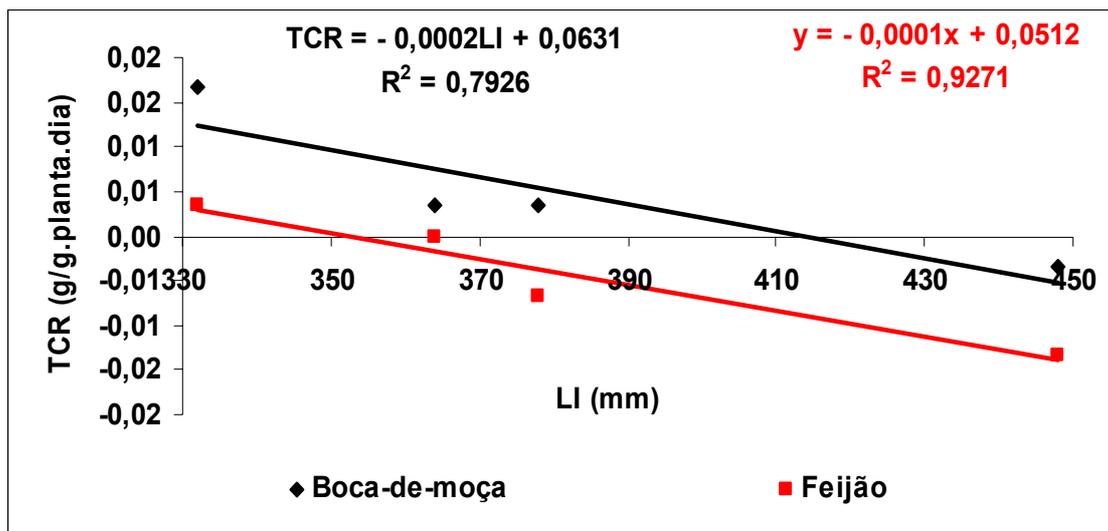


Figura 3.05. Regressão significativa da TCR_{FSPA} para as favas Boca-de-moça e Feijão, em função das lâminas de água fornecida.

3.4.2. Eficiência fotossintética da clorofila “a”

Os valores relativos à eficiência fotossintética da clorofila “a” das variedades, sob as quatro lâminas de irrigação aplicadas podem ser observados na Tabela 3.11. Houve efeito significativo apenas para a fonte de variação Variedade, na avaliação de florescimento, não sendo verificado efeito significativo nas demais fontes de variação, nem na avaliação de produção. No que se refere a variedade, isoladamente, os resultados obtidos no primeiro experimento também foram significativos em relação à avaliação de florescimento, e não significativo na avaliação de produção. Nesse trabalho, a média de F_v/F_m foi de $0,804 \text{ elétron.quantum}^{-1}$, para a variedade Boca-de-moça, $0,807 \text{ elétron.quantum}^{-1}$, para Feijão e de $0,757 \text{ elétron.quantum}^{-1}$ para a fava “De coca”; valores esses semelhantes aos registrados neste experimento, $0,803$, $0,807$ e $0,772 \text{ elétron.quantum}^{-1}$, respectivamente para as mesmas variedades. As médias das variedades Boca-de-moça e Feijão foram estatisticamente semelhantes e diferentes da variedade “De coca”. Na segunda avaliação (produção), não foi registrada diferença significativa entre as médias da eficiência fotossintética, que variou de $0,742$ a $0,746 \text{ elétron.quantum}^{-1}$.

Não foi registrado efeito significativo para Lâmina de Irrigação e para a Interação entre os fatores; as médias para o efeito isolado da lâmina variaram de $0,783$ a $0,808 \text{ elétron.quantum}^{-1}$ na primeira avaliação, e de $0,725$ a $0,763 \text{ elétron.quantum}^{-1}$ na segunda. Esses resultados estariam de acordo com outros trabalhos em que não foram

registrados efeitos significativos da irrigação sobre essa variável, tais como Bjorkman e Powles (1984) e Epron e Dryer (1990). Embora essa razão normalmente decresça em plantas submetidas a algum tipo de estresse (Krause e Weis, 1991), alguns autores (Bjorkman e Powles, 1984; Epron e Dryer, 1990) não detectaram reduções na eficiência do fotossistema II em plantas sob déficit hídrico. Essa opinião foi também corroborada por Melo e Fernandes (2004), em estudo com quatro variedades de fava irrigada, no município de Sapé-PB. Semelhante ao registrado no primeiro ensaio, os valores obtidos para as médias da eficiência fotossintética, anotados na Tabela 2.23, estariam próximos dos valores sugeridos por outros autores (Da Matta, 2002; Bolhar-Nordenkamp *et al.*, 1989) como normais para plantas não estressadas.

Tabela 3.11. Resumo da análise de variância realizada para avaliação da eficiência fotossintética da clorofila “a” (elétron.quantum⁻¹) em folhas de três variedades de fava, sob quatro lâminas de irrigação, na fase de florescimento e de produção. Sapé-PB, 2005.

F.V	Florescimento	Produção
Quadrado médio		
Variedade	0,004 **	0,000130 ns
Irrigação	0,001 ns	0,002247 ns
Variedade x Irrigação	0,001 ns	0,001805 ns
Bloco	0,001 ns	0,004488 ns
QM resíduo	0,001	0,007077
Irrigação		Médias observadas
L2	0,795	0,745556
L4	0,808	0,763444
L6	0,791	0,748889
L8	0,783	0,725111
Variedade		Médias observadas
Boca-de-moça	0,803 a	0,745667 a
Feijão	0,807 a	0,749083 a
“De coca”	0,772 b	0,742500 a
DMS	0,026	0,086307

* significativo ao nível de 5% de probabilidade. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade. Ns – não significativo. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3.4.3. Floração

Na Figuras 3.06 pode ser observada a evolução da porcentagem de floração das variedades Boca-de-moça, Feijão “De coca”, para as quatro lâminas de irrigação. Na variedade Boca-de-moça, as parcelas irrigadas com a maior lâmina atingiram 50 % da floração em torno de 52 DAS, enquanto no tratamento L₂ esse índice só foi atingido em

torno de 67 DAS; diferença em torno de 15 dias. Nas parcelas irrigadas com L₄ e L₆ essa fase foi atingida em torno de 60 DAS. O florescimento total nessa variedade se deu em torno dos 77 DAS para as três maiores lâminas, com um pequeno atraso em relação a lâmina L₂, que só atingiu 100 % de floração aos 84 DAS. Na fava Feijão, a diferença entre o número de dias necessário para que fosse atingido 50 % de floração entre os tratamentos foi muito pequena; praticamente todos os tratamentos atingiram essa fase aos 52 DAS. Para a floração total esse genótipo se comportou de forma semelhante a Boca-de-moça, com os tratamentos L₄, L₆ e L₈ possibilitando 100 % de floração aos 77 DAS e L₂ em torno de 84 DAS. Com relação à fava “De coca”, devido ao seu ciclo relativamente curto, o percentual mínimo de 50 % da floração foi atingido entre 27 e 30 DAS. A lâmina de irrigação influenciou sobre o florescimento total das parcelas, com as maiores lâminas promovendo um florescimento de 100% em menos tempo.

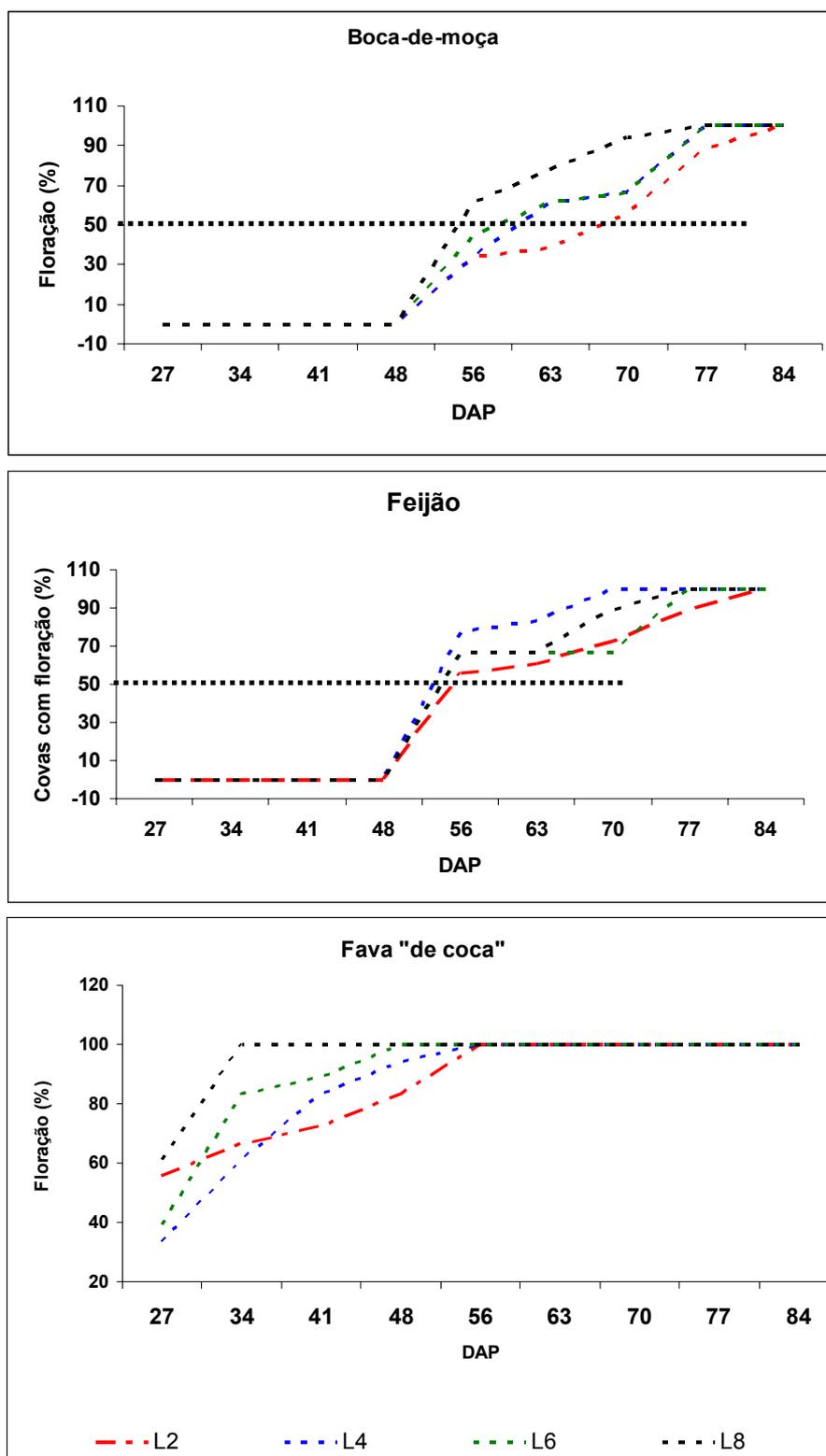


Figura 3.06. Evolução da floração da fava Boca-de-moça, Feijão e “De coca” submetida a quatro lâminas de irrigação diferentes.

3.4.4. Índices de Produção

A Tabela 3.12 é formada com dados relativos ao ciclo total das culturas e as lâminas de água recebidas pelas mesmas por irrigação e chuva. Para composição da lâmina total de água aportada ao solo, foi considerado, para o período onde as chuvas superaram as lâminas de irrigação prevista, um total de água correspondente à maior lâmina de irrigação definida (56 mm/semana, correspondente a L₈), aceitando-se que o excesso de água nessas semanas seria perdido por escoamento superficial ou por infiltração profunda.

Tabela 3.12. Aporte total de água ao solo por irrigação + chuva durante o experimento, em função do ciclo das três variedades de fava (em semanas após o semeio), sob quatro tratamentos de irrigação. Sapé-PB, 2005.

Variedade	Ciclo (SAS)	L ₂ (mm)	L ₄ (mm)	L ₆ (mm)	L ₈ (mm)
Boca-de-moça	20	479,8	645,6	799,6	1009,6
Feijão	20	479,8	645,6	799,6	1009,6
“De coca”	9	99,6	197,6	295,6	393,6

O resumo de análise de variância dos índices de produção das variedades pode ser observado através na Tabela 3.13. Houve efeito significativo da fonte Variedade, em todos os índices de produção avaliados. A Irrigação foi significativa para o número de vagens por planta (NVP) e produção média (PM). Não houve efeito significativo para a interação Variedade x Irrigação. Diferenças significativas em relação à Variedade são decorrentes das diferenças intrínsecas entre os genótipos, principalmente quando se compara a fava “De coca” com as demais.

O número de vagens por planta produzidas pela variedade Feijão foi estatisticamente superior à média da fava Boca-de-moça, e semelhante à média da variedade “De coca”. O NVP da fava “De coca”, como efeito isolado da variedade, superou o obtido no primeiro experimento (13,2 vagens por planta), em 125,2%. Para a fava Feijão, houve um aumento na média do NVP, em relação ao primeiro experimento (28,2 vagens por planta), da ordem de 15,96 %, enquanto que a Fava Boca-de-moça teve redução da ordem de 73,18 % (35,62 vagens por planta no primeiro experimento). Mesmo considerando o aumento verificado na fava Feijão, inferior ao verificado para a fava “De coca”, observa-se que, de certa forma, a ocorrência das chuvas entre o

florescimento e a produção, foi prejudicial às variedades Feijão e Boca-de-moça, que nesse período se encontrava na fase de produção.

Em relação ao número de sementes por vagem (NSV) só houve efeito significativo em relação à variedade, da mesma forma que ocorreu no primeiro experimento. Possivelmente, esse efeito significativo se deu pela presença da fava “De coca” que, caracteristicamente, tem uma média de NSV inferior, diferente estatisticamente das outras duas variedades. Os valores obtidos nesse experimento foram muito parecidos com aqueles registrados no primeiro experimento (2,98; 3,13; 2,57; para as favas Boca-de-moça, Feijão e “De coca”, respectivamente). Da mesma forma como aconteceu no primeiro ensaio, os valores da média de sementes por vagem da fava Boca-de-moça (3,08 sementes) e da fava Feijão (3,05 sementes) foram estatisticamente semelhantes e diferentes da média da fava “De coca” (2,44 sementes).

O peso médio de 100 sementes (PS_{100}) também não foi influenciado significativamente pela lâmina de irrigação, isoladamente ou em interação com Variedade. A média desse índice foi maior na fava “De coca” (52,00 g), estatisticamente semelhante à média da fava Boca-de-moça (49,17 g) e diferente da fava Feijão (44,00 g). Considerando os valores dessas médias, o tamanho das sementes foram classificadas, segundo Mateo Box (1961), como Normal (Boca-de-moça e Feijão) e Grande (“De coca”). As médias foram maiores do que as obtidas no primeiro experimento, quando as sementes dessas variedades foram classificadas como de tamanho Médio (Boca-de-moça e Feijão) e Normal (“De coca”).

A fava “De coca” teve a maior média em relação ao peso relativo da semente (PRS), estatisticamente diferente das outras duas, em que 66,92 % da vagem seca correspondem a sementes. Esse resultado foi muito parecido com os 67,01 % registrados no primeiro experimento, quando a média do PRS dessa variedade foi considerada estatisticamente semelhante às maiores médias obtidas no experimento. As variedades Boca-de-moça (62,08 %) e Feijão (59,75 %) foram consideradas estatisticamente semelhantes para esse componente de produção. Esses valores também foram praticamente iguais aos registrados no primeiro experimento; 62,76 % (Boca-de-moça) e 59,09 % (Feijão).

Em relação à produção média (PM), observa-se que a fava Feijão foi a que teve o maior valor, não se diferenciando estatisticamente, contudo, da fava “De coca”, cuja produção no primeiro experimento foi menor. Os valores registrados para a produção média (PM) da variedade Boca-de-moça ficaram bem abaixo do esperado, considerando

o porte da planta e os resultados obtidos no primeiro experimento. Por outro lado, a fava Feijão apresentou uma produtividade superior à obtida no primeiro experimento sendo, contudo, estatisticamente semelhante à fava “De coca”, que no primeiro experimento foi a menos produtiva. O rendimento de Boca-de-moça foi inferior e estatisticamente diferente das outras duas variedades.

