

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE CULTIVARES DE FEIJÃO [*Phaseolus vulgaris*  
L. E *Vigna unguiculata* (L.) Walph.] SUBMETIDAS À DEFICIÊNCIA HIDRICA:  
UMA ALTERNATIVA PARA A AGRICULTURA FAMILIAR DO SEMI-ÁRIDO  
SERGIPANO**

**Autora: Aline Alves Ferreira Lima**

**Orientador: Dr. Carlos Dias da Silva Júnior**

Fevereiro – 2008  
São Cristóvão – Sergipe  
Brasil

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE CULTIVARES DE FEIJÃO [*Phaseolus vulgaris*  
L. E *Vigna unguiculata* (L.) Walph.] SUBMETIDAS À DEFICIÊNCIA HIDRICA:  
UMA ALTERNATIVA PARA A AGRICULTURA FAMILIAR DO SEMI-ÁRIDO  
SERGIPANO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Núcleo de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

**Autora: Aline Alves Ferreira Lima**

**Orientador: Dr. Carlos Dias da Silva Júnior**

Fevereiro – 2008  
São Cristóvão – Sergipe  
Brasil

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

L732r Lima, Aline Alves Ferreira  
Respostas fisiológicas de cultivares de feijão [*Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* (L.) Walph.] submetidas à deficiência hídrica : uma alternativa para a agricultura familiar do semi-árido sergipano / Aline Alves Ferreira Lima. – São Cristóvão, 2008.  
xvi, 112 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)  
– Núcleo de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, 2008.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Dias da Silva Júnior.

1. Meio ambiente – Desenvolvimento sustentável. 2. Recursos hídricos. 3. Agricultura familiar — Semi-árido sergipano. 4. Agricultura sustentável - Cultura do feijão – Poço Verde / SE. I. Título.

CDU 504.05:633.33/.35(813.7Poço Verde)

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE CULTIVARES DE FEIJÃO [*Phaseolus vulgaris*  
L. E *Vigna unguiculata* (L.) Walph.] SUBMETIDAS À DEFICIÊNCIA HIDRICA:  
UMA ALTERNATIVA PARA A AGRICULTURA FAMILIAR DO SEMI-ÁRIDO  
SERGIPANO**

Dissertação de Mestrado defendida por Aline Alves Ferreira Lima e aprovada em 28 de Fevereiro de 2008 pela banca examinadora constituída pelos doutores:

---

Prof. Dr. Carlos Dias da Silva Júnior – Orientador  
Universidade Federal de Sergipe (PRODEMA – UFS)

---

Profª. Dra. Marlúcia Cruz de Santana  
Universidade Federal de Sergipe (PRODEMA – UFS)

---

Prof. Dr. Magdi Ahmed Ibrahim Aloufa  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA – UFRN)

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

---

Prof. Dr. Carlos Dias da Silva Júnior – Orientador  
Universidade Federal de Sergipe (PRODEMA – UFS)

É concedida ao Núcleo responsável pelo Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe permissão para disponibilizar, reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias.

---

ALINE ALVES FERREIRA LIMA  
Universidade Federal de Sergipe

---

Prof. Dr. CARLOS DIAS DA SILVA JÚNIOR  
Universidade Federal de Sergipe – PRODEMA

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho à minha avó Maria (in memoriam), aos meus amigos e a todos aqueles que sempre torceram pelo meu sucesso.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço antes de tudo a Deus, essa força inexplicável, tão distante e ao mesmo tempo tão íntima, que dá suporte à minha vida.

À minha mãe Sandra, meu exemplo de garra, perseverança e superação de quaisquer obstáculos. Ao meu irmão Fernando, pela paciência nos momentos de estresse. Ao meu padrasto Adinaldo, pelo esforço para me ver sempre feliz.

Às minhas amigas de longa data, Cíntia, Viviane e Vânia, que amadureceram junto comigo e com as quais dividi experiências incríveis.

Aos amigos Juliana, Kelly, Joyce e Wirlan, parceiros e confidentes nos momentos de descontração e de angústia. O que seria de mim nesse mestrado sem as nossas terapias musicais e gritantes. Compartilhamos muito mais do que dificuldades acadêmicas, compartilhamos experiências de vida...

Ao meu namorado Pablo e sua família, pelas pessoas maravilhosas que são, e pela compreensão nos momentos de ausência.

A todos os colegas de mestrado, pessoas íntegras e de boa fé. Nós não fomos elogiados à toa, competência e união são as nossas marcas, seremos sempre “A TURMA”.

A todas as secretárias do PRODEMA e em especial à Najó, que não é “Glória” por acaso e sim por propriedade. Você não precisa de títulos, pois é doutora em sabedoria e amizade.

Às estudantes Emiliana e Ariane, pelo auxílio na realização das análises experimentais.

Ao técnico agrícola Luís Alberto Souza, pelo auxílio durante todo o trabalho de campo em Poço Verde;

Ao professor Celso Morato, pelo apoio nas análises estatísticas e pelo exemplo de competência e humanidade.

Ao professor Dr. Carlos Dias da Silva Júnior, pela confiança depositada em mim e pelo exemplo de ética e decência profissional que marcaram a minha vida.

Ao DAAD, pela concessão da bolsa de estudos.

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para esta conquista.