Tabela 3.13. Resumo da ANAVA de índices de produção de três variedades de fava produzida sob quatro lamas de irrigação. Sapé-PB, 2005.

F.V.	NVP	NSV	PS ₁₀₀ (g)	PRS (%)	PM (g.m ⁻²)
Quadrado médio					
Variedade	614,24 *	1,563 **	197,44 *	160,33 **	23788,00 *
Irrigação	450,22 *	0,134 ns	38,56 ns	9,66 ns	29844,59 *
Reg. Pol. Linear	1178,62 **				74420,00 **
Reg. Pol. Duad.	19,71 ns				6293,78 ns
Reg. Pol. Cúbica	152,35 ns				8820,00 ns
Variedade x Irrigação	197,69 ns	0,024 ns	41,78 ns	8,41 ns	10023,26 ns
Bloco	572,97 *	0,006 ns	38,86 ns	10,75 ns	31721,33 *
Resíduo	118,78	0,053	44,16	5,96	7185,09
Irrigação	Médias observadas				
L ₁	19,34	2,733	49,11	63,67	142,22
L ₂	26,65	2,867	47,44	61,56	184,44
L ₃	26,25	2,811	46,11	62,67	183,11
L ₄	36,53	3,022	50,89	63,78	278,22
Variedade	Médias observadas				
Boca –de-moça	19,11 b	3,083 a	49,17 ab	62,08 b	151,67 b
Feijão	32,70 a	3,050 a	44,00 b	59,75 b	240,67a
“De coca	29,77 ab	2,442 b	52,00 a	66,92 a	198,66ab
DMS	11,18	0,235	6,82	2,51	86,97

* significativo ao nível de 5% de probabilidade. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade. ns - não significativo.

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O efeito significativo da irrigação em relação ao NVP e à PM foi analisado através de estudo de regressão para desdobramento dessa fonte de variação dentro de cada variedade (Tabela 3.14), uma vez que, devido às diferenças de ciclo, o total de água recebida pela variedade “De coca” foi diferente da Boca-de-moça e Feijão, conforme Tabela 3.12, não justificando avaliação de regressão para as médias das lâminas isoladas. Em relação a NVP, esse estudo possibilitou a observação de regressão linear significativa para as variedades Boca-de-moça (5 % de probabilidade) e “De coca” (1 % de probabilidade), cujos gráficos se encontram nas Figuras 3.07 e 3.08. A regressão referente à Boca-de-moça apresentou um coeficiente de correlação (R^2) muito baixo, possivelmente por essa variedade ter sido prejudicada no período de produção pelo excesso de chuva. De fato, comparando-se a média do número de vagens produzidas por essa variedade com as relativas à fava “De coca”, verifica-se que esse segundo genótipo teve valor médio superior em todas as lâminas de irrigação. Esse resultado não era esperado uma vez que a fava “De coca”, com crescimento determinado e porte baixo, teve produção média bem inferior a Boca-de-moça, no primeiro experimento. Pelas regressões significativas expostas, a variedade Boca-de-moça teria um aumento de 0,387 vagens por planta para cada incremento de 10 mm de lâmina de água recebida, enquanto que na fava “De coca” esse incremento é de 0,942 vagens por planta, refletindo, portanto, uma melhor resposta dessa variedade (“De coca”) ao efeito da lâmina de irrigação.

Para a PM, os valores das médias relativas à fava Boca-de-moça, foram inferiores as médias das demais variedades, em praticamente todas as lâminas de água. Esses resultados, possivelmente, foram influenciados pela maior elevação no NVP registrados para fava Feijão e “De coca”. Foi verificada regressão linear significativa para o efeito da lâmina de irrigação dentro das variedades Boca-de-moça e “De coca”; as médias relativas à fava Feijão foram muito próximas uma das outras, não refletindo regressão significativa. Nas Figuras 3.09 e 3.10 podem ser observados os gráficos das regressões lineares significativas para a fava Boca-de-moça e “De coca”. Da mesma forma como verificado na avaliação do NVP, a fava “De coca” teve um aumento de produção por incremento de 10 mm de água superior ao observado para a Boca-de-moça; na variedade “De coca” esse incremento foi de $6,63 \text{ g.m}^{-2}$ por 10 mm de água e em Boca-de-moça de $3,27 \text{ g.m}^{-2}$.

Mesmo com a ocorrência das chuvas no período que antecedeu a fase de produção, não sendo necessário fazer irrigação por algumas semanas, o efeito

significativo sobre a produção, é um indicativo de que, uma parte da carga produtiva das variedades foi definida na fase inicial do crescimento, até a fase de floração, com influência das lâminas de irrigação aplicadas.

O efeito significativo da umidade do solo sobre a produção final de culturas, tem sido relatado por diversos autores: Azevedo (1984), Frizzone (1986), Felipe (1991), Carvalho (1992) e Garrido (1998), todos em estudos com feijão comum. Nóbrega *et al.* (2001), em trabalho com a cultura do feijão e quatro níveis de umidade do solo, concluíram ser significativa a influência dos diferentes níveis de umidade sobre os processos fisiológicos e a produção da planta. Sirait *et al.* (1994) observaram que tanto a produção de fava descascada por parcela, quanto o número de vagens verdes por parcela, foi aumentado com os tratamentos de irrigação em relação à condição de sequeiro, para um espaçamento entre linhas de 38 cm; porém a produção não foi afetada quando usou-se um espaçamento maior entre linhas (76 cm).

Tabela 3.14. Desdobramento da fonte Irrigação (I) dentro das variedades para NVP e PM em três variedades de fava. Sapé-PB, 2005.

F.V.	NVP	PM (g.m ⁻²)
I dentro de Boca-de-moça		
	Quadrado médio	
Reg. Pol. Linear	625,45 *	44608,27 *
Reg. Pol. Duad.	338,78 ns	28033,33 ns
Reg. Pol. Cúbica	21,88 ns	749,07
Irrigação	Médias	
L2	14,13	114,67
L4	12,38	86,66
L6	15,21	120,00
L8	34,71	285,33
I dentro de Feijão		
	Quadrado médio	
Reg. Pol. Linear	1,71 ns	38,40 ns
Reg. Pol. Duad.	117,94 ns	1728,00 ns
Reg. Pol. Cúbica	117,93 ns	3465,60 ns
Irrigação	Médias	
L2	28,67	218,67
L4	40,21	274,67
L6	31,46	230,67
L8	30,46	238,66
I dentro de "De coca"		
	Quadrado médio	
Reg. Pol. Linear	1279,00 **	65076,26 **
Reg. Pol. Duad.	0,02 ns	133,33 ns
Reg. Pol. Cúbica	34,11 ns	5841,07
Irrigação	Médias	
L2	15,21	93,33
L4	27,38	192,00
L6	32,09	198,66
L8	44,42	310,67

* significativo ao nível de 5% de probabilidade. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade. Ns – não significativo. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

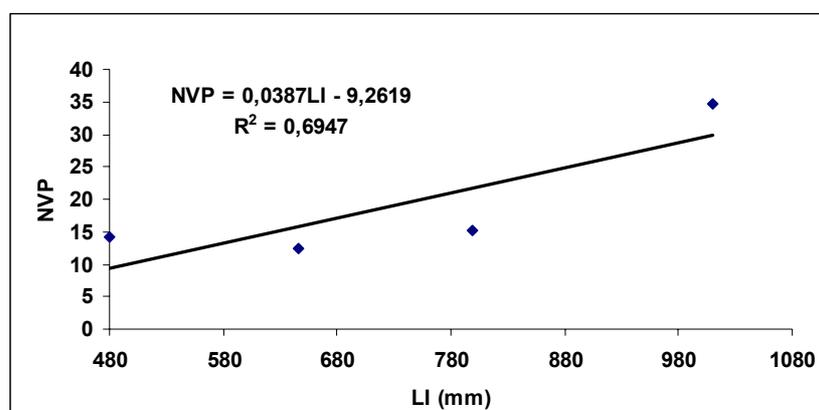


Figura 3.07. Regressão linear significativa do efeito da irrigação sobre o número de vagens por planta (NVP) para fava Boca-de-moça cultivada sob quatro lâminas de irrigação.

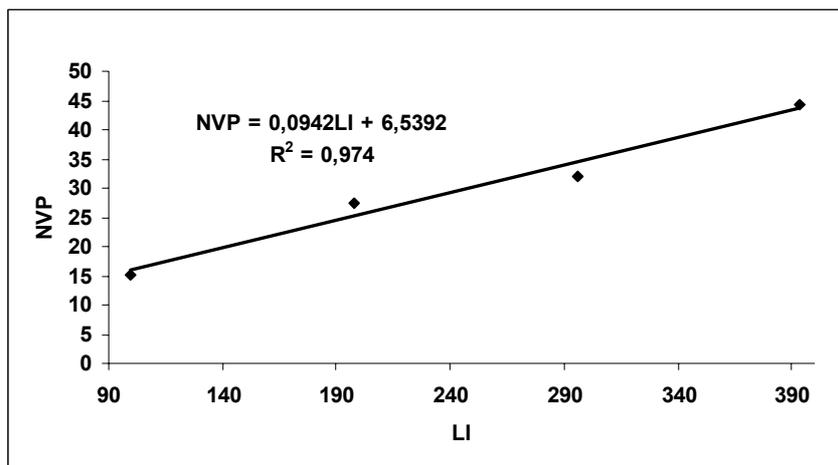


Figura 3.08. Regressão linear significativa do efeito da irrigação sobre o número de vagens por planta (NVP) para fava "De coca" sob quatro lâminas de irrigação.

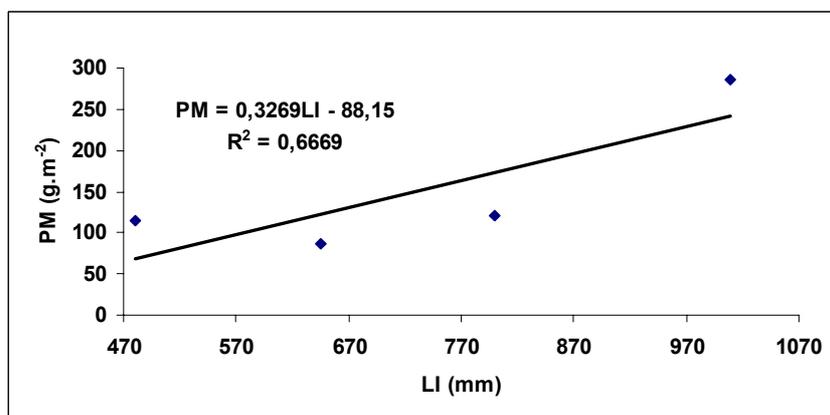


Figura 3.09. Regressão linear significativa do efeito da irrigação sobre a produção média (PM) para a fava Boca-de-moça sob quatro lâminas de irrigação.

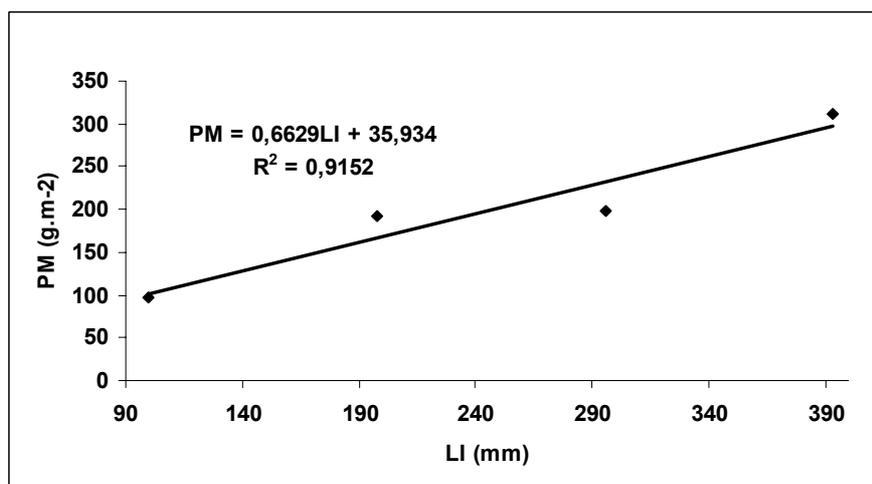


Figura 3.10. Regressão linear significativa do efeito da irrigação sobre a produção média (PM) para a fava "De coca" sob quatro lâminas de irrigação.

3.5. CONCLUSÕES

- 3.5.1. Cultivadas no período de outubro a março, na região de Sapé, Mesorregião da Mata Paraibana, os genótipos de fava Lavandeira, Branquinha, Manteiga cearense e Raio-de-sol não atingem a fase de florescimento, devendo ser realizados estudos posteriores com o objetivo de avaliar os motivos que levam a esse desequilíbrio;
- 3.5.2. Entre a fase de crescimento vegetativo e início de florescimento, a variação da lâmina de irrigação promove aumento nos valores dos componentes de crescimento FSPA, NF, AF, IAF e RAF; os componentes de crescimento FSPA, NF, AF, e IAF, cresce linearmente com as lâminas de irrigação;
- 3.5.3. O aumento da FSPA, NF e AF por incremento de lâmina de irrigação até a fase de florescimento, é maior na fava Boca-de-moça do que na fava feijão;
- 3.5.3. As variedades estudadas têm características diferentes em relação ao número de sementes por vagem, peso de 100 sementes e peso relativo das sementes. Essas variáveis não são influenciadas pelas lâminas de irrigação.
- 3.5.4. Não há efeito significativo das lâminas de irrigação sobre a eficiência fotossintética na cultura da fava;
- 3.5.5. O número de vagens por planta (NVP) e a produtividade média (PM) cresce linearmente com o total de água fornecida nas variedades Boca-de-moça e “De coca”, considerando o intervalo de estudado. O incremento no NVP por lâmina de irrigação é maior na variedade “De coca”;
- 3.5.6. A variedade fava “De coca” apresenta a maior média de PRS, com 66,9 % das vagens composta por sementes. Aproximadamente, 62 % das vagens de Boca-de-moça e 60 % de fava Feijão é composta por sementes;
- 3.5.7. Cultivada no período de outubro a novembro, com irrigação regular, a fava “De coca” apresenta produção superior ao cultivo realizado no período de abril a junho;
- 3.5.8. O excesso de chuva ocorrido durante o desenvolvimento do estudo pode ter mascarado o efeito das lâminas de irrigação sobre o crescimento e a produção.

CAPÍTULO IV

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA FAVA (*Phaseolus lunatus* L.) SUBMETIDA A QUATRO LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DUAS DENSIDADES DE PLANTIO

4.1. RESUMO

O terceiro experimento foi desenvolvido no município de Sapé-PB no período de setembro de 2004 a fevereiro de 2005, com o objetivo de avaliar o crescimento e a produção da fava (*Phaseolus lunatus* L), cultivada sob quatro lâminas de irrigação e duas densidades de plantio. Nesse experimento foi utilizada a variedade de fava Boca-de-moça, por ter apresentado um melhor crescimento/desenvolvimento e produção nos dois ensaios realizados anteriormente. Os tratamentos foram formados pela combinação entre quatro lâminas de irrigação (2,0 mm/dia, 4,0 mm/dia, 6,0 mm/dia e 8,0 mm/dia) e duas densidades de plantio, equivalentes à 10000 covas/ha (20000 plantas/ha) e 20000 covas/ha (40000 plantas/ha), distribuídos em quatro blocos, localizados ao acaso. Não foi observado efeito significativo da Irrigação sobre a fitomassa seca da parte aérea, área foliar, número de folhas, índice de área foliar e razão de área foliar, aos 75 e 147 dias após o semeio (DAS). Houve efeito significativo da densidade sobre a fitomassa seca da parte aérea, o número de folhas e o índice de área foliar apenas aos 75 DAS. Houve efeito significativo da Irrigação sobre a o número de vagens por planta e sobre a produtividade, e da densidade de plantio sobre o número de vagens por planta e o peso de 100 sementes. Regressões lineares crescentes foram consideradas significativas para o número de vagens por planta, peso relativo da semente e produção por planta.

GROWTH AND PRODUCTION OF LIMA BEAN (*Phaseolus lunatus L.*) UNDER FOUR IRRIGATION DEPTH AND TWO PLANTATION DENSITIES.

4.2. ABSTRACT

The third experiment was carried out at Sapé/PB from September 2004 to February 2005, with the objective of evaluating the growth and production of lima bean (*Phaseolus lunatus L.*), cultivated under four irrigation depths and two plantation densities. The variety studied was the Boca-de-moça, for having presented a better growth/development and production in two experiments accomplished previously. The treatments were formed by combination of four irrigation depths (2,0 mm/day, 4,0 mm/day, 6,0 mm/day and 8,0 mm/day) and two plantation densities, equivalent to 10000 holes/ha (20000 plant/ha) and 20000 hole/ha (40000 plants/ha), distributed in four blocks, located at random. There was not significant effect of irrigation on dry matter, number of leaves, leaf area, leaf area indices and leaf area ratio, to 75 and 147 days after plantation (DAP). There was significant effect of density on dry matter, number of leaves and leaf area indices only to 75 DAP. There was a significant effect of irrigation on pod per plant number and the productivity, and of the density on the pod per plant number and the weight of 100 seeds. Linear regressions were found significant for the number of pod per plant, relative weight of seed and productivity.

4.3. MATERIAL E MÉTODOS

De forma semelhante aos dois primeiros ensaios, este trabalho foi conduzido na Estação de Pesquisa do Abacaxi, da Empresa de Pesquisa Agropecuária da Paraíba – EMEPA, no município de Sapé-PB.

O experimento foi desenvolvido com a variedade “Boca-de-moça”, escolhida dentre as demais pelo seu desenvolvimento e rendimento, observado durante os dois primeiros ensaios. Os tratamentos foram definidos a partir da combinação entre quatro lâminas de irrigação, 2,0 mm.dia⁻¹ (L₁), 4,0 mm.dia⁻¹ (L₄), 6,0 mm.dia (L₆) e 8,0 mm.dia⁻¹ (L₈) e duas densidades de plantio, determinadas pelos espaçamentos de 1,0 m x 1,0 m (D₁) equivalente a 10000 covas.ha⁻¹ (20000 plantas/ha) e de 1,0m x 0,5 m (D₂) equivalente a 20000 covas.ha⁻¹ (40000 plantas/ha), com duas plantas por cova. Fatorialmente combinados resultaram em 8 tratamentos, distribuídos em quatro blocos casualizados, perfazendo um total de 32 parcelas experimentais.

O tamanho da parcela experimental foi definido em função dos espaçamentos adotados; as parcelas equivalentes à densidade de 10.000 covas.ha⁻¹ mediam 4,0 m de largura com 8,0 m de comprimento, formando quatro linhas de cultivo, sendo considerada útil apenas a área das duas linhas centrais, enquanto que as parcelas para densidade de 20.000 covas.ha⁻¹ foram definidas com a mesma largura e um comprimento de 8,0 m, com quatro linhas de cultivo, sendo as duas fileiras centrais tomadas como úteis (Figura 4.01). De qualquer forma, cada parcela foi formada inicialmente por 12 plantas úteis.

Neste experimento, as avaliações foram realizadas comparando-se, separadamente, o efeito do espaçamento e das lâminas de irrigação, e suas interações, sobre o crescimento e a produção da fava.

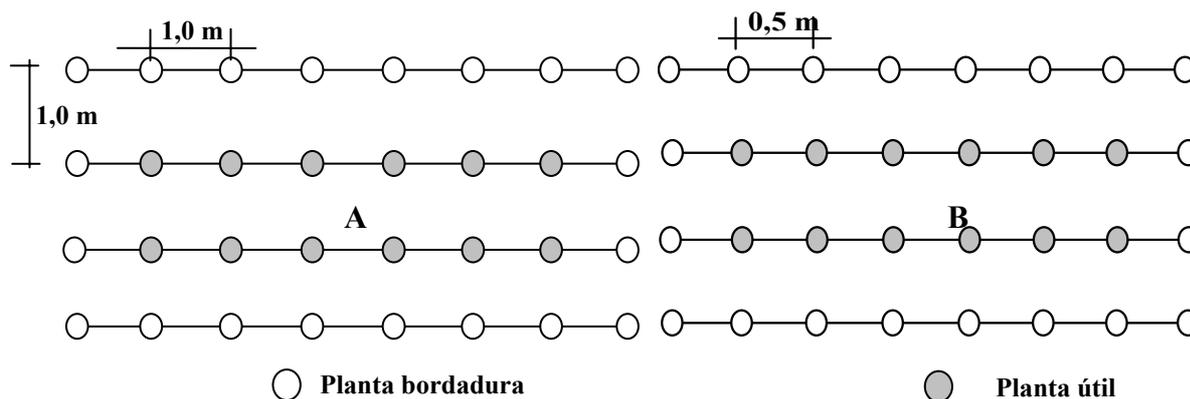


Figura 4.01. Esquema das parcelas experimentais utilizadas no Experimento III. (A) Densidade de 10.000 covas.ha⁻¹; (B) Densidade de 20.000 covas.ha⁻¹.

Semelhante aos outros dois ensaios, foram utilizadas em média quatro a seis sementes por cova, permanecendo apenas duas plantas após o desbaste. As adubações de fundação e cobertura foram realizadas, de acordo com recomendações de análise de solo do Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande – DEAg/UFCG, nas quantidades semelhantes às do primeiro experimento. O controle das plantas invasoras foi realizado com capinas manuais e o combate às pragas e doenças através da utilização de produtos químicos registrados para controle na cultura do feijão comum, semelhante aos dois primeiros ensaios.

As lâminas de irrigação foram aplicadas às parcelas pelo mesmo sistema de irrigação utilizado no segundo ensaio, com avaliações e adaptações necessários ao novo esquema. Os dados pluviométricos e de temperatura foram obtidos da estação agrometeorológica localizada na própria Estação de Pesquisa, enquanto que os valores de evapotranspiração de referência foram calculados pela metodologia citada por Hargreaves e Samani (1985).

4.3.1. Variáveis Avaliadas

4.3.1.1. Índices de Crescimento

Foram realizadas quatro coletas de plantas para avaliação destrutiva e obtenção dos índices relativos ao crescimento da planta, nos seguintes estágios:

- 1ª Coleta – Aos 30 dias após o semeio (fase vegetativa)
- 2ª Coleta – Início de floração (mais de 50% das plantas em início de floração), que ocorreu aos 75 dias após o semeio
- 3ª Coleta – Produção (quando mais de 50% das plantas apresentaram vagens maduras), que ocorreu aos 111 dias após o semeio
- 4ª Coleta – Colheita final (quando da realização da última coleta de vagens, aos 147 dias após o semeio)

Os índices de crescimento avaliados neste experimento foram os seguintes:

- Fitomassa seca da parte aérea por planta (FSPA)
- Área foliar por planta (AF)
- Índice de área foliar (IAF)
- Razão de área foliar (RAF)
- Taxa de crescimento absoluto da planta em fitomassa seca (TCA_{FSPA})
- Taxa de crescimento relativo da planta em fitomassa seca (TCR_{FSPA})

Os valores das médias dos índices citados, em função do número de dias após semeio, foram ajustados em gráficos e determinadas as funções de crescimento específicas para cada índice. Com as funções obtidas foram determinados os pontos de valores máximos de cada variável estudada. As análises estatísticas relativas aos índices de crescimento foram realizadas com os dados da avaliação do período de floração (75 DAS) e da avaliação final de produção (147 DAS).

4.3.1.2. Índices de Produção

Foram analisados os seguintes índices de produção:

- Número de vagens por planta (NVP)
- Número médio de sementes por vagens (NSV)
- Peso médio de 100 sementes (PS_{100})
- Peso relativo de sementes (PRS)
- Produção média (PM)

4.3.1.3. Análises Estatísticas

Os dados foram avaliados mediante análise de variância envolvendo os efeitos dos fatores lâminas de irrigação, densidades e a interação entre irrigação e densidade, sendo os níveis de significância testados pelo Teste F. Para o fator densidade considerado significativo ao nível de 1% ou de 5% de probabilidade, foi aplicado o Teste de Tukey para comparação das médias. Para o fator irrigação, devido à sua natureza quantitativa, os efeitos significativos foram testados através de um estudo de regressão. O esquema das análises estatísticas deste experimento se encontra na Tabela 4.01.

Tabela 4.01. Esquema das análises estatísticas realizadas no experimento III. Sapé-PB, 2005.

Fontes de Variação	G.L.
Irrigação	(3)
Regressão linear	1
Regressão quadrática	1
Regressão cúbica	1
Densidade	1
Blocos	3
Resíduo	21
Total	31

4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4.1. Condições de Desenvolvimento do Ensaio

Na Tabela 4.02 encontram-se os dados climatológicos observados na Estação Experimental do Abacaxi, Sapé-PB, quando se desenvolveu este experimento. Não houve grandes variações de temperatura durante o período de outubro de 2004 a fevereiro de 2005, com a máxima variando entre 30,68 e 32,79 °C, a mínima entre 22,03 e 24,29 °C e a temperatura média entre 26,35 e 28,54 °C. Os índices pluviométricos locais durante esse período foram relativamente baixos. O total de água aplicada em cada tratamento de irrigação (chuva + irrigação) foi de 261,8 mm (para lâmina L₂), 511,8 mm (para lâmina L₄), 761,8 mm (para lâmina L₆) e 1011,8 mm (para lâmina L₈). Considerando a evapotranspiração de referencia (ET₀), determinada segundo Hargreaves e Samani (1985), como consumo total da cultura (1017,26 mm), pois, não se dispõe de dados de K_c para a cultura da feveja, observa-se (Figura 4.02) que apenas o tratamento com a lâmina L₈ teria recebido mais água do que a ET₀ diária, verificada durante o desenvolvimento da pesquisa.

Tabela 4.02. Dados climatológicos observados em Sapé-PB no período de outubro de 2004 a fevereiro de 2005. Sapé-PB, 2005.

Mês	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	T _{med} (°C)	ET ₀ (mm)	Chuva (mm)	L ₂ (mm)	L ₄ (mm)	L ₆ (mm)	L ₈ (mm)
Outubro	30,68	22,03	26,35	206,17	11,6	29,6	57,6	85,6	113,6
Novembro	31,30	22,70	27,00	203,37	15,6	71,6	141,6	211,6	281,6
Dezembro	32,03	23,06	27,55	221,19	2,20	58,2	114,2	170,2	226,2
Janeiro	32,77	23,61	28,19	232,08	2,40	56,4	110,4	164,4	218,4
Fevereiro	32,79	24,29	28,54	154,45	15,0	46,0	88,0	130,0	172,0
Total				1017,26	46,8	261,8	511,8	761,8	1011,8

Fonte: EMEPA/EEA. ET₀ calculada por Hargreave e Samani (1985).

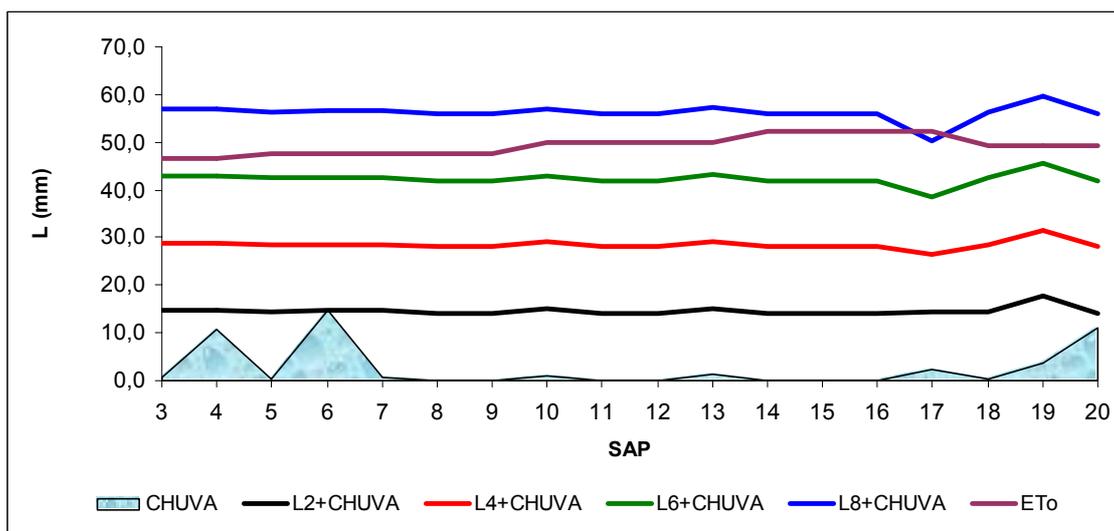


Figura 4.02. Curvas de chuva, lâmina total recebida por irrigação e evapotranspiração de referência (ET_0), observadas no desenvolvimento do projeto entre outubro de 2004 e fevereiro de 2005, no município de Sapé-PB. (Fonte: EMEPA/EEA. ET_0 calculada por Hargreaves e Samani, 1985)

4.4.2. Índices de Crescimento da Planta

4.4.2.1. Fitomassa Seca da Parte Aérea (FSPA), Número de Folhas (NF), Área Foliar (AF), Índice de Área Foliar (IAF) e Razão de Área Foliar (RAF)

A Figura 4.03 é formada pelas curvas de evolução dos índices de crescimento FSPA, AF, NF, IAF e RAF, para as quatro lâminas de irrigação aplicadas e para as duas densidades de plantio utilizadas. Estas curvas foram construídas a partir das médias obtidas de cada índice, como efeito isolado dos fatores irrigação (L_2 , L_4 , L_6 e L_8) e densidade de plantio (D_1 e D_2). Tanto em relação ao efeito das lâminas de irrigação, quanto ao efeito da densidade de plantio, observou-se que as curvas apresentaram um bom ajuste ao modelo polinomial quadrático, com um crescimento acelerado até a fase de floração/produção (111 DAS); a partir desse ponto a curva teve um crescimento menos acelerado (FSPA) ou foi decrescente (NF, AF, IAF e RAF).

O tratamento L_8 foi a que resultou em crescimento mais elevado, destacando-se das demais, com a lâmina L_6 aparecendo logo depois, porém um pouco mais próxima dos outros tratamentos. Para a densidade de plantio, os maiores valores dos índices de crescimento, foram observados para a menor densidade de plantio (D_1). Esse fato está relacionado a maior competição por água, luz e nutrientes no tratamento com maior densidade (D_2). Esse comportamento foi observado em todos os índices de crescimento, menos para o IAF, onde a curva referente ao menor espaçamento (D_2) foi a que

apresentou as maiores médias. Como o IAF representa a relação entre a AF e a área ocupada pela planta, definida pelo espaçamento utilizado, o menor denominador relativo ao tratamento D₂ levaria, conseqüentemente, a maiores valores de IAF; a não ser que tivesse ocorrido um aumento proporcional de AF, no tratamento D₁.