## RESUMO

O trabalho teve como objetivo analisar respostas fisiológicas de cultivares de feijão comum e caupi submetidas à deficiência hídrica, com o intuito de indicar aquela com maiores possibilidades de adaptação para o plantio na região semi-árida do estado de Sergipe. O estudo foi dividido em duas etapas. A primeira consistiu na realização de um breve diagnóstico acerca da produção de feijão no município de Poço Verde – SE, maior produtor da leguminosa no Estado, no qual foram verificadas as principais características e dificuldades do cultivo. O diagnóstico foi realizado através de visitas locais e entrevistas direcionadas aos produtores de feijão do município. A segunda etapa foi centrada em análises ecofisiológicas, bioquímicas e fenológicas realizadas com cultivares das espécies *Vigna unguiculata* (L.) Walph. ('Marataoã' e 'Gurguéia') e *Phaseolus vulgaris* L. ('Radiante'), comparando o comportamento de plantas irrigadas e não irrigadas. As análises ecofisiológicas foram realizadas na casa de vegetação do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Sergipe (UFS), onde foram mensurados o potencial hídrico foliar, o teor relativo de água, a condutância estomática, a taxa transpiratória e a fotossíntese líquida. As análises bioquímicas, realizadas no Laboratório de Botânica Aplicada da UFS, abrangeram dosagens dos teores de prolina, clorofila, açúcares e proteínas solúveis. As análises fenológicas mediram número e peso de sementes, comprimento e quantidade de vagens viáveis e número de sementes por vagem. Os resultados experimentais foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. O resultado das entrevistas revelou que a produção de feijão no município de Poço Verde é calcada nos preceitos da agricultura familiar. As tradições culturais têm papel importante na definição das atividades agrícolas, refletindo-se na escolha do tipo de feijão a ser plantado. As características edafoclimáticas e a falta de incentivos técnicos e financeiros correspondem aos principais entraves enfrentados pelos agricultores do município. Apesar das dificuldades enfrentadas, os produtores não cogitaram o interesse em abandonar a atividade agrícola, demonstrando possibilidade de abertura para o plantio de novas variedades de feijão resistentes à seca. As análises ecofisiológicas não revelaram grandes discrepâncias intercultivares nas plantas submetidas à deficiência hídrica. Houve melhor desempenho das cultivares de feijão caupi nas eficiências de transpiração e do uso da água. Sob aspecto bioquímico, foi evidenciada a ocorrência de ajustamento osmótico em todas as cultivares porém, com diferentes intensidades. O ajustamento osmótico é considerado uma característica de resistência à seca e nesse experimento está associado com ausência de alterações nos teores de proteínas e clorofila. O potencial reprodutivo não foi afetado pela deficiência hídrica em todas as cultivares. A análise geral revelou pontos de superioridade das cultivares de feijão-caupi em relação ao feijão comum mas, dentro da espécie *P.vulgaris*, a cultivar Radiante apresentou resultados positivos. Sob o ponto de vista de aptidão na resistência à seca, as cultivares Marataoã e Gurguéia seriam as melhores opções, entretanto não se pode desconsiderar a importância do componente cultural explícito no resultado das entrevistas realizadas em Poço Verde. Sob esse viés, a cultivar Radiante poderia ser uma opção viável para o cultivo na região.

**Palavras – chave:** Deficiência hídrica, agricultura familiar, Poço Verde, Sergipe.

## ABSTRACT

The essay had as purpose to analyze physiological responses in common and cowpea bean cultivars submitted to water stress to indicate that one with bigger possibilities of adaptation for the plantation on the arid regions in Sergipe. For this, the study was divided in two stages. The first one consisted in a briefing diagnostic concerning the beans production in Poço Verde city, the major producer of beans in the State, verifying the main characteristics and difficulties of the culture. The diagnosis was carried through local visits and interviews directed to the beans producers of the city. The second stage was centered in ecophysiological, biochemists and phenological analyses carried in *Vigna unguiculata* L. ('Marataoã' and 'Gurguéia') and *Phaseolus vulgaris* L. ('Radiante') cultivars, comparing the behavior of irrigated and not irrigated plants. The ecophysiological analyses had been carried in a greenhouse at the Biology Institute in the Federal University of Sergipe (UFS), evaluating water potential, the relative water content, the stomatal conductance, the transpiration ratio and the photosynthetic ratio. The biochemists analyses, carried in the Botany Applied Laboratory in the UFS, had enclosed dosages of proline, chlorophyll, soluble sugars and proteins contents. The phenological analyses had measured number and weight of seeds, dimension and amount of viable string beans and number of seeds for string bean. The experimental results had been submitted to the analysis of variance and the averages compared for the Tukey test, 5% of significance. The result of the interviews showed that the bean production in Poço Verde city is based in the rules of familiar agriculture. The cultural traditions have important function in the agricultural activities definition, reflecting itself also in the choice of the type of beans to be planted. The climatic characteristics and the lack of technician and financiers incentives correspond to the main impediments faced for the agriculturists of the city. Despite the faced difficulties, the producers do not think about abandoning the agricultural activity, demonstrating possibility for the plantation of new dry resistant varieties of beans. In the scope of the experimental evaluations, the ecophysiological analyses had not showed great discrepancies among the cultivars in the plants submitted to the water stress. The prominences are for account of the best performance of cowpea cultivars in the transpiration and water efficiency use. Under biochemist aspect, the occurrence of osmotic adjustment was evidenced in all cultivate however, with different levels. The osmotic adjustment is considered a dry resistance characteristic and in this experiment it is associated with absence of alterations in proteins and chlorophyll contents. The reproductive potential was not affected by the water stress in all cultivars. The general analysis showed points of superiority in the cowpea cultivars in relation to the common beans, but inside of the *P.vulgaris* L. specie, Radiante cultivar showed positive results. Of this form, under the aspect of aptitude in the dry resistance, the Marataoã and Gurguéia cultivars would be the best option, however not it is possible disrespect the importance of the cultural component in the results of the interviews carried in Poço Verde city. Under this aspect, the cultivar Radiante could be a viable option for the plantation in the region.