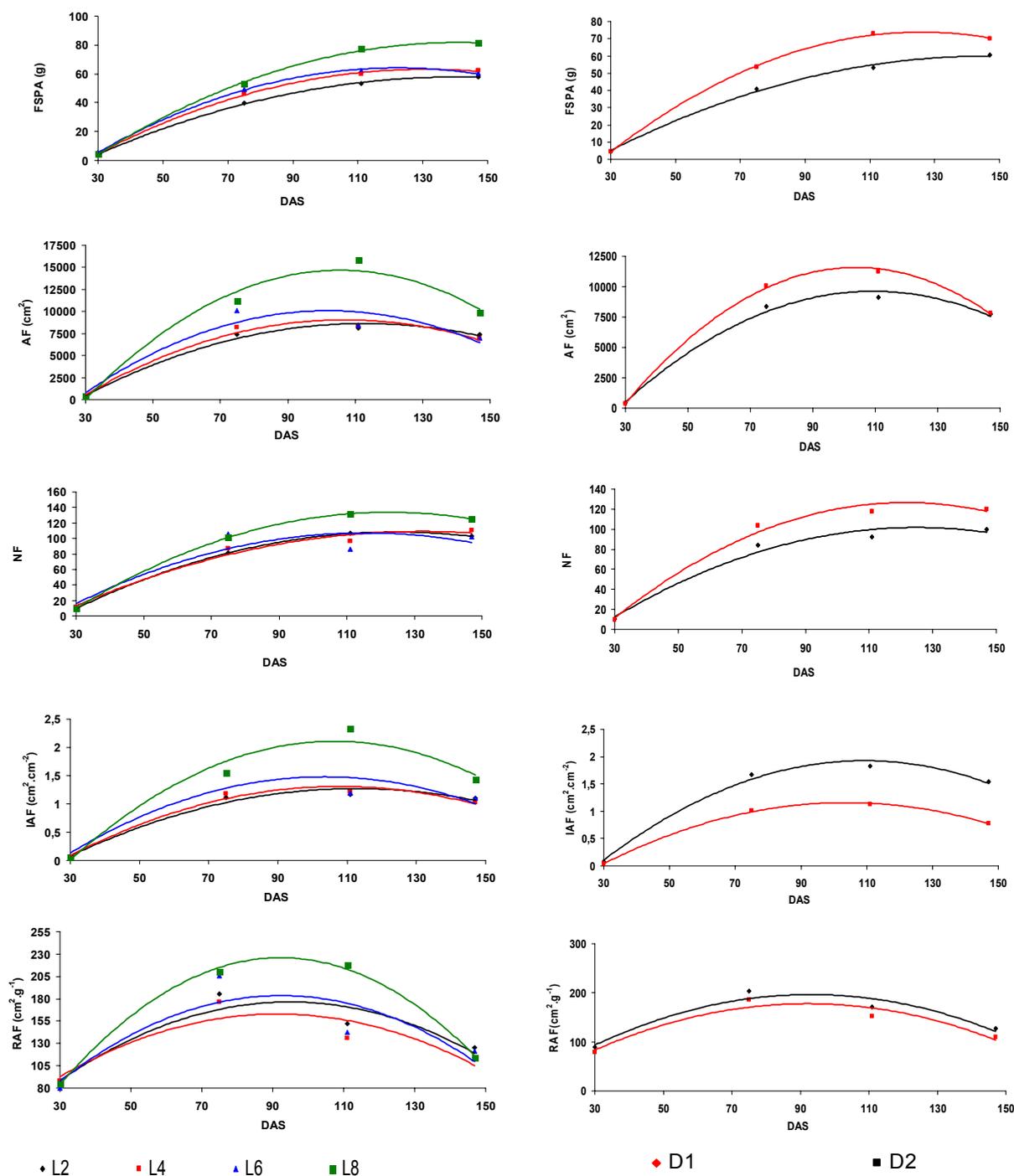


Figura 4.03. Curvas de evolução de FSPA, AF, NF, IAF, RAF, para as lâminas de irrigação e as densidades de plantio em cultivo de feva, em função do número de dias após o semeio (DAS).

A Tabela 4.03 é composta pelos polinômios relativos aos índices de crescimento, o número de dias necessários para que o valor máximo de cada variável seja atingido e o ponto máximo dessa variável. O valor máximo para a FSPA foi observado no tratamento L₈, em torno de 81,502 g, aproximadamente aos 141 DAS, quando a cultura se encontra em plena fase de produção. As parcelas que receberam as menores lâminas têm o ponto máximo em torno de 140 DAS, com um valor máximo de 57,117 g, aproximadamente 30% a menos.

De acordo com as curvas ajustadas, o máximo valor de AF por planta seria atingido pela cultura sob o tratamento L₈, em torno de 14678,54 cm², aproximadamente aos 105 DAS, muito embora o número máximo de folhas emitidas com esse tratamento só viesse a acontecer aos 123 DAS (na fase produtiva). Por essas informações se constata que, embora aos 105 DAS o número de folhas emitidas fosse relativamente menor, a área foliar total seria maior em função da expansão dessas folhas, devido ao constante fluxo de água e nutrientes e a necessidade de captação de luz para a fotossíntese. Além do mais, como se tem observado em cultivo de fava, é comum durante a fase de produção, a emissão de novas folhas e ramos pela cultura e abscisão de folhas mais velhas o que, possivelmente, deve ter elevado o número de folhas e reduzido a área foliar total por planta. A continuidade de crescimento da planta na fase produtiva, principalmente de novos ramos, justificaria o fato de o valor máximo da FSPA ser atingido bem depois dos outros índices primários de crescimento. Conforme observado em campo, a planta continua a emitir essas ramificações, que muitas vezes se entrelaçam em forma de uma corda torcida, com três a cinco ramos, inicialmente com poucos folíolos. Essas pequenas folhas levam alguns dias para se desenvolver e apresentar uma área capaz de contribuir para a captação de luz.

O número máximo de folhas emitidas variou pouco entre os tratamentos L₂, L₄ e L₆, sugerindo que o fator irrigação teve maior influência sobre a AF do que sobre o NF. De fato, apesar do crescimento das plantas depender tanto da expansão celular quanto da divisão celular, o processo de expansão, que é responsável pelo alongamento das partes vegetais, é mais influenciado pela diminuição da quantidade de água disponível para as plantas do que a divisão celular (Taiz e Zeiger, 2003). É possível que as menores lâminas recebidas, inferiores à evapotranspiração de referência (Figura 4.02), tenha resultado em momentos de restrição de água para a cultura.

Com relação ao IAF e a RAF, que levam em consideração os valores de AF, a maior lâmina de irrigação resultou em valores máximos desses índices ($1,710 \text{ cm}^2 \cdot \text{cm}^{-2}$, e $225,614 \text{ cm}^2/\text{g}$, respectivamente) superior ao dos demais tratamentos. Os valores máximos seriam observados em torno de 92 DAS (IAF) e 96 DAS (RAF). A diferença entre a menor e a maior média de IAF (equivalentes às lâminas L_2 e L_8) seria da ordem de 70,83 %, enquanto que para a RAF essa diferença seria da ordem de 27,84 %.

Para o fator densidade de plantio, observa-se que a menor competição promovida por D_1 , foi responsável pela elevação dos valores das médias em FSPA, AF e NF por planta, e redução em DAS necessários para que a cultura atingisse esse ponto. O valor máximo para FSPA seria em torno de 73,366 g, aos 125 DAS; $11584,740 \text{ cm}^2$ para a AF, aos 104 DAS; 132 folhas aos 122 DAS. Para a densidade D_2 os valores desses índices seriam de 59,253 g (145 DAS), $9629,956 \text{ cm}^2$ (109 DAS) e de 102 folhas (125 DAS), respectivamente. Para o IAF e a RAF, os valores máximos obtidos para os tratamentos com maior densidade de plantio (D_2) foram superiores aos valores obtidos para a menor densidade, $1,807 \text{ cm}^2 \cdot \text{cm}^{-2}$ e $196,797 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ (106 DAS e 93 DAS) contra $1,215 \text{ cm}^2 \cdot \text{cm}^{-2}$ e $177,991 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ (107 DAS e 92 DAS), respectivamente. Observou-se o mesmo descompasso em termos de intervalo de dias necessários para que os índices FSPA, AF e NF atingissem seus pontos máximos; a FSPA levou um período um pouco maior, sugerindo que a planta continuou a crescer durante a fase de produção e que a preferência dos drenos de fotossintatos durante a fase vegetativa é para produção e expansão de folhas, certamente para garantir maior absorção de luz solar.

Tabela 4.03. Polinômios quadráticos dos índices de crescimento FSPA, AF, NF, IAF e RAF em relação ao número DAS e ponto máximo para cultivo de fava sob quatro lâminas de irrigação. Sapé-PB, 2005.

Lâmina	Polinômio	R ²	Ponto máxima	
Lâmina de irrigação				
	FSPA		DAS	Valor (g)
L ₂	FSPA = -0,0044DAS ² + 1,2282DAS - 28,592	R ² = 0,9991	140	57,117
L ₄	FSPA = -0,0063DAS ² + 1,6084DAS - 40,109	R ² = 0,999	128	62,548
L ₆	FSPA = -0,0069DAS ² + 1,6847DAS - 38,844	R ² = 0,9994	122	63,990
L ₈	FSPA = -0,0063DAS ² + 1,7743DAS - 43,424	R ² = 0,9994	141	81,502
	AF			(cm ²)
L ₂	AF = -1,1947DAS ² + 269,36DAS - 6539,8	R ² = 0,9878	113	8642,842
L ₄	AF = -1,4338DAS ² + 306,68DAS - 7342,9	R ² = 0,9778	107	9056,288
L ₆	AF = -1,7923DAS ² + 365,79DAS - 8566,8	R ² = 0,9167	102	10096,690
L ₈	AF = -2,5641DAS ² + 541,02DAS - 13860	R ² = 0,9745	105	14678,540
	NF			(umid)
L ₂	NF = -0,0111DAS ² + 2,7535 DAS - 63,159	R ² = 1	124	107,601
L ₄	NF = -0,0092 DAS ² + 2,4254 DAS - 51,476	R ² = 0,974	132	108,376
L ₆	NF = -0,0125 DAS ² + 2,8896 DAS - 59,644	R ² = 0,8525	116	107,352
L ₈	NF = -0,0145 DAS ² + 3,5563 DAS - 83,997	R ² = 1	123	134,059
	IAF			(cm ² .cm ⁻²)
L ₂	IAF = -0,0002DAS ² + 0,0395DAS - 0,9493	R ² = 0,9775	99	1,001
L ₄	IAF = -0,0002DAS ² + 0,0438DAS - 1,0469	R ² = 0,9814	110	1,351
L ₆	IAF = -0,0003DAS ² + 0,0518DAS - 1,1978	R ² = 0,875	86	1,038
L ₈	IAF = -0,0004DAS ² + 0,0768DAS - 1,9761	R ² = 0,9611	96	1,710
	RAF			(cm ² .g ⁻¹)
L ₂	RAF = -0,021DAS ² + 3,9787DAS - 11,972	R ² = 0,8714	95	176,481
L ₄	RAF = -0,0186DAS ² + 3,3959DAS + 7,8297	R ² = 0,8074	91	162,831
L ₆	RAF = -0,0246DAS ² + 4,5475DAS - 26,281	R ² = 0,7419	92	183,880
L ₈	RAF = -0,0367DAS ² + 6,7629DAS - 85,945	R ² = 0,9967	92	225,614
Densidade de plantio				
	FSPA		DAS	(g)
D ₁	FSPA = -0,0076 DAS ² + 1,9054DAS - 46,06	R ² = 0,9994	125	73,366
D ₂	FSPA = -0,0041 DAS ² + 1,1887DAS - 26,906	R ² = 0,9964	145	59,253
	AF			(cm ²)
D ₁	AF = -2,0549 DAS ² + 426,35DAS - 10530	R ² = 0,9987	104	11584,740
D ₂	AF = -1,4484 DAS ² + 316,5DAS - 7660,2	R ² = 0,9905	109	9629,956
	NF			(umid)
D ₁	NF = -0,0137 DAS ² + 3,3395DAS - 76,327	R ² = 0,9879	122	132,0834
D ₂	NF = -0,0099 DAS ² + 2,4729 DAS - 52,81	R ² = 0,9764	125	101,6151
	IAF			(cm ² .cm ⁻²)
D ₁	IAF = -0,0002DAS ² + 0,0426DAS - 1,053	R ² = 0,9987	107	1,215
D ₂	IAF = -0,0003DAS ² + 0,0633DAS - 1,532	R ² = 0,9905	106	1,807
	RAF			(cm ² .g ⁻¹)
D ₁	RAF = -0,0245 DAS ² + 4,5142DAS - 29,948	R ² = 0,9147	92	177,991
D ₂	RAF = -0,0259 DAS ² + 4,8284DAS - 28,236	R ² = 0,9258	93	196,797

Nas Tabelas 4.04 e 4.05 pode ser observado o resumo da ANAVA para alguns índices de crescimento avaliados no cultivo da fava Boca-de-moça, aos 75 DAS e 147 DAS, respectivamente. Apesar de se observar que aos 75 DAS houve incremento das médias para os índices de crescimento analisados, em função das lâminas de irrigação (33,93 % em FSPA, 50,88 % em AF, 24,58 % em NF, 39,06 % em IAF e 13,75 % em RAF), não houve efeito significativo da irrigação. Poucas comparações desses resultados podem ser realizadas com outras pesquisas desenvolvidas com essa espécie, devido à carência de trabalhos na literatura. Os resultados, contudo, não estariam de acordo com os obtidos por Sirait *et al.* (1994) que encontraram significância, ao nível de 1% e 5% para os índices primários de crescimento em relação ao regime de irrigação testado; entretanto, a variedade de fava utilizada por aqueles autores era de ciclo determinado, curto, e porte pequeno, a considerar pela biomassa máxima obtida aos 69 dias (16,3 g/planta). Os regimes de irrigação utilizados nesse trabalho foram: irrigação total (em todo o ciclo da cultura), irrigação parcial (do semeio até o florescimento) e cultivo em sequeiro.

Analisando resultados obtidos com feijão comum, diversos autores também encontraram significância dos tratamentos de irrigação (ou nível de umidade no solo) sobre os índices de crescimento, tais como Frizzzone (1986), Garrido (1998), Gomes *et al.* (2000), Nóbrega *et al.* (2001) e Costa *et al.* (1991). Esses resultados também são contrários aos obtidos para a mesma cultura no segundo experimento desse trabalho, durante a primeira avaliação de crescimento (floração), quando houve efeito significativo da lâmina de irrigação e da interação Variedade x Irrigação. Contudo, como nesse experimento havia uma variedade de crescimento determinado e porte baixo (fava “De coca”), entre as variedades estudadas, é possível que essa significância tenha sido provocada pela diferença desse genótipo em relação aos outros (Boca-de-moça e Feijão). Além do mais, a fava tem uma grande facilidade em se adaptar às diversas condições locais, como a restrição hídrica, por exemplo, como mencionado por Azevedo *et al.* (2003) e por Vieira (1992). É prática comum entre os produtores, o cultivo dessa leguminosa aproveitando o tutoramento do resto de cultivo do milho, sem irrigação, devido a sua baixa exigência em água. Em observações visuais realizadas durante o desenvolvimento do projeto não foram notadas grandes diferenças de porte das plantas em relação aos tratamentos, a não ser com a lâmina L₈, onde foi observado acréscimo no volume de material vegetativo, comprovado pelos dados da tabela mencionada.

Como já ocorrera aos 75 DAS, a lâmina de irrigação não foi considerada significativa pelo teste F aos 147 DAS. Apesar disso, foi observado um aumento no valor da FSPA (40,01 %), na AF (32,55 %), no NF (21,86 %), no IAF (49,17 %) e diminuição na RAF (-8,97 %), entre o tratamento com a menor lâmina de irrigação e aquele com a maior lâmina.

O fator densidade de plantio foi considerado significativo, na avaliação realizada aos 75 DAS, para FSPA ($p < 0,05$ %), NF ($P < 0,05$ %) e IAF ($p < 0,01$ %) pelo teste F, e não significativo para as demais variáveis. A FSPA foi aumentada em 30,26 %, o número de folhas em 22,92 % enquanto que o índice de área foliar foi diminuído em quase 40 %, com a diminuição da densidade. O IAF menor para o tratamento D_1 está relacionado ao fato de que enquanto o valor da AF, numerador da relação que define o IAF, aumentou em 20,53 % de D_2 para D_1 , o denominador dessa relação (definido pelo espaçamento 1,0 m x 1,0 m e 1,0 m x 0,5 m) aumentou em 100 %. Da mesma forma, como o aumento no valor da FSPA foi bem superior ao ocorrido para a AF, conseqüentemente, a RAF foi aumentada quando a densidade de plantio passou de D_1 para D_2 .