**Key – Words:** Water stress, familiar agriculture, Poço Verde, Sergipe.

## SUMÁRIO

<b>NOMENCLATURA</b>	xiii
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	xiv
<b>LISTA DE TABELAS</b>	xvi
<b>INTRODUÇÃO</b>	01
<b>CAPÍTULO 1 – Considerações acerca da agricultura</b>	07
1.1.Agricultura convencional e agricultura sustentável	07
1.2.Agroecologia e agricultura sustentável	11
1.3.Agricultura patronal e agricultura familiar	12
1.4.A região semi-árida e as atividades agrícolas no Nordeste brasileiro	17
<b>CAPÍTULO 2 – A cultura do feijão no Brasil</b>	22
2.1.Considerações acerca do feijão caupi	24
2.2.O feijão caupi em Sergipe	26
<b>CAPÍTULO 3 – A fisiologia e relações dos vegetais com o ambiente</b>	29
3.1.Respostas dos vegetais a ambientes com baixa disponibilidade de água	31
3.1.1.Respostas Fisiológicas	32
3.1.2.Respostas Bioquímicas	34
<b>CAPÍTULO 4 – Metodologia</b>	38
4.1.Caracterização da pesquisa	38
4.2.Procedimentos metodológicos	39
5.2.1.Local do experimento e condições de cultivo	39
4.2.2.Desenho Experimental	41
4.2.3.Descrição das Cultivares	41
4.2.4.Avaliações Ecofisiológicas	43
4.2.5.Avaliações Bioquímicas	44
4.2.6.Avaliações Fenológicas	45
4.2.7. Análise Estatística	45
4.2.8.Caracterização da entrevistas	45
4.2.9. Caracterização da área de estudo: O município de Poço Verde – SE	46

<b>CAPITULO 5 – Resultados e discussão</b>	49
Parte 1 – Diagnóstico da produção de feijão no município de Poço Verde – SE	49
5.1 – Caracterização social dos entrevistados e da unidade produtiva	49
5.2 – Aspectos sócio-culturais e econômicos da produção de feijão em Poço Verde	51
Parte 2 – Análise comparativa de cultivares de <i>Vigna unguiculata</i> (L) Walph. e <i>Phaseolus vulgaris</i> L. submetidas à deficiência hídrica	56
5.3.Respostas ecofisiológicas	56
5.3.1.Potencial hídrico foliar	56
5.3.2.Teor relativo de água	59
5.3.3.Condutância estomática	61
5.3.4.Taxa de transpiratória	64
5.3.5.Taxa fotossintética líquida	66
5.3.6.Eficiência instantânea de transpiração	69
5.3.7.Eficiência intrínseca do uso da água	71
5.4.Respostas bioquímicas	74
5.4.1.Teor de prolina	74
5.4.2.Teor de açúcares solúveis	77
5.4.3.Teor de proteínas solúveis	79
5.4.4.Teor de clorofila	81
5.5.Respostas fenológicas	85
5.5.1.Cumprimento médio das vagens	85
5.5.2.Número médio de sementes	87
5.5.3.Número médio de sementes por vagem	88
5.5.4.Porcentagem de vagens viáveis	89
5.5.5.Peso de 10 sementes	90
 <b>CAPÍTULO 6 – Conclusões e sugestões</b>	 93
 <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	 96
 <b>APÊNDICES</b>	 105
Apêndice A – Foto do local de cultivo: casa de vegetação DBI/UFS	106
Apêndice B – Localização do povoado Cacimba Nova no mapa de solos de Poço Verde – SE.	107
Apêndice C – Fotos das cultivares	108
Apêndice D – Roteiro para entrevista direcionado aos agricultores que cultivam feijão no Município de Poço Verde – SE.	110
Apêndice E – Fotos da área rural de Poço Verde – SE	112

## NOMENCLATURA

- A* – Taxa fotossintética líquida
- A/E* – Eficiência instantânea de transpiração
- A/g<sub>s</sub>* – Eficiência intrínseca do uso da água
- ABA – Ácido abscísico
- CGMV – Cowpea golden mosaic virus
- CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco
- CSMV – Cowpea severe mosaic virus
- DEAGRO – Departamento Estadual de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe
- E* – Taxa de transpiração
- EMBRAPA – Empresa brasileira de pesquisa agropecuária
- FAO – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação
- g<sub>s</sub>* – Condutância estomática
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IDH – Índice de Desenvolvimento Humano
- INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
- MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário
- ONG – Organização não governamental
- P5C5 – Pirrolina-5-carboxilato sintetase
- PIB – Produto interno bruto
- RWC* – Teor relativo de água
- RuBP – Ribulose bifosfato
- SEPLANTEC – Secretaria de Estado de Planejamento e da Ciência e Tecnologia
- UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação e a Ciência
- ZCIT – Zona de convergência intertropical
- $\Psi_w$  – Potencial hídrico foliar

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Delimitação da região semi-árida de Sergipe e vértice do polígono das secas cortando o Estado	19
Figura 3.1 – Estresses ambientais em vegetais.	30
Figura 4.1 – Localização do município de Poço Verde no Semi-árido sergipano	46
Figura 5.1 – Distribuição das formas de ocupação da terra entre os produtores de feijão entrevistados no município de Poço Verde – SE, 2008.	50
Figura 5.2 – Distribuição dos agricultores entrevistados no município de Poço Verde de acordo com o tamanho da área de feijão cultivada, 2008.	51
Figura 5.3 – Quantidade de sacas de feijão produzidas anualmente segundo agricultores de Poço Verde – SE, 2008.	53
Figura 5.4 – Potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) em cultivares de <i>V. unguiculata</i> L. (A e B) e <i>P. vulgaris</i> L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1).	58
Figura 5.5 – Teor relativo de água ( $RWC$ ) em cultivares de <i>V. unguiculata</i> L. (A e B) e <i>P. vulgaris</i> L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1).	60
Figura 5.6 – Condutância estomática ( $g_s$ ) em cultivares de <i>V. unguiculata</i> L. (A e B) e <i>P. vulgaris</i> L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1)	63
Figura 5.7 – Taxa de transpiração (E) em cultivares de <i>V. unguiculata</i> L. (A e B) e <i>P. vulgaris</i> L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1).	65
Figura 5.8 – Taxa fotossintética líquida (A) em cultivares de <i>V. unguiculata</i> L. (A e B) e <i>P. vulgaris</i> L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1).	68
Figura 5.9 – Eficiência instantânea de transpiração (A/E) em cultivares de <i>V. unguiculata</i> L. (A e B) e <i>P. vulgaris</i> L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1).	70
Figura 5.10 – Eficiência intrínseca do uso da água (A/ $g_s$ ) em cultivares de <i>V. unguiculata</i> L. (A e B) e <i>P. vulgaris</i> L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1).	73
Figura 5.11 – Teor de prolina em cultivares de <i>V. unguiculata</i> L. (A e B) e <i>P. vulgaris</i> L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1).	76
Figura 5.12 – Teor de açúcares solúveis em cultivares de <i>V. unguiculata</i> L. (A e B) e <i>P. vulgaris</i> L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1).	78

Figura 5.13 – Teor de proteínas solúveis em cultivares de <i>V. unguiculata</i> L. (A e B) e <i>P. vulgaris</i> L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1).	80
Figura 5.14 – Teor de clorofila total em cultivares de <i>V. unguiculata</i> L. (A e B) e <i>P. vulgaris</i> L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1).	82
Figura 5.15 – Teor de clorofila <i>a</i> em cultivares de <i>V. unguiculata</i> L. (A e B) e <i>P. vulgaris</i> L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1).	83
Figura 5.16 – Teor de clorofila <i>b</i> em cultivares de <i>V. unguiculata</i> L. (A e B) e <i>P. vulgaris</i> L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1).	84
Figura 5.17 – Comprimento médio das vagens em cultivares de <i>V. unguiculata</i> L. (Marataoã-MAR e Gurguéia-GUR) e <i>P. vulgaris</i> L. (Radiante-RAD) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1).	86
Figura 5.18 – Número médio de sementes em cultivares de <i>V. unguiculata</i> L. (Marataoã-MAR e Gurguéia-GUR) e <i>P. vulgaris</i> L. (Radiante-RAD) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1).	87
Figura 5.19 – Número médio de sementes por vagem em cultivares de <i>V. unguiculata</i> L. (Marataoã-MAR e Gurguéia-GUR) e <i>P. vulgaris</i> L. (Radiante-RAD) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1).	88
Figura 5.20 – Porcentagem de vagens viáveis em cultivares de <i>V. unguiculata</i> L. (Marataoã-MAR e Gurguéia-GUR) e <i>P. vulgaris</i> L. (Radiante-RAD) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1).	90
Figura 5.21 – Peso de 10 sementes em cultivares de <i>V. unguiculata</i> L. (Marataoã-MAR e Gurguéia-GUR) e <i>P. vulgaris</i> L. (Radiante-RAD) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1).	91
Figura A1 – Disposição das plantas na casa de vegetação. DBI/UFS.	106
Figura B1 – Localização do Povoado Cacimba Nova no mapa de solos de Poço Verde-SE.	107
Figura C1 – Cultivar Marataoã [ <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walph.] sob capacidade de campo (A) e sob restrição hídrica (B).	108
Figura C2 – Cultivar Gurguéia [ <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walph.] sob capacidade de campo (A) e sob restrição hídrica (B).	108
Figura C3 – Cultivar Radiante [ <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walph.] sob capacidade de campo (A) e sob restrição hídrica (B).	109
Figura E1 – Uso de cisternas (A) e açudes (B) como estratégias de convivência com a seca no município de Poço Verde-SE.	112

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1.1 – Participação dos estabelecimentos de menos de 20 ha na produção agrícola de 1985 e 1995/96 no Estado de Sergipe.	15
Tabela 2.1 – Percentual de colheita por safra de feijão comum ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) e de caupi [ <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walph.] no Brasil.	23
Tabela 4.1 – Análise de planossolo coletado no Povoado Cacimba Nova, município de Poço Verde – SE.	40
Tabela 5.1 – Distribuição de entrevistados por local de residência no município de Poço Verde – SE, 2008.	49
Tabela 5.2 – Grupos comerciais de feijão cultivados pelos agricultores do Município de Poço Verde – SE, 2008.	53
Tabela 5.3 – Mecanismos para aumento da produtividade utilizados pelos produtores de feijão em Poço Verde – SE, 2008.	54

## **INTRODUÇÃO**

## Introdução

A necessidade da implementação de ações voltadas para o desenvolvimento sustentável permeia todos os campos produtivos da sociedade capitalista. No que se refere à agricultura, é extremamente importante que tais ações estejam em acordância com as realidades locais. Nesse sentido, as instituições de ensino e pesquisa devem somar esforços para produzir discussões e trabalhos que possam de alguma forma auxiliar na busca de soluções para as problemáticas regionais.

O feijão constitui um dos principais produtos da agricultura familiar sergipana. Assim como ocorre em outros estados do nordeste, a produtividade agrícola é bastante afetada pelas condições naturais inerentes às regiões semi-áridas. Dos 75 municípios sergipanos, 32 fazem parte do polígono das secas, justificando a necessidade de ações que visem minimizar os efeitos das intempéries climáticas sobre a localidade (Pinto, 1998).