Os valores das médias de FSPA, AF e NF por planta, aos 75 DAS, foram maiores para a densidade D_1 do que para D_2 , possivelmente devido a menor competição por água, luz e nutrientes, entre as plantas. Contudo, para toda uma parcela, considerando-as de um mesmo tamanho, os valores desses índices de crescimento seriam maiores para o cultivo em menor espaçamento (D_2) devido ao maior número de plantas na parcela. Ou seja, se produziria mais matéria seca por planta, na densidade D_1 , e mais matéria seca por m^2 na densidade D_2 . Estes resultados estariam de acordo com as observações relatadas por Sirait *et al.* (1994), em trabalho com fava, em Delaware–EUA.

Aos 147 DAS, a densidade de plantio só foi significativa a 5 % de probabilidade, para o IAF. Certamente, com o crescimento da cultura e fechamento das plantas nas linhas devido a grande massa verde formada nos dois tratamentos, passou a haver uma certa igualdade na competição pela luz entre as diversas parcelas, mais os valores obtidos para FSPA, AF e NF. Embora esses valores não tenham sido significativos, estatisticamente, pelo teste F, para as variáveis anteriormente citadas, as médias observadas para a densidade D_1 foram mais elevadas; para IAF e RAF, as médias de D_1 foram inferiores às obtidas para D_2 . Esses resultados já eram esperados uma vez que os denominadores das razões que definem esses índices aumentaram,

proporcionalmente, mais do que os numeradores.

Não foram observados efeitos significativos para a interação entre irrigação e densidade, em nenhuma das avaliações realizadas, sugerindo serem independentes os fatores. No caso em que a densidade afetou significativamente uma variável, esse efeito não dependeu da irrigação. Semelhantemente, Sirait *et al.* (1994), em estudo com fava, não encontraram efeito significativo para as interações entre irrigação e os espaçamentos estudados. Da mesma forma, Cardoso *et al.* (1977) concluíram que o crescimento e o desenvolvimento de feijão caupi, porte enramador ou de moita, independe do número de plantas por hectare. Por outro lado, Arf *et al.* (1996) observaram que o aumento do número de plantas na linha propicia uma diminuição na produção de matéria seca por planta, em feijão comum, porém essa produção é compensada pelo aumento na densidade de semeadura.

Tabela 4.04. Resumo de ANAVA para FSPA, AF, NF, IAF e RAF realizada aos 75 DAS em cultivo de fava sob quatro lâminas de irrigação e duas densidades de plantio. Sapé-PB, 2005.

F.V.	FSPA (g)	NF	AF (cm ²)	IAF	RAF (cm ² .g ⁻¹)
Quadrado médio					
Lâmina	261,5605 ns	1061,3646 ns	23807838,3260 ns	0,4166 ns	2157,2144 ns
Densidade	1232,3006 *	2945,2813*	23586717,4986 ns	3,5365 **	2368,1822 ns
Lam x Dens	282,5805 ns	1336,7812 ns	11996049,3898 ns	0,1805 ns	1326,5712 ns
Bloco	1924,7828 **	4812,1146 **	100460476,6157 **	2,0946 **	1633,4784 ns
QM resíduo	251,9977	542,2574	10632702,16357	2,0946	761,2055
Médias observadas para o efeito isolado de lâmina					
Irrigação					
L2	39,7990	81,2500	7388,5140	1,1137	185,2595
L4	46,2879	87,0000	8215,5432	1,1750	176,1455
L6	49,4846	105,5000	10141,6614	1,5250	205,5922
L8	53,3041	101,3750	11147,4981	1,5487	210,7376
Médias observadas para o efeito isolado de densidade					
Densidade					
D1	53,4245 a	103,3750 a	10081,8407 a	1,0082 b	185,8311 a
D2	41,0133 b	84,1875 b	8364,7677 a	1,6731 a	203,0365 a
DMS	11,6716	17,1214	2397,5051	0,2823	20,2857

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo Teste de Tukey.
ns não significativo.Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4.05. Resumo da ANAVA para FSPA, AF, NF, IAF e RAF realizada aos 147 DAS em variedade de fava submetida a quatro lâminas de irrigação e duas densidades de plantio. Sapé-PB, 2005.

F.V.	FSPA (g)	NF	AF (cm ²)	IAF	RAF (cm ² .g ⁻¹)
Quadrado médio					
Lâmina	911,2362 ns	921,0312 ns	15347035,2149 ns	0,6284 ns	297,1390 ns
Densidade	732,2677 ns	3423,7812 ns	51944,9300 ns	1,4166 *	2366,0492 ns
Lam x Dens	280,3956 ns	370,3646 ns	5033570,7351 ns	0,0991 ns	142,0992 ns
Bloco	5772,4066 **	11232,2812 *	108013928,9040 **	2,4722 **	1964,3894 ns
QM resíduo	410,9183	2308,7336	10119401,8596	0,2301	944,7822
Médias observadas para o efeito isolado de lâmina					
Irrigação					
L2	57,9724	102,8750	7410,7842	1,1684	125,5150
L4	62,0985	110,3750	6867,4801	1,1342	112,3235
L6	60,2080	102,1250	6996,5984	1,2999	121,0015
L8	81,1700	125,2500	9822,6780	1,7429	114,2556
Médias observadas para o efeito isolado de densidade					
Densidade					
D1	70,1459 a	120,5000 a	7814,6751 a	1,1260 b	109,6751a
D2	60,5786 a	99,8125 a	7734,0952 a	1,5467 a	126,8727a
DMS	14,9044	35,32845	2338,9187	0,3527	22,5997

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo Teste de Tukey. * significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. ns não significativo. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.4.2.2. Taxa de Crescimento Absoluto e Taxa de Crescimento Relativo da Cultura em Fitomassa Seca da Parte Aérea (TCA_{FSPA} e TCR_{FSPA}).

Nas Figuras 4.04 e 4.05 estão os gráficos de TCA_{FSPA} para três períodos de observação, em número de dias após o semeio (DAS), para o cultivo de fava em função dos tratamentos de irrigação e das densidades de cultivo, respectivamente. Nos dois casos, os valores das taxas de crescimento absoluto são mais elevados no período de 30 a 75 DAS (período vegetativo), refletindo a elevada velocidade de crescimento verificada para a FSPA nessa fase. Nos dois períodos subsequentes, 75 a 114 DAS (do início do florescimento até a fase de produção) e de 114 a 147 DAS (da fase de produção até a colheita), os valores das taxas de crescimento absoluto decrescem. Essa diminuição em TCA_{FSPA} ocorre devido à redução do crescimento das plantas logo após o início da fase de florescimento, quando os drenos de fotoassimilados passam a ser, preferencialmente, as estruturas reprodutivas (flores e vagens). Na fase vegetativa, a necessidade de formação de uma boa superfície foliar para captação e fixação de radiação solar, leva as plantas a drenar a maior parte de fotoassimilados para ramos e folhas, resultando em TCA mais elevadas.

De acordo com Benincasa (2003) todo crescimento resultará da produção de material suficiente para atender às necessidades metabólicas do material já existente e ainda armazenar e/ou construir novo material estrutural. A TCA pode ser usada para se ter idéia da velocidade média de crescimento ao longo do período de observação. Para Bergamaschi *et al.* (1988) reduções na TCA em feijoeiro podem ser atribuídas a diversos mecanismos de respostas diretas e indiretas, como menor disponibilidade de água e diminuição na interceptação e fixação da energia luminosa, devido ao autosombreamento, menor absorção de nutrientes e alterações no mecanismo hormonal.

Na fase vegetativa, os valores das TCA_{FSPA} são maiores para as maiores lâminas de irrigação. Apesar de não ter sido significativo o efeito Irrigação sobre a FSPA na avaliação realizada aos 75 DAS (Tabela 4.04), esses dados refletem, de certa forma, a importância da água na fase de crescimento das plantas, devido a sua participação na condução de nutrientes, no desenvolvimento de diversos processos fisiológicos e na divisão e expansão das células.

As taxas de crescimento mais elevadas relativa ao tratamento L_8 , na fase de produção é um indicativo de que, as plantas submetidas a esse tratamento continuaram a crescer em termos vegetativos, mais do que os demais tratamentos, possivelmente,

impulsionado por um maior fluxo de água e nutrientes para as plantas.

Quanto ao fator densidade, a taxa de crescimento da cultura foi mais elevada nas parcelas submetidas à menores densidades (D_1), tanto no período vegetativo (30 a 75 DAS) quanto na fase de produção (75 a 114 DAS). Esse resultado é decorrente da menor competição por água e nutrientes observadas nos tratamentos com menor densidade de plantio até a fase de produção. Os valores abaixo de zero, observados no período final, podem ter sido causados pela abscisão foliar.

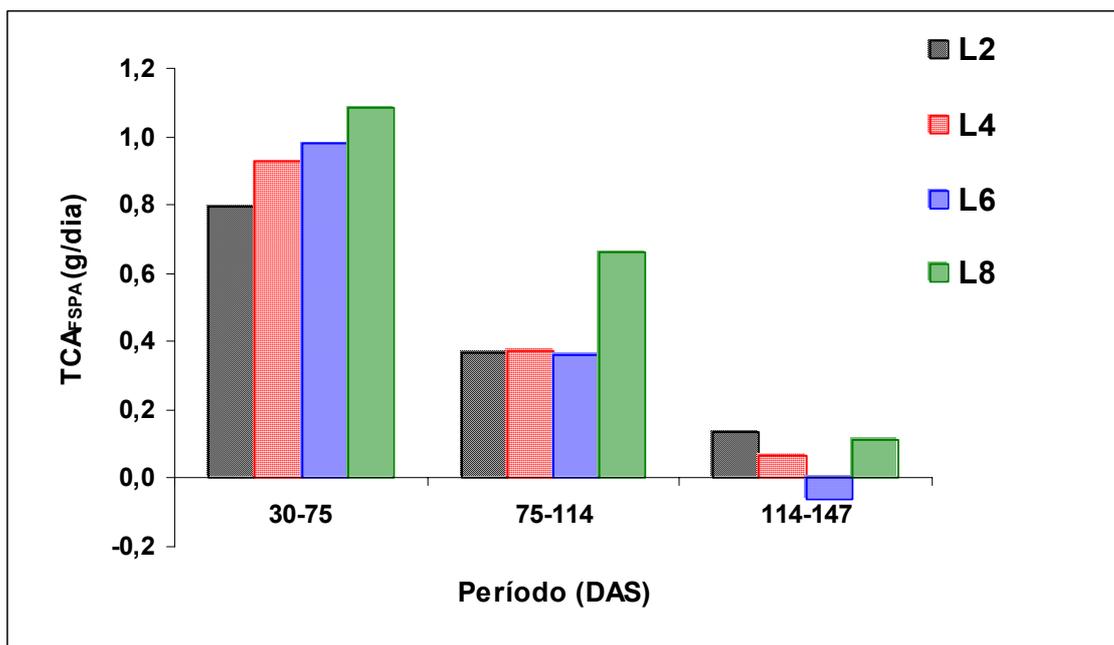


Figura 4.04. Taxa de crescimento absoluto da cultura de feijão em relação a FSPA (TCA_{FSPA}), submetida a quatro lâminas de irrigação.

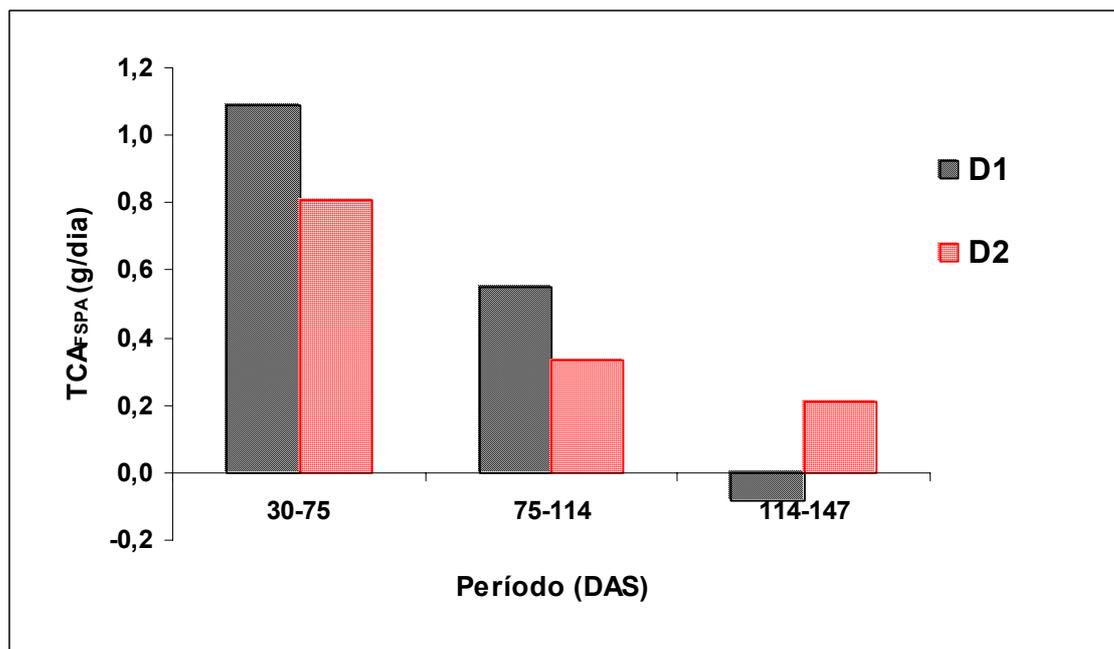


Figura 4.05. Taxa de crescimento absoluto da cultura de fava em relação a FSPA (TCA_{FSPA}), submetida duas densidade de plantio.

Nas Figuras 4.06 e 4.07 se encontram os gráficos das taxas de crescimento relativo em fitomassa seca da parte aérea (TCR_{FSPA}), para as fontes Irrigação e Densidade de plantio, respectivamente. Na fase vegetativa (30 a 75 DAS) os valores da TCR_{FSPA} são bem mais elevados do que nos períodos subsequentes, quando as plantas passam a ter taxas de TCR_{FSPA} bem inferiores. Esse comportamento foi verificado em relação às duas fontes de variação: Irrigação e Densidade. É uma resposta natural e coerente com os resultados obtidos para a variável FSPA nas duas avaliações realizadas. Segundo Benincasa (2003) a TCR reflete o crescimento de uma estrutura vegetal, ou toda a biomassa, em função do tamanho alcançado no período anterior. Possivelmente, os valores elevados observados no período compreendido entre 30 e 75 DAS (fase vegetativa da planta) é resultado da aceleração do crescimento da planta até entrar na fase reprodutiva; o aumento de biomassa possibilita a produção cada vez maior de fotoassimilados, resultando em aumentos maiores de fitomassa da parte aérea e, conseqüentemente, em maiores valores de TCR_{FSPA} . Como ao entrar na fase produtiva a planta reduz drasticamente o seu crescimento vegetativo, são reduzidas as TCR_{FSPA} ; valores negativos podem ser verificados na fase final, caso ocorra perda de material vegetativo, como parte das folhas, devido à abscisão foliar natural verificada nessa espécie. A diminuição da TCR a partir da fase de florescimento da planta pode ser

explicada pela elevação da atividade respiratória e pelo autosombreamento das plantas (Urchei *et al.*, 2000). Além disso, o direcionamento de fotoassimilados para as partes reprodutivas, além da abscisão foliar, contribuiu para a diminuição das taxas de crescimento das plantas nessa fase final.