O Estado de Sergipe vem enfrentando nos últimos anos quedas sucessivas na produção de feijão. Segundo dados do DEAGRO (2007), o município de Poço Verde, situado na região semi-árida e conhecido por ser o maior produtor de feijão do estado, sofreu perda de aproximadamente 60% da safra 2007 em virtude dos baixos índices pluviométricos. Tal situação tem trazido como conseqüências a diminuição do número de agricultores interessados no cultivo do feijão e o aumento exorbitante no preço do produto no mercado, além do agravamento das questões sociais relacionadas ao histórico flagelo da seca. No ano de 2007, dez municípios decretaram estado de emergência devido à ausência de chuvas, dentre eles o município de Poço Verde. Não bastasse esse cenário local, ainda existe a apreensão em relação aos efeitos incertos que o aquecimento global pode causar a um espaço rural já tão fragilizado.

Diante desse quadro, torna-se imprescindível a tomada de um conjunto de medidas planejadas que possam a médio e longo prazo minimizar as dificuldades sócio-econômicas enfrentadas pelo agricultor familiar do semi-árido sergipano. A gênese de tais medidas deve obrigatoriamente passar pela pesquisa científica, pois é a partir dela que nascem os pilares de projetos governamentais de extensão que tanto podem auxiliar o cotidiano do sertanejo em sua missão de convivência com a seca.

As pesquisas agronômicas têm suas bases na compreensão das respostas dos vegetais ao ambiente. Tais respostas constituem a matéria-prima de um ramo da Botânica chamado Ecofisiologia Vegetal. Através dos estudos ecofisiológicos é possível, por exemplo, avaliar e compreender mecanismos de resistência ou tolerância à seca. A partir da compreensão desses mecanismos pode-se comparar as respostas dos diferentes materiais produzidos através dos programas de melhoramento genético e indicar aquele com maiores possibilidades de sucesso adaptativo e reprodutivo nos mais diversos agroecossistemas.

Este trabalho vale-se da prerrogativa explicitada no parágrafo anterior para, através de um diagnóstico ecofisiológico comparativo entre cultivares de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walph.], tentar contribuir para a minimização da problemática do cultivo da referida leguminosa no espaço sócio-ambiental do semi-árido sergipano. Dentro desse contexto foram estabelecidos os seguintes objetivos:

#### Objetivo geral

- Analisar respostas fisiológicas de cultivares de feijão comum e feijão caupi submetidos à deficiência hídrica, indicando aquela com maiores possibilidades de adaptação para o plantio na região semi-árida do estado de Sergipe.

#### Objetivos específicos

- Traçar o perfil do produtor familiar de feijão no semi-árido sergipano, tomando como referência o município de Poço Verde.
- Identificar fatores sócio-econômicos e culturais que influenciam no predomínio do cultivo de *Phaseolus vulgaris* em detrimento de *Vigna unguiculata* em Sergipe, tomando como referência o município de Poço Verde.
- Comparar as adaptações ecofisiológicas de cultivares de *Vigna unguiculata* (L.) Walph e *Phaseolus vulgaris* L. submetidas à deficiência hídrica;
- Avaliar respostas bioquímicas em função da deficiência hídrica em cultivares de *Vigna unguiculata* (L.) Walph e *Phaseolus vulgaris* L.;

- Mensurar variáveis fenológicas que indiquem possíveis alterações na viabilidade reprodutiva das cultivares analisadas em virtude da deficiência hídrica;

O texto está estruturado em seis capítulos. No primeiro intitulado “Considerações acerca da agricultura” é feito um apanhado histórico acerca das origens da agricultura, passando pelas classificações da agricultura em patronal, familiar, convencional e sustentável, traçando-se um paralelo desta com a Agroecologia. Finalizando o capítulo, é feita uma breve descrição do cenário agrícola no Nordeste brasileiro, com especial atenção ao semi-árido sergipano.

O segundo capítulo “A cultura do feijão no Brasil” fala sobre a importância do cultivo do feijão no país, as características das safras, as espécies mais plantadas e os dados referentes à produção nos estados. Há uma maior atenção nos comentários sobre o feijão caupi devido ao fato de possuir um grande potencial produtivo, mas ser desconhecido em muitas regiões do Brasil.

No terceiro capítulo, “A fisiologia e as relações dos vegetais com o ambiente”, é enfatizada a importância dos estudos fisiológicos para a compreensão das respostas das plantas aos diversos ambientes, respostas essas que envolvem também variáveis bioquímicas que acabam influenciando na adaptabilidade das plantas aos componentes edafoclimáticos dos agroecossistemas.

No quarto capítulo estão descritas todas as etapas metodológicas utilizadas para a realização do trabalho, incluindo a caracterização da pesquisa, o local de experimento e as condições de cultivo das plantas, o desenho experimental, a descrição das cultivares, os aparelhos e protocolos utilizados para a realização das análises fisiológicas e bioquímicas, o viés das observações fenológicas, a descrição da análise estatística, caracterização das entrevistas e da área de estudo.

O quinto capítulo traz a apresentação dos resultados em forma de texto, tabelas e gráficos com respectivas discussões ancoradas em correlações, explicações e exemplificações presentes na literatura científica.

O sexto e último capítulo traz as considerações finais, com conclusões, observações e sugestões acerca dos resultados obtidos.

**CAPÍTULO 1**  
**CONSIDERAÇÕES ACERCA DA AGRICULTURA**

## **1–Considerações acerca da agricultura**

### **1.1 – Agricultura convencional e agricultura sustentável**

A prática do cultivo da terra ou agricultura teve início há aproximadamente dez mil anos quando alguns povos do nordeste da África e do oeste asiático começaram a abandonar progressivamente a caça e a coleta de alimentos, passando a produzir grãos. Na Europa, as primeiras roças surgiram há cerca de 8500 anos na região da atual Grécia, espalhando-se lentamente pelo vale do rio Danúbio até chegar à Inglaterra, há aproximadamente seis mil anos (Ehlers, 1999).

Apesar da experiência milenar, as técnicas eram muito precárias, de modo que a produção de alimentos continuou sendo um desafio. Durante toda a antiguidade, a Idade Média e a Renascença, a fome dizimou milhares de pessoas em todo o mundo. Somente nos séculos XVIII e XIX, com o surgimento da chamada “agricultura moderna”, alguns povos começaram a produzir em larga escala, minimizando a problemática da escassez de alimento. Essa transformação deu-se através da aproximação das atividades agrícola e pecuária em várias regiões da Europa Ocidental, além da adoção de sistemas de rotação de culturas com plantas forrageiras e leguminosas visando recuperação de solos, em período que ficou conhecido como Primeira Revolução Agrícola (Ehlers, 1999).

No final do século XIX e início do século XX, uma série de descobertas científicas e de avanços tecnológicos, exemplificados pelo surgimento dos fertilizantes químicos, de técnicas de melhoramento genético de plantas e do motor à combustão, possibilitaram progressivo abandono dos sistemas rotacionais e o distanciamento entre a produção animal e vegetal, dando início a uma nova fase da agricultura, a Segunda Revolução Agrícola, a qual consolidou o padrão produtivo químico, genético e motomecânico praticado nos últimos sessenta anos. Tal padrão, posteriormente denominado de “agricultura convencional”, intensificou-se após a segunda guerra mundial, culminando após os anos 60 na chamada “Revolução Verde” (Romeiro, 1998).

Nos anos 70 o padrão Revolução Verde espalhou-se por vários países, difundindo os princípios da agricultura convencional. Nessa fase, foi difundido o modelo tecnológico que poderia solucionar o problema da fome nos países da periferia, espalhando por extensas áreas o padrão que já era praticado na Europa e nos EUA. Esse padrão foi responsável pelo grande crescimento da produção de alimentos na década de 80, mas despertou preocupação em virtude dos seus efeitos socioeconômicos e ambientais (Ehlers, 1999). As questões sócio-econômicas referem-se principalmente à concentração fundiária e ao êxodo rural, em especial nos países pobres. Dentre os problemas ambientais destacam-se a destruição das florestas, a erosão e a contaminação dos recursos naturais. Esses fenômenos acabaram se tornando conseqüências inerentes à produção agrícola.

Paralelamente, entretanto, outra revolução se desenvolveu em alguns pontos da Europa e do Japão. Descontentes, com o modelo da agricultura convencional, pequenos grupos de pesquisadores e produtores resistiam ao padrão químico através da valorização da fertilização orgânica do solo e do potencial “biológico” dos processos produtivos. Pelo seu caráter dissidente, esses grupos foram hostilizados pela classe produtiva e a comunidade acadêmica, mantendo-se às margens do setor agrícola mundial. A partir da década de 70, esse processo de contestação do padrão predominante de modernização agrícola ampliou-se, fortalecendo as bases da chamada agricultura alternativa. Com o fortalecimento desse movimento nos anos 80, começou a surgir interesse pelas novas técnicas que utilizavam menos insumos e apresentavam melhores resultados (Ehlers, 1998).

A partir dos anos 80 os impactos da agricultura convencional, assim como das demais atividades de produção, tornaram-se familiares da opinião pública fazendo emergir a seguinte questão: até que ponto os recursos naturais suportariam o ritmo de crescimento imprimido pelo padrão de desenvolvimento capitalista?

Como resposta a essa questão iniciou-se o delineamento para implementação de um novo paradigma: a sustentabilidade. Em 1983, a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento publicou “Nosso futuro comum”, o famoso relatório Brundtland, que ajudou a disseminar o ideal do desenvolvimento sustentável para diferentes setores da sociedade moderna, inclusive para a agricultura. A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, a ECO-92, através das

discussões e da publicação da Agenda 21 reafirmou os ideais de sustentabilidade, propondo como desafio para o setor agrícola a superação dos ideais da agricultura convencional.

A noção de agricultura sustentável pode ser entendida como uma gama de conceitos que polarizam de um lado visões conservadoras, acreditando ser possível atingir uma forma sustentável de produção com pequenas alterações do modelo convencional e de outro, a visão dos radicais que defendem uma transformação econômica, social e ambiental em todo o sistema agroalimentar.

Segundo a FAO (Food and Agriculture Organization) a idéia de agricultura sustentável está associada ao manejo e conservação dos recursos naturais e à orientação de mudanças tecnológicas e institucionais visando assegurar a satisfação de necessidades humanas de forma continuada para as gerações presentes e futuras. Tal padrão trás como pilares a conservação do solo, da água e dos recursos genéticos animais e vegetais como forma de minimizar a degradação do meio ambiente. Além disso, almeja ser tecnicamente apropriado, economicamente viável e socialmente aceitável. (Reydon, 1999).

No Brasil, os impactos da agricultura ocorreram em decorrência do modelo agrícola adotado. Tal modelo é fruto das transformações econômicas, demográficas e sociais ocorridas, visando principalmente o aumento da produtividade agrícola. (Campanhola *et al.*, 1999).