As maiores médias das TCR_{FSPA} foram verificadas para o tratamento de irrigação L₈, e para o tratamento D₂, possivelmente, por possibilitarem maior assimilação de água e nutrientes necessários à produção de material para o crescimento do vegetal. Observa-se (Figuras 4.06 e 4.07) que as diferenças obtidas entre os diversos tratamentos da fonte de variação Irrigação foram relativamente pequenas, mantendo uma certa coerência com a falta de efeito significativo observada para a FSPA. Para a fonte Densidade, a maior diferença do valor da TCR_{FSPA} entre D₁ e D₂, na fase vegetativa, reflete o efeito significativo dessa fonte de variação sobre a FSPA na avaliação de florescimento (Tabela 4.04); a proximidade dos valores de TCR_{FSPA} para as densidades D₁ e D₂ representa a não significância da Densidade sobre a média de FSPA na avaliação realizada aos 147 DAS.

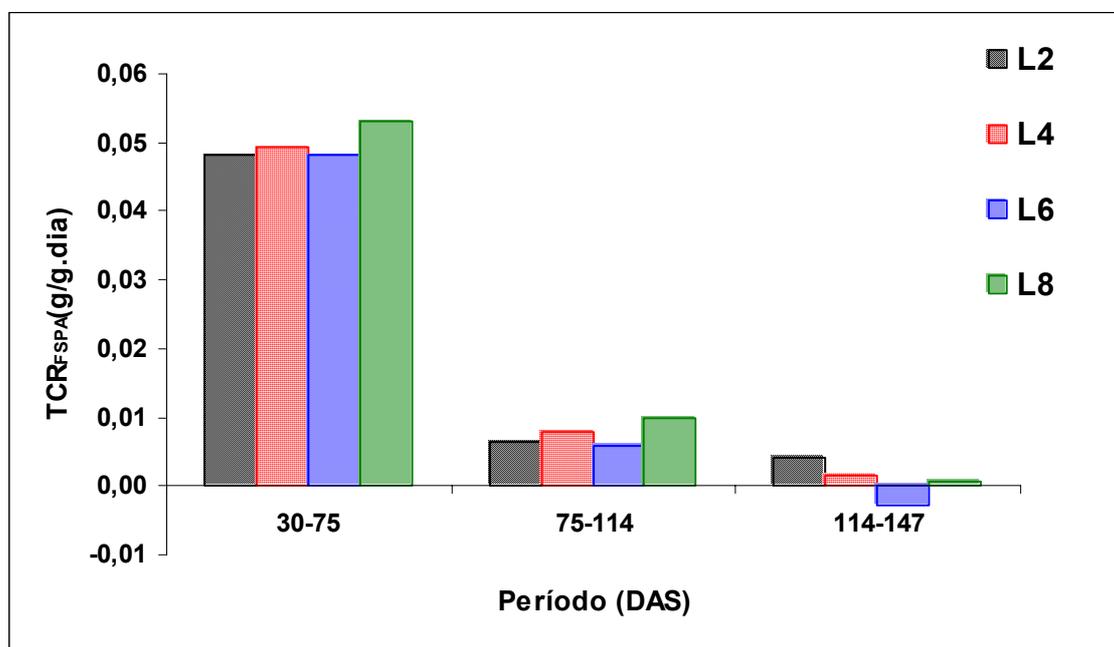


Figura 4.06. Taxa de crescimento relativo da cultura de feva em relação a FSPA (TCR_{FSPA}), submetida a quatro lâminas de irrigação.

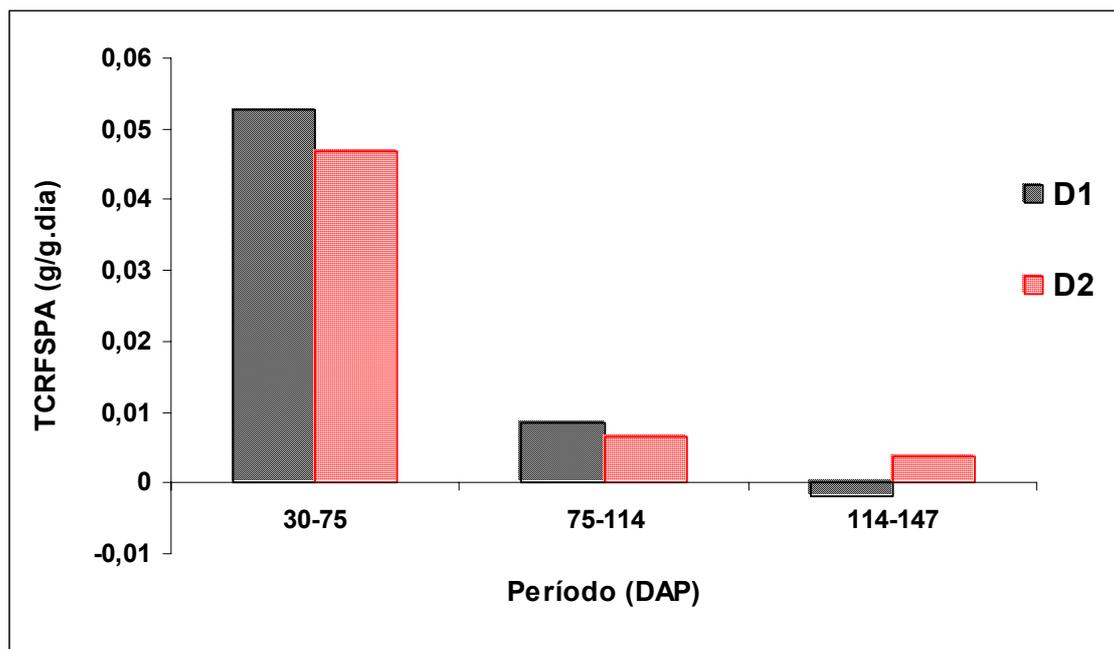


Figura 4.07. Taxa de crescimento relativo da cultura de fava em relação a FSPA (TCR_{FSPA}), submetida duas densidade de plantio.

4.4.3. Componentes da Produção

A lâmina total de água aportada ao solo por irrigação mais chuva, durante o ciclo da cultura foi de 261,8 mm (para lâmina L_2), 511,8 mm (para lâmina L_4) 761,8 mm (para lâmina L_6) e 1011,8 mm (para lâmina L_8).

Um resumo da análise de variância para os índices de produção da fava pode ser observado na Tabela 4.06 O número de vagens por planta (NVP) foi influenciado significativamente pela irrigação e pelos tratamentos de densidade; não houve efeito significativo para a interação Irrigação x Densidade.

O incremento em termos de NVP promovido pela lâmina de irrigação entre a menor e a maior média foi superior a 77,05 %. Esse incremento, em função das lâminas de irrigação aplicadas, foi linear e significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, cujo gráfico e a referida função podem ser observados através da Figura 4.08. Pela função de regressão, conclui-se que o incremento no número de vagens por planta, para cada aumento de 10 mm de lâmina de água, foi de 0,392 vagens. Esse valor foi muito parecido com o verificado no 2º experimento (0,387 vagens). Em trabalho com feijão, Gomes *et al.* (2000) não observaram diferença significativa para o número de vagem por planta entre o tratamento irrigado e o tratamento em sequeiro. Ao contrário, Sirait *et al.* (1994) verificaram diferença significativa ($p < 0,01$) na produção de vagens verdes e

vagens secas de fava, devido ao volume de água aplicada às culturas. No mesmo trabalho, aqueles autores não observaram efeito significativo da interação espaçamento entre linhas x espaçamento entre plantas e da interação entre espaçamento entre linhas x espaçamento entre plantas x irrigação, para o NVP. Foram observados efeitos significativos para o espaçamento entre linhas isoladamente e para a interação espaçamento entre linhas x irrigação. Tais resultados só estariam de acordo com os valores aqui apresentados para a interação Irrigação x Densidade (não significativo), uma vez que para o fator Densidade isoladamente a diferença entre as médias do NVP foi considerada significativa.

A média de NVP para o tratamento D_1 (71,02 vagens/planta) superou à média de D_2 (44,86 vagens/planta) em 58,31%. Possivelmente, isso se deu pelo maior espaçamento ter possibilitado uma menor competição por água, luz e nutrientes, entre as plantas.

Comparando-se as médias do NVP obtidas neste experimento com os valores registrados por esta mesma variedade no primeiro experimento (35,62 vagens/planta), cultivada no espaçamento semelhante ao tratamento D_2 , observa-se um incremento da ordem de 25,9 %, enquanto que para as quatro lâminas aplicadas o aumento foi 15,68%, 61,17 %, 69,07% e 104,81%, para lâminas totais aplicadas de 343,2 mm (L_2), 633,2 mm (L_4), 923,2 mm (L_6) e 1213,2 mm (L_8), respectivamente. Possivelmente, a causa para o aumento no NVP está relacionada às condições climáticas observadas durante este ensaio, tais como suprimento de água diário e temperaturas médias entre 26 °C e 28 °C, reconhecidamente adequadas ao desenvolvimento de cultivos de uma maneira geral.

Considerando a média obtida para essa variedade no segundo experimento (19,10 vagens/planta), os valores obtidos neste experimento foram superiores, em todos os tratamentos testados. Em relação à densidade D_2 , semelhante a do primeiro experimento, essa diferença foi da ordem de 134,88 %, a mais. Possivelmente, isso se deu devido ao excesso de chuva ocorrida naquele experimento, prejudicando a produção final de vagens por planta.

Não houve variação significativa para o número de sementes por vagem (NSV) em relação aos tratamentos aplicados, bem com, para a interação dos fatores. O valor médio do NSV obtido para essa variedade no primeiro experimento foi superior ao experimento atual, principalmente para as menores lâminas aplicadas. As diferenças, a menor, em relação ao primeiro ensaio foram de 16,81 %, 37,86 %, 16,61 % e 7,46 %, para as lâminas L_2 , L_4 , L_6 e L_8 , respectivamente, enquanto que com relação ao

tratamento densidade, a média do NSV no primeiro ensaio foi 7,46 % superior ao ensaio atual, para a densidade D_2 , e 16,81 % em relação à densidade D_1 . De uma maneira geral, o NSV para essa variedade, nos três experimentos, não teve muita variação, sendo de 3,0 sementes/vagem no experimento I, entre 2,7 e 3,0 sementes/vagem no experimento II e entre 2,7 e 2,9 sementes/vagem no experimento III. Apenas o tratamento D_1 , no experimento III teve uma média mais reduzida, 2,1 sementes/vagem, aparentemente sem uma explicação agrônômica. O número médio de sementes por vagem esteve em conformidade com Zimmermann e Teixeira (1996) e Vieira (1992), que relataram um número de sementes por vagem entre 2 e 4, para essa leguminosa.

Semelhante ao item anterior, não houve efeito significativo do tratamento irrigação e da interação irrigação x densidade sobre o peso médio de 100 sementes. Houve, contudo, efeito significativo do fator densidade de plantio, isoladamente. Com relação a esse tratamento, o peso médio de 100 sementes foi maior no tratamento equivalente à densidade D_1 (41,11 g) do que no tratamento D_2 (38,33 g), o que, possivelmente, poderia estar relacionado com a maior competição entre plantas no tratamento D_2 . Comparando-se o valor de PS_{100} com o obtido no primeiro ensaio para essa variedade (37,39 g), observa-se não ter havido muita diferença com os valores observados neste experimento. Os valores do peso de 100 sementes para as lâminas de irrigação L_2 , L_4 , L_6 e L_8 foram, respectivamente, 37,8796 g, 40,9002 g, 39,8378 g e 40,2712 g. A média da variedade Boca-de-moça observada para o peso médio de 100 sementes no segundo experimento foi de 49,17 g, superior aos valores deste ensaio. É possível que, como a média do NVP nesse experimento foi inferior a média deste experimento, tenha havido um maior fluxo de fotoassimilados direcionados para as vagens, aumentando o tamanho das sementes no segundo experimento. Os resultados obtidos ficaram muito próximos do valor médio observado por Santos *et al.* (2002), que foi de 40,0 g.

Na Tabela 4.07 encontra-se a classificação do tamanho médio dos grãos em função do PS_{100} . Praticamente, em todos os tratamentos os grãos foram classificados como de tamanho médio, semelhante à classificação verificada para essa variedade no primeiro ensaio e em acordo com a classificação apresentada por Santos *et al.* (2002).

Quanto ao peso relativo da semente (PRS), houve efeito significativo para a fonte lâmina de irrigação, isoladamente, não sendo verificada significância estatística para a interação Irrigação x Densidade, nem para o tratamento densidade isoladamente (Tabela 4.06). O efeito das lâminas de irrigação aplicadas possibilitou uma elevação da

ordem de 16,59 % sobre o PRS entre as lâminas L₂ (PRS = 55,00 %) e L₈ (PRS = 64,12 %). Esse componente tem uma importância bastante significativa, pois é um referencial da quantidade de massa em grãos, massa útil, estaria presente na massa total da vagem. No primeiro ensaio, as sementes dessa mesma variedade representaram, em média, 62,76 % do peso total da vagem. Esse valor foi superior em 12,36 %, 7,78 % e 6,78 % ao obtido, respectivamente para as lâminas L₂, L₄ e L₆, e inferior em -2,18 % quando comparado com a média para L₈. Com relação ao tratamento densidade de plantio, o valor médio do PRS no primeiro experimento ficou entre 6,5 % e 5,7% superior a este experimento, representando, portanto uma diferença muito pequena. Apenas em relação ao tratamento L₂, isoladamente, essa diferença passou de 12 %, certamente pela restrição de água que possa ter ocorrido na fase de enchimento dos grãos; não foram encontrados trabalhos na literatura para comparações mais aprofundadas em relação a essa variável.

O efeito da lâmina de irrigação sobre o PRS resultou em uma regressão linear crescente significativa, cujo gráfico pode ser visualizado através da Figura 4.09. A regressão foi considerada significativa, ao nível de 1% de probabilidade, com ajuste (R^2) em torno de 90 %. As médias de PRS obtidas no segundo experimento foram superiores às obtidas neste trabalho, o que de certa forma já seria esperado, uma vez que as médias de peso médio de 100 sementes também já haviam sido superiores. A variação unitária verificada neste experimento para essa variável seria de 0,112 % para cada 10 mm de incremento de água fornecida à cultura.

Houve efeito da irrigação sobre a produtividade de fava, expressa em g.m^{-2} . Não houve efeito significativo da Densidade de plantio nem da interação Irrigação x Densidade para essa variável de produção. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Sirait *et al.* (1994), que também não obtiveram efeito significativo para produção de grãos secos de fava, em relação às densidades de plantio e sua interação com a irrigação, mas teve significância, para o regime de irrigação isoladamente. Cultivando feijão comum em Lavras-MG, Garrido (1998) também encontrou efeito significativo de quatro lâminas de irrigação sobre o rendimento em grãos, concordando com os resultados de Azevedo (1984) para o estudo do efeito de lâminas de água e doses de nitrogênio em Piracicaba-SP e com Carvalho (1992), também com lâminas de água e adubação nitrogenada.

Considerando a produção média (g.m^{-2}) para a lâmina L₂, o aumento em relação às lâminas subseqüentes foi de 51,56 % para L₄, 80,84 % para L₆ e de 133,68 % para L₈. A produção registrada por essa variedade no primeiro experimento (159,81 g.m^{-2}),

superou apenas a produção verificada para a lâmina L_2 , possivelmente, mais deficiente em termos de volume de água para as plantas. Certamente a dotação de água em condições satisfatórias, e com regularidade diária, deve ter proporcionado os aumentos de produtividade promovidos pelas maiores lâminas de irrigação. A média de produção dessa variedade observada no experimento II foi de $151,67 \text{ g.m}^{-2}$, superior apenas a média de L_2 neste experimento e semelhante a obtida na primeira pesquisa. Nesse ensaio, chuvas excessivas no período de frutificação podem ter contribuído para redução de produção nessa variedade.

O estudo de regressão do efeito significativo da irrigação sobre a produtividade, resultou em regressão linear crescente significativa, cujo gráfico pode ser observado na Figura 4.10. Pela equação de regressão, conclui-se que a produtividade média cresce em torno de $1,85 \text{ g.m}^{-2}$ para cada incremento de 10 mm de água, inferior ao verificado no primeiro experimento, que foi de $3,27 \text{ g.m}^{-2}$.