O processo de desenvolvimento da agricultura brasileira repetiu o padrão de modernização convencional, espalhando os principais impactos indesejáveis da moderna agricultura, como a destruição das florestas, a erosão dos solos e a contaminação dos recursos naturais. Apesar do crescente aumento da produtividade das lavouras, promovido pela modernização, o que se viu, além dos impactos ambientais, foi um aumento da concentração da posse de terras e de riquezas e o êxodo rural em direção aos grandes centros. Porém, recentemente o país tem presenciado a participação de várias organizações não governamentais (ONGs) e governamentais (universidades, empresas de pesquisa agropecuária, entre outros) na divulgação de propostas alternativas que alertam para os desequilíbrios provocados pela agricultura moderna (Ehlers, 1998).

No Brasil o termo agricultura sustentável foi definido por Flores *et al.* (1991) como uma resposta aos problemas ambientais decorrentes das chamadas “tecnologias modernas”. A idéia central está no uso de tecnologias adequadas às condições do ambiente regional e local, além da previsão e prevenção dos impactos negativos, sejam eles sociais, econômicos ou ambientais. O objetivo final está na garantia de que os agroecossistemas sejam produtivos e rentáveis ao longo do tempo, conseguindo relativa estabilidade dos fatores de produção, os quais nem sempre são facilmente manejáveis, pois são influenciados pelo mercado, por aspectos sócio-culturais e pelas condições climáticas características de cada realidade regional. Essa situação seria alcançada através da diversidade da produção, reciclagem de nutrientes, seleção e consórcio de variedades, controle biológico, enfim do planejamento ambiental da agricultura.

A produção agrícola sustentável requer a preocupação com os diversos elementos que compõem a sustentabilidade agrícola. É preciso relacionar os componentes econômicos, sociais e ambientais. Ehlers (1998) também aconselha a uma reflexão sobre o direcionamento que a pesquisa da agricultura sustentável deve ter, orientada pela seguinte questão: sustentabilidade em relação a que? Diante disso, aparecem as necessidades de definir critérios e indicadores mais precisos e, assim, poder buscar soluções mais efetivas para os diferentes casos e situações.

Apesar das contradições e das diferentes tendências em torno da noção de agricultura sustentável, várias evidências permitem comprovar a hipótese de que mais do que um conjunto definido de práticas, “a agricultura sustentável é hoje uma meta” (Ehlers, 1998). Significa que a agricultura sustentável não é uma forma de produção, não há um modelo a ser seguido, muito menos práticas agrícolas ou métodos estabelecidos. Isto é, o termo é antes de tudo um objetivo que se tenta alcançar, uma forma de buscar conciliar desenvolvimento agrícola e preservação do meio ambiente (Marzall, 1999).

## 1.2 – Agroecologia e Agricultura Sustentável

O paradigma agroecológico, com seu enfoque inovador e multidisciplinar, vem sendo construído a partir da crise do modelo tecnológico e organizacional da agricultura convencional. A superação dessa crise depende da produção de novos conhecimentos e do progresso científico e tecnológico adaptado às peculiaridades das populações rurais. Nesse sentido a agroecologia fornece ferramentas importantes para subsidiar a intervenção da extensão rural em suas estratégias de promoção do desenvolvimento rural sustentável (Martínez Alier, 1995).

A agroecologia apresenta-se como uma corrente alternativa ao modelo “Revolução Verde” na medida em que propõe um novo padrão de desenvolvimento agrícola mediante o manejo ecologicamente adequado dos recursos naturais e da correta seleção de tecnologias de maneira a alcançar sustentabilidade, estabilidade, produtividade e equidade nos processos produtivos, aliando pretensões econômicas e sociais (Caporal & Costabeber, 2001).

Segundo Hetch (1989) a agroecologia além de incorporar idéias ambientais e um sentimento social de respeito para com a agricultura, também se ocupa dos estudos ecológicos sobre os cultivos, o que traduz o enorme potencial de aplicação deste campo do conhecimento para resolver questões tecnológicas na agricultura, favorecendo o desenho e a gestão de agroecossistemas sustentáveis. Dessa forma, a agroecologia pode ser definida como a ciência ou disciplina científica que apresenta uma série de princípios, conceitos e metodologias para estudar, analisar, dirigir, desenhar e avaliar agroecossistemas, com o propósito de permitir a implantação e o desenvolvimento de estilos de agricultura com maiores níveis de sustentabilidade no curto, médio e longo prazos (Altieri, 1995).

Sob o ponto de vista agroecológico, a agricultura sustentável é aquela que atende, de maneira integrada, aos seguintes critérios: a) uma baixa dependência de insumos comerciais; b) o uso de recursos renováveis localmente acessíveis; c) a utilização de impactos benéficos do meio ambiente local; d) a aceitação e/ou tolerância das condições naturais locais; e) a manutenção a longo prazo da capacidade produtiva; f) a preservação da diversidade biológica e cultural; g) a utilização do conhecimento e

da cultura local; e h) a produção de mercadorias para o consumo interno e para a exportação (Gliessman, 1995).

A agroecologia vê o agroecossistema como unidade fundamental de estudo, no qual os sistemas minerais, as transformações energéticas, os processos biológicos e as relações econômicas são investigadas e analisadas em seu conjunto. O agroecossistema é produtivo e saudável quando as plantas permanecem resilientes de modo a tolerar estresses e adversidades. As perturbações podem ser superadas utilizando-se agroecossistemas que sejam adaptáveis e diversificados o suficiente para se recuperarem após o período de estresse (Altieri, 2000).

É oportuno ressaltar que um importante segmento da pesquisa e experimentação em agroecologia apresenta-se bastante vinculado aos aspectos tecnológicos da expansão agropecuária, corroborando a idéia de que o processo de “ecologização” da agricultura não dispensa o progresso técnico e o avanço do conhecimento científico, apenas redireciona seus objetivos para um caráter social e ambientalmente mais sustentável (Caporal & Costabeber, 2001).