Plantada no espaçamento de 1m x 1m (D_1), a produção média (g.m^{-2}) foi inferior a obtida para o espaçamento de 1,0 m x 0,5 m (D_2), apesar de não serem estatisticamente diferentes. Apesar da menor densidade (D_1) ter promovido uma média no NVP superior a maior densidade (D_2), quando se extrapola a produção por unidade de área (g.m^{-2}) a média de D_2 supera a de D_1 devido ao maior número de plantas concentrada por m^2 ; tem-se 2 covas por m^2 (4 plantas) na densidade D_2 e 1 cova por m^2 em D_1 (2 plantas). Projetos envolvendo densidade de plantio e adubações diferenciadas poderiam ser desenvolvidos com objetivo de se obter informações mais aprofundadas nesse sentido.

Poucos estudos envolvendo cultivo de fava e irrigação foram encontrados na literatura. Além do mais, como a fava apresenta uma grande diversidade de variedades, com grãos de tamanhos diversos, comparações de produção com outros estudos seriam mais confiáveis quando se tratasse de mesma variedade. Extrapolando-se a produção média em g.m^{-2} para produção em kg.ha^{-1} , para efeito de comparações com produtividades obtidas em outros trabalhos, os valores médios seriam de $1078,88 \text{ kg.ha}^{-1}$ (L_2), $1635,10 \text{ kg.ha}^{-1}$ (L_4), $1950,98 \text{ kg.ha}^{-1}$ (L_6), $2520,95 \text{ kg.ha}^{-1}$ (L_8), $1931,13 \text{ kg.ha}^{-1}$ (D_1) e de $1661,80$ (D_2). Santos *et al.* (2002) obtiveram para essa mesma variedade, consorciada com o milho, uma produtividade bem inferior (687 kg.ha^{-1}) às obtidas neste trabalho, para todas as lâminas de irrigação e densidades de plantio. Isso sugere que, a competição por água, luz e nutrientes com a cultura do milho, ou a falta de irrigação regular, tenham favorecido a diminuição da produtividade da fava.

Tabela 4.06. Resumo da ANAVA para o número de vagens por cova (NVP), peso médio de 100 sementes (PS₁₀₀), número de sementes por vagem (NSV), peso relativo da semente (PRS) e produção média (PM), para fava Boca-de-moça cultivada sob quatro lâminas de irrigação e duas densidades de plantio.

F.V	NVP	PS ₁₀₀ (g)	NSV	PRS (%)	PM (g.m ⁻²)
Quadrado médio					
Lâmina	1361,9225 **	13,5937 ns	0,5351 ns	116,5833 *	29061,2717 *
Reg. Pol. Linear	72,9450 **	14,9445 ns	1,3229 ns	313,6000 **	86201,9402 **
Reg. Pol. Duad.	24,0991 ns	13,3866 ns	0,1870 ns	15,1250 ns	3,7538 ns
Reg. Pol. Cúbica	217,2259 ns	12,4499 ns	0,0954 ns	21,0250 ns	978,1210 ns
Densidade	5475,5496 **	61,9126 *	0,0452 ns	2,0000 ns	5802,8764 ns
Lam x Dens	131,7817 ns	0,8235 ns	0,1762 ns	3,2500 ns	1973,8657 ns
Bloco	2587,5986 **	34,1619 ns	1,5565 ns	99,5833 ns	69162,6458 **
Resíduo	234,1768	13,6486	0,2279	36,9167	4281,2883
Médias observadas					
Lâminas					
L ₂	41,2037	37,8796	2,6839	55,0000	107,8825
L ₄	57,4037	40,9002	2,2741	57,8750	163,5100
L ₆	60,2162	39,8378	2,6884	58,5000	195,0975
L ₈	72,9450	40,2712	2,9175	64,1250	252,0950
Médias observadas					
Densidade					
D ₁	71,0231 a	41,1132 b	2,1790 a	59,1250 a	166,1800 a
D ₂	44,8612 b	38,3312 a	2,6839 a	58,6250 a	193,1125 a
DMS	11,2515	2,71633	0,7020	4,4673	48,1088

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

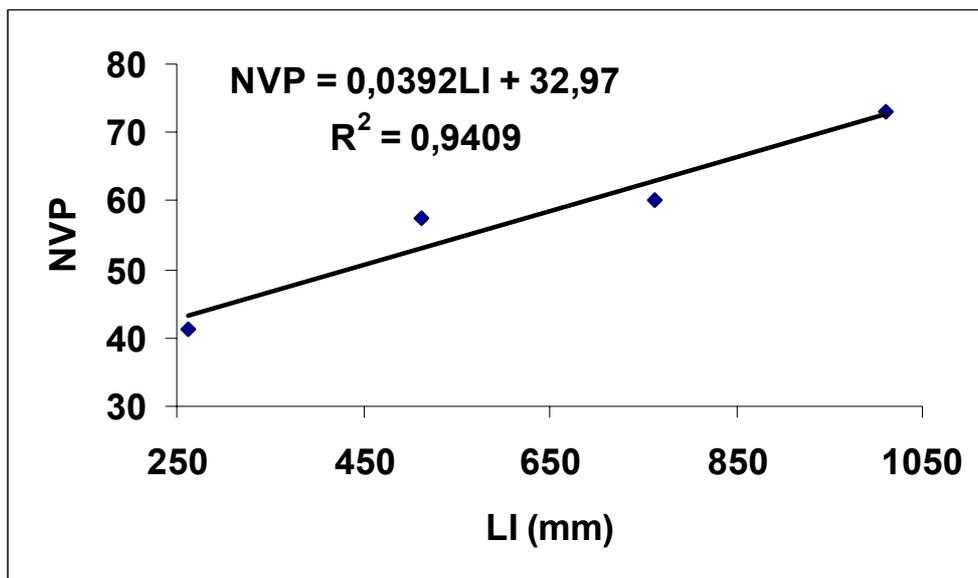


Figura 4.08. Regressão linear significativa para o Número de Vagem por planta (NVP) em cultivo de fava sob quatro lâminas de irrigação (LI).

Tabela 4.07. Classificação do tamanho do grão de fava Boca-de-moça cultivada sob quatro lâminas de irrigação e duas densidades de plantio. Sapé-PB, 2005.

Tratamentos	Médias observadas	Classificação
Irrigação		
L ₂	37,879612	Média
L ₄	40,900213	Normal
L ₆	39,837763	Média
L ₈	40,271225	Média
Densidade		
D ₁	38,331244	Média
D ₂	41,113163	Normal

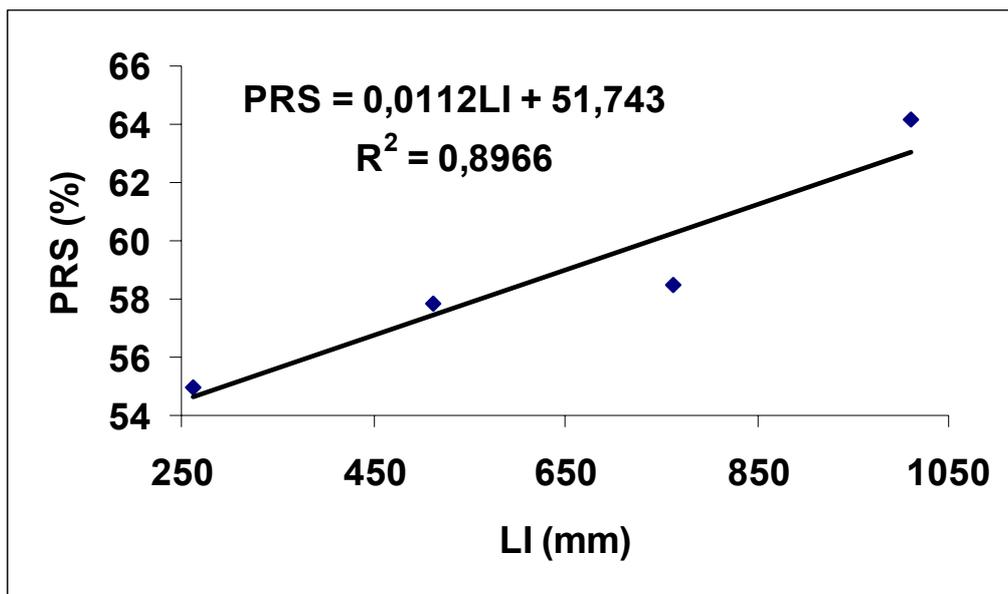


Figura 4.09. Regressão linear significativa para o Peso Relativo da Semente (PRS) em cultivo de feva sob quatro lâminas de irrigação (LI).

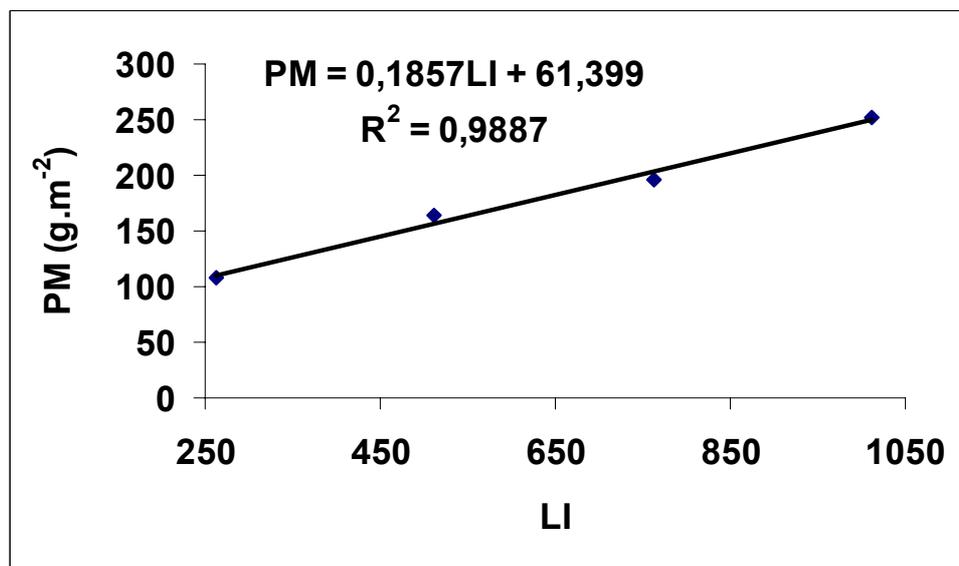


Figura 4.10. Regressão linear significativa para a Produtividade Média (PM) em cultivo de feva sob quatro Lâminas de Irrigação (LI).

4.5. CONCLUSÕES

- 4.5.1. A densidade de plantio afeta significativamente as variáveis primárias de crescimento, FSPA, NF e AF, até a fase de florescimento, mas não tem efeito significativo na fase de produção;
- 4.5.2. A taxa de crescimento da cultura em fitomassa seca da parte aérea tem um crescimento acelerado até a fase de florescimento, decrescendo até a fase de produção;
- 4.5.3. O aumento na lâmina de irrigação propicia maior evolução da TCA_{FSPA} . Da mesma forma, a menor densidade de plantio resulta em maiores TCA_{FSPA} ;
- 4.5.4. A lâmina de irrigação afeta significativamente o número de vagem por planta, o peso relativo das sementes e a produção média, não afetando o peso de 100 sementes nem o número de sementes por vagem;
- 4.5.5. Há efeito significativo da densidade de plantio sobre o número de vagens por planta e o peso médio de 100 sementes, não sendo significativo sobre o número de sementes por vagem, peso relativo das sementes e produção média;
- 4.5.6. O número de vagens por planta, aumenta na ordem de 0,392 vagens por planta para cada incremento de 10 mm de água fornecida. Para o peso relativo da semente esse incremento é da ordem de 0,112 % para cada 10 mm de água e para a produção média de 1,85 g.m⁻²;
- 4.5.7. O número médio de vagens por planta produzido no período primavera-verão supera o cultivo no período outono-inverno, independente da lâmina de irrigação ou densidade de plantio empregada, em mais de 130 %;
- 4.5.8. As lâminas de irrigação são responsáveis por incrementos de 133,68 % na produtividade média de sementes.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDAR, H.; SILVA, S. C. da; KLUTHCOUSKI, J. THUNG, M.; **Sistema de produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais: época de Plantio.** Goiânia: EMBRAPA, 2003. Disponível em <<http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/>>. Consulta em Janeiro de 2005. (Circular técnica, 50).
- ANDREWS, D. J.; HARDWICK, R. C. The effects of temperature and other variables on the contribution of lateral branches to yield in *Phaseolus vulgaris* L. **Annals Botany**, London, v. 48, p. 15-23, 1981.
- ARAÚJO, M. T.; BEZERRA, V. L. N.; CRUZ, J. L. Competição entre cultivares de fava (*Phaseolus lunatus* L.) em solo de cerrado. **Revista de Olericultura**, Campinas, v. 15, p. 153-156, 1975.
- ARF, O.; SÁ, M. E. de.; OKITA, C. S.; TIBA, M. A.; GUERREIRO NETO, G.; OGASSAWARA, F. Y. Efeito de diferentes espaçamentos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.31, n.9, p.629-634, 1996.
- AZEVEDO, J. N. de; FRANCO, L. J. D.; ARAÚJO, R. O. de C.; **Composição química de sete variedades de feijão-fava.** Piauí: EMBRAPA/CNPMN, 2003. 4p. (Comunicado técnico, 152)
- AZEVEDO, H. J. **Efeito de diferentes lâminas de água e doses de adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).** Piracicaba: ESALQ, 1984. 85p. (Dissertação de mestrado).
- BASCUR, G.; Oliva, M.A.; Laing, D. Termometria infrarroja em seleccion de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a sequia. II. Crecimiento y productividad. **Turrialba**, São José, v.35, p.49-53, 1985.
- BAUDOIN, J. P. Genetic resources, domestication and evolution of lima bean, *Phaseolus lunatus*. In: GEPTS, P. **Genetic resources of phaseolus bean**, Holland, Kluwer Academic Publishers, p. 393 – 407, 1988.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas.** Jaboticabal: FUNESP, 2003. 41p.
- BERGAMASCHI, H.; VIEIRA, H.J.; OMETTO, J.C.; ANGELOCCI, L.R.; LIBARDI, P.L. Deficiência hídrica em feijoeiro. I. Análise de crescimento e fenologia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.23, n.7, p.733-743, 1988.
- BJORKMAN, O.; DEMMIG, B. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll florescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. **Plant Physiology**, New York, v.170, p.487-504, 1987..

- BJÖRKMAN, O.; POWLES, S.B. Inhibition of photosynthetic reactions under water stress: interaction with light level. **Plant Physiology**, New York, v.161, p.490-504, 1984.
- BOLHAR-NORDENKAMPF, H.R.; LONG, S.P.; BAKER, N.R.; ÖQUIST, G.; SCHREIBER, U.; LECHNER, G. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. **Functional Ecology**, New York, v.3, p. 497-514, 1989.
- BOYER, J.S. Plant productivity and environment. **Science**, Washington, DC, v.218, p.444-448, 1982.
- BRESSANI, R.; ELIAS, L.G. Nutritional value of legume crops for humans and animals. In: SUMMERFIELD, R.J.; BUNTING, A. H. (Ed). **Advances in legume science**, Kew, Royal Botanic Gardens, p.135-155, 1980.
- BRIGGS, G. E.; KIDD, F.; WEST, C. A quantitative analysis of plants growth. **Applied Biology**, Cambridge, V.7 p.103-123,1920..
- CALBO, A. G.; SILVA, W. L. C.; TORRES, A. C. Comparação de modelos e estratégias para análise de crescimento. **Revista Brasileira Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.1, n.1, p.1-7, 1989.
- CAMPOSTRINI, E. **Fluorescência da clorofila a: considerações teóricas e aplicações práticas**. Rio de Janeiro: UENF/CCTA, 2002. 33p.
- CARDOSO, M. J.; MELO, F. de B.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. Densidade de plantas de caupi em regime irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.32, n.4, p.399-405, 1997.
- CARVALHO, A. M. de. **Efeitos de diferentes lâminas de água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura, via fertirrigação, no rendimento de grãos da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cv. Carioca**. Lavras: ESAL, 1992. 94p. (Dissertação de mestrado).
- CHEL-GUERRERO, L., PÉREZ-FLORES, V., BETANCUR-ANCONA, D., e DÁVILA-ORTIZ, G. Functional properties of flours and protein concentrates from *Phaseolus lunatus* and *Canavalia ensiformis* Seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, Califórnia, v.50 n.3, 2002. 578–583.
- CIAT. **Diversidad genética de las especies cultivadas del género *phaseolus***. Cali, 1980, 52p
- CIAT. **Condiciones de campo para realizar las evaluaciones del germosplasma de frijos**. Cali, 1976. 11 P.
- COSTA, R.C.L.; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A. Crescimento, morfologia, partição de assimilados e produção de matéria seca em *Phaseolus vulgaris* L. submetido a três níveis de nitrogênio e dois regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.26, n.9, p.1453-1465, 1991.

- DA MATTA, F. M. **Emissão da fluorescência pela clorofila a**. UFV/DBV. Disponível em <www.ufv.br> Consultado em 15 de março de 2002).
- DEBOUCK, Dona HIDALGO, R. Morfologia de la planta de frijol común. In: LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, F.; SCHOONHOVEN, A. VAN (eds). **Frijol: investigación y producción**. Cali: CIAT, p. 7-41, 1985.
- DIDONET, A. D. **Caracterização das respostas da cultivar de feijoeiro comum brs valente ao choque térmico com altas temperaturas**. Goiana: EMBRAPA, CNPAF, 2002. 4p. Disponível em <<http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/>>. (Comunicado Técnico, 40).
- DNMET. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, DF, 1992.
- DOMÍNGUEZ, R.; JACOBO, J.; ALEMÁN, R. **El uso Del frijol reina o chilipuca (*Phaseolus lunatus* L.) em la región occidental de Honduras**. Tegucigalpa: Notícias sobre cultivo de cobertura, 2002. 8p. (Boletín, 13)
- EMEPA. Disponível em <<http://www.emepa.org.br/eeabacaxi.php>>. Pesquisa em 19 de abril de 2005.
- EPRON, D.; DRYER, E. Stomatal and non stomatal limitation of photosynthesis by leaf water deficits in three oak species: a comparison of gas exchange and chlorophyll a fluorescence data. **Annales des Sciences Forestières**, Courtaboeuf, v.47, 1990. 435-450.
- FARAH, S.M. An examination of the effects of water stress on leaf growth of crops of field beans (*Vicia faba* L.). 1. Crop growth and yield. In: **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, Grã-Bretanha, v.96, n.2., p.327-336, 1981.
- FAVARIN, J. L.; DOURADO NETO, D.; GARCIA, A. G. y.; VILA NOVA, N. A.; FAVARIN, M da G. G. V. Equações para estimativa do índice de área foliar em cafeeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 6, p.769-733, 2002.
- FELIPE, M. de P. **Efeito de diferentes lâminas de água e épocas de parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Lavras: ESAL, 1991. 105p. (Dissertação de mestrado)
- FERNADES, P.D. **Análise de crescimento e desenvolvimento vegetal**. Campina Grande: UFPB - DEAG, 2002. 52p.
- FERNÁNDEZ, C.J.; MCINNES, K.J.; COTHREN, J.T. Water status and leaf area production in water - and nitrogen-stressed cotton. **Crop Science**, Madison, v.36, p.1224-1233, 1996.
- FICHER, V. J.; WEAVER, C. K. Flowering, pod set, and pod retention of lima bean in response to night temperature, humidity, and soil moisture. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, n.99, p. 448-450, 1974.

- FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de Olericultura, cultura e comercialização de hortaliças. 2. ed.** São Paulo: Ceres, 1981, 336p.
- FRAZÃO, J. E. M. **Nutrição mineral e caracterização de variedades de fava utilizadas na agricultura familiar do agreste paraibano.** Areia: UFPB, 2004. 127 p. (Dissertação de Mestrado)
- FRIZZONE, J. A. **Funções de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso de nitrogênio e lâminas de irrigação.** Piracicaba: ESALQ, 1986. 133p. (Tese de doutorado)
- GARRIDO, M. A. T. **Respostas do feijoeiro às lâminas de água e adubação nitrogenada.** Lavras, UFLA, 1998. 205 p. (Tese de doutorado).
- GOMES, A. A.; ARAÚJO, A. P.; ROSSIELO, R. O. P.; PIMENTEL, C. Acumulação de biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.35, n.10, p.1927-1937, 2000.
- GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca - II. **Produtividade e componentes agronômicos.** **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.31, n.7, p.481-488, 1996.
- HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. **Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature.** Chicago, Journal American Society for Agricultural Engennering Meeting (Paper. 85-2517), 1985.
- HARDING, J.; TUCKER, C. L. BARNES, K. **Journal of the American society of Horticultural Science**, Alexandria, n. 106, p. 69-72 1981.
- HARTMANN, R. W. **Journal of the American society of Horticultural Science** Alexandria, n. 94. p437-40, 1969.
- HECKATHORN, S.A.; DELUCIA, E.H.; ZIELINSKI, R.E. The contribution of drought-related decreases in foliar nitrogen concentration to decreases in photosynthetic capacity during and after drought in prairie grasses. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v.101, p.173-182, 1997.
- IBGE. Bancos de dados agregados. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em agosto de 2005.
- IPGRI. **Descritores para *Phaseolus lunatus* (Feijão-espadinho).** International Plant Genetic Resources Institute-IPGRI. Tradução e adaptação de SANTOS. E.; BETTENCOURT, E. Oeiras-Portugal: INIA, 2001, 51p.
- KRAUSE, G.H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, , Palo Alto, v.42, p.313-349, 1991.

- KEE, E.; GLANCEY, J.L.; WOOTTEN, T.L. The lima bean: a vegetable crop for processing. **HortTechnology**, Alexandria, v.7, p. 119-128, 1997.
- KUENEMAN, E. A.; WALLACE, D.H.; LUDFORD, P. M. Photosynthetic measurements of field-grown dry beans and their relation to selection for field. In: **American Society for Horticultural Science Journal** Alexandria, v.104, p.480-482, 1979.
- KVET, J.; ONDOK, J.P.; NECAS, J.; JARVIS, P.G. Methods of growth analysis. In: SESTÁK, Z.; CATSKÝ, J.; JARVIS, P.G. (Eds.). **Plant photosynthetic production: manual of methods**. Hague, W. Junk, p.343-391, 1971.
- LEONG, W. **Canopy modification and its effects on the growth and yield of *Hevea brasiliensis* Muell. Arg.** Ghent: Faculty of Agriculture sciences of Ghent, 1980. 253p. (Thesis, Ph. D.)
- LIU, C.H. e DICKMANN, D.I. Responses of two hybrid clones to flooding, drought, and nitrogen availability. II. Gas exchange and water relations. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.71, p.927-938, 1993.
- LUDLOW, M.M.; MUCHOW, R.C. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. **Advances and Agronomy**, San Diego, California, v.43, p.107-153, 1990.
- LYMAN, J. M.; BAUDOIN, J. P.; HIDALGO, R. Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) In Summerfield, R. J.; ROBERTS, H. **Grain legume crops**. London, Collins, p. 477-519, 1985.
- LYMMAN, J. M. Adaptation studies on lima bean accessions in Colombia. **Journal of the American**. Alexandria, v. 108, n.3, p. 369-373, 1983.
- MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI, M. G. (Coord). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU/EDUSP, p. 331-350, 1979.
- MATEO BOX, J.M. **Leguminosas de grano**. Barcelona: Salvat, 1961. 500p.
- MELO, L. J. V. de; FERNANDES, P. D. Fluorescência da clorofila “a” em quatro cultivares de fava (*Phaseolus lunatus* L.) cultivadas com diferentes lâminas de irrigação. In: **XIV Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Anais...** Porto Alegre: FUNARB/ABID, 2004. CD-RON
- MONTEITH, J.L. Climate and the efficiency of crop production in Britain. In: **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**. London, v.281, n.3, p.277-294, 1977.
- MOREIRA, J.A.A. **Efeitos da tensão água do solo e do parcelamento da adubação nitrogenada, sobre o crescimento e produtividade do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Botucatu: UNESP, 1993. 100p. (Tese de Doutorado)

- MOSS, D.N. Studies on increasing photosynthesis in crop plants. In: Burris, R.H. e BLACK, C.C. eds. **CO₂ and plant productivity**. Baltimore, University Park Press, p. 31- 41, 1975.
- MOTA, F. S. da. **Meteorologia agrícola**. São Paulo: Nobel, 1987. 376 p.
- NOBREGA, J. Q.; RAO, T. V. R.; BELTRÃO, N. E. DE M.; FIDELES FILHO, J. Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia e Ambiental**, Campina Grande, UFPB, v.5, n.3, p. 437-443, 2001.
- OLIVEIRA, F.A. de; SILVA, J.J.S. e. Evapotranspiração, índice de área foliar e desenvolvimento radicular do feijão irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.25, n.3, p.317-322, 1990.
- OSPINA, O.H.F. **Morfologia de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)** ed. 2. Cali: CIAT, 1981, 50 p.
- PÁEZ, A.; GONZÁLES, M.E.; YRAUSQUÍN, O.X. Water stress and clipping management effects on guinea grass: I. Growth and biomass allocation. **Agronomy Journal**. Madison, v.87, p.698-706, 1995.
- PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais. 114**. Campinas: IAC, 1987. 33p. (Boletim Técnico).
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p.
- PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coordenadores). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, p. 101-137, 1996.
- PORTES, T. de A.; MAGALHÃES, A.C.N. Análise comparativa de diferentes genótipos de feijão através da medição da fluorescência da Clorofila a e do balanço de O₂. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.5 n.1, p.17-23, 1993.
- PUERTA ROMERO, J. **Variedades de judias cultivadas em Espana**. Madrid: Ministério da Agricultura , 1961. 798 p. (Monografias, 11)
- RACHIE, K.O.; SONG, L.; LYMAN, J. Lima bean (*phaseolus lunatus*) and its potential in the tropics. IN SUMMERFIELD, R.J.; HUNTIND, A.H. **Advances in legum science**. England, Univ. Reading, p. 375-381, 1980.
- RADFORD, P. J. Growth analysis formulae – their use an abuse. **Crop Science**. Madison, v.7, p.175-171, 1967.
- RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. 6ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2001. 928p.

- REDDEN, R. **The new rural industries**. A handbook for farmers and investors: Lima beans. Disponível em <<http://www.rirdc.gov.au/pub/handbook/limabeans.html/>> . Acesso em janeiro, 1999.
- RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; LHAMBY, J. C. B.; BERTAGNOLLI, P. F.; LUZ, J. S. da. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 3, p.431-437, 2001.
- SANTOS, D; CORLETT, F. M. F.; MENDES, J. E. M. F.; WANDERLEY JÚNIOR, J. S. A. Produtividade e morfologia de vagens e sementes de variedades de fava no Estado da Paraíba. In **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.37, n.10, p.1407-1412, 2002.
- SANTOS, R. Z. dos; ANDRÉ, R. G. B. Consumo da água nos diferentes estádios de crescimento da cultura do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.27, n.4, p.543-548, 1992.
- SILVA, F. de A. S. e. e AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.1, p71-78, 2002.
- SILVA, S. DA; SOARES, A. M.; OLIVEIRA, L. E. M. DE; MAGALHÃES, P. C. Respostas fisiológicas de gramíneas promissoras para revegetação ciliar de reservatórios hidrelétricos, submetidas à deficiência hídrica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, UFLA, v.25, n.1, p.124-133, 2001.
- SIRAIT, Y.; PILL, W. G.; KEE JR, W. E. Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) response to irrigation regime and plant population density. **HortScience**, Alexandria, v.29. n.2, p.71-73, 1994.
- 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, DF, v.29, n.6, P.939-954, 1994.
- 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, DF, v.29, n.6, p.939-954, 1994.
- STONE, L.F.; PORTES, T. de A.; MOREIRA, J.A.A. Efeitos da tensão da água do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro. II. Crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.23, n.5, p.503-510, 1988.
- SUBBARAO, G.V.; JOHANSEN, A.C.; SLINKARD, R.C.; RAO, N.; SAXENA, N.P.; CHAUHAN, Y.S. Strategies for improving drought resistance in grain legumes. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v.14, p.469-523, 1995

- SULLIVAN, G. H. e DAVENPORT, L. R. In: J. Janick e J. E. Simon eds. **Dry edible beans: a new crop opportunity for the east north central region**. New York, Wiley, p. 585-588, 1993.
- SUMMERFIELD, R. J.; ROBERTS, E.H. In HALEVY, A. H., **A handbook of flowering**. Flórida, CRC Prees, 1985.
- TAIZ, L.I.; ZEIGER, E. **Plant physiology** – 2 ed. Sunderland: Sinaner Associates, 2003. 792 p
- 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.
- VIEIRA, C. **Cultura do feijão**. Viçosa: UFV, 1978. 146p
- VIEIRA, R.F. Comportamento de espécies de *Phaseolus* e *Vigna* na região de Goiana.. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1984. 4p. (Pesquisa em andamento, 49)
- VIEIRA, R.F. A cultura da fava. In: VIEIRA, C. Leguminosas de grãos: importância econômica na agricultura e na alimentação humana. **Informe Agropecuário**., Belo Horizonte, EPAMIG, v. 16, n. 174, p. 5-11, 1992.
- VIEIRA, R.F.; VIEIRA, C. Comportamento de feijões dos gêneros *Vigna* e *Phaseolus* no consórcio com milho, plantado simultaneamente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.31, n.11, p.781-787, 1996.
- VIEIRA, R.F.; VIEIRA, C.; ANDRADE, G.A. de. Comparações agronômicas de feijões dos gêneros *Vigna* e *Phaseolus* com o feijão comum (*Phaseolus Vulgaris* L.). **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v.27, n.6, p.841-850, 1992.
- VIEIRA, R.F.; FARIA, M.N. de; RAMOS, J.A. de; RAMOS, J.A. de O.; VIEIRA, C.; DONZELES, S. M. L.; FREITAS, R.T.F. de. Seed germination of six grain legumes during storage at room conditions in Viçosa, Minas Gerais State, Brasil. **Seed Science & Thecnology**, Norith, v.26, p. 489-499, 1998.
- VILHORDO, B.W.; MIKUSINSKI, O.M.F.; BURIN, M.E.; GANDOLFI, V.H. Morfologia. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coordenadores). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba, Potafós, p.57-70, 1996.
- VILHORDO, B.W.; MÜLLER, L. **Correlação entre caracterização botânica e classificação comercial em cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Porto Alegre: IPAGRO, 1981. 62p. (Boletim Técnico, 8)
- VILHORDO, B.W.; MÜLLER, L.; EWALD, L. F.; LEÃO, M.L. Hábito de crescimento em feijão *Phaseolus vulgaris* L. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.16, n.1, p. 79-98, 1980.

- WATSON, D. J. The physiological basis of variation in yield. In: **Advances in agronomy**, v.4. San Diego, Califórnia, p.101-144, 1952.
- WATSON, D.J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, London, v.11, n.41, p.41-76, 1947.
- WHALE, d. m.; HEILMEIER, H.; MILBRODT, H. The application of growth analysis to structure experimental designs and a new procedure for estimating unit leaf rate and its variance. **Annals of Botany**, London, v.56, p.631-650, 1985.
- YUYAMA, K. Comportamento de dez cultivares de feijão lima (*Phaseolus lunatos* L.) introduzidas do IITA em terra firme de Manaus-AM. **Acta Amazônica**, Manaus, v.12, n.3, p515-520, 1992
- ZIMMERMANN, M.J. de O.; TEIXEIRA, M.G. Origem e evolução. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba, Potafós, p. 57-70, 1996.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)