### **1.3 – Agricultura patronal e agricultura familiar**

A agricultura está intrinsecamente relacionada com a história das sociedades, representando um processo contínuo de interação entre os seres humanos e os recursos naturais.

A ocupação agrícola do território brasileiro foi calcada no modelo de monocultura de exportação, desde as épocas áureas da cana-de-açúcar e do café até a recente eclosão da soja, caracterizando o padrão patronal de agricultura, com alta concentração de terra e renda, além de amplo subsídio governamental. Dessa forma, a agricultura de padrão familiar sempre ficou relegada a um segundo plano.

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO) e o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) a agricultura familiar é definida a partir de três características: a) a gerência da

propriedade rural é feita pela família; b) o trabalho é desempenhado em maior parte pela família; c) os bens de produção pertencem à família e são passíveis de sucessão em caso de falecimento ou aposentadoria dos gerentes.

O Estatuto da Terra define que a propriedade familiar é o imóvel que direta e pessoalmente explorado pelo agricultor e sua família, lhes absorva toda a força de trabalho, garantindo-lhes a subsistência e o progresso sócio-econômico, com área máxima fixada para cada região e tipo de exploração, podendo eventualmente ser trabalhado com a ajuda de terceiros, desde que não ultrapasse 25% dos trabalhadores da propriedade (Brasil, 1964).

Segundo Veiga (1991), quando se analisa a agricultura em uma perspectiva histórica, a forma dominante de produção em todos os países capitalistas desenvolvidos é a agricultura familiar. Nos Estados Unidos, a participação da agricultura familiar na proporção da produção comercializada só cresce, enquanto a participação dos grupos empresariais declina. Inclusive quando se comparam dados sócio-econômicos de regiões nas quais prevalece a agricultura patronal com regiões nas quais predomina a agricultura familiar subsidiada, o último padrão citado alcança resultados bem melhores.

As vantagens de uma estratégia de desenvolvimento rural que priorize a promoção da agricultura familiar estão justamente nos indicadores sociais, uma vez que a agricultura patronal emprega cada vez menos trabalhadores, acarretando mais concentração de renda e exclusão social. Não parece mera coincidência o fato de que os países que atingiram os mais elevados níveis educacionais, as maiores expectativas de vida, os maiores PIB *per capita* tenham optado por uma agricultura baseada no trabalho familiar, enquanto os países com IDH mais baixos continuam a resistir a esse padrão (Veiga, 2000).

No Brasil o padrão excludente da agricultura patronal foi gradativamente intensificado ao longo do tempo, principalmente após a década de 60, quando as políticas governamentais passaram a promover a modernização agrícola, baseada no crédito subsidiado. O resultado foi a decadência dos agricultores de pequeno porte, os quais em sua maioria passaram a constituir favelas nos grandes centros urbanos.

O padrão de agricultura bem sucedido é característico das sociedades que valorizam o espaço rural e que por isso preferem ter muitos agricultores e poucos bóias-

frias, em vez de muitas favelas e um punhado de “reis”, sejam eles do gado, do café, da cana ou da soja. A opção inversa é o cerne do padrão de expulsão prematura do trabalho, que parece tão inevitável aos olhos dos entusiastas do patronato agrícola brasileiro (Veiga, 2000).

A agricultura familiar é ao mesmo tempo unidade de produção, de consumo e de reprodução, funcionando mediante uma lógica de produção combinada de mercadorias. Tal combinação envolve plantio de várias culturas, criações de animais e transformações primárias, tanto para o consumo da família como para o mercado. Esse tipo de produção é particularmente sensível às condições do meio ambiente. Os agricultores familiares em geral dispõem de poucos recursos externos que possibilitem sua adaptação às exigências do mercado, sendo obrigados a conviver de forma mais intensa com as restrições associadas ao ambiente. Entretanto, isso não significa que suas soluções sejam ambientalmente “amigáveis”. Em alguns sistemas de produção, a combinação dos recursos disponíveis e a luta pela sobrevivência podem determinar a utilização de sistemas pouco sustentáveis a médio e longo prazo (Guanziroli *et al.*, 2001). Tal fato inclusive justifica a necessidade de uma maior atenção a esse público por parte dos programas governamentais de extensão rural, principalmente no sentido de orientação para práticas agrícolas eficazes e que gerem o mínimo de ônus ao pequeno produtor.

Na região nordeste a agricultura familiar caracteriza-se pela diversidade de condições agroecológicas e de relações sociais de produção, determinando uma multiplicidade de sistemas agrários, muitos dos quais em acelerado processo de transformação. A região é marcada pela concentração estabelecimentos familiares em áreas geográficas específicas, pelo baixo nível de renda gerado pelas unidades produtivas e pela exígua base de recursos naturais, inclusive hídricos e fundiários (Guanziroli *et al.*, 2001).

No Estado de Sergipe as unidades camponesas de produção são na sua maioria propriedades individuais, embora apareçam também outros tipos de ocupação tais como áreas em parceria, arrendamento, renda-trabalho, posse e ocupação autorizada (nos assentamentos governamentais). A forma indireta de ocupação mais comum no estado é o pagamento de renda-trabalho. Neste caso a terra é cedida ao usuário por um ou dois anos, pagando-se a renda através de algum serviço na própria terra. O caso mais

freqüente é o pagamento de renda através do pasto formado. Geralmente o pequeno agricultor planta feijão e milho, deixando a terra semeada com sementes de gramíneas fornecidas pelo proprietário. Normalmente esse sistema é encontrado nas grandes propriedades que ampliam ou renovam suas áreas de pastagens, mas ocorre também nas propriedades familiares (Diniz, 1998).

Na produção agrícola familiar de Sergipe há um trinômio básico que sempre aparece na maior parte das unidades produtoras: mandioca, milho e feijão. Outro conjunto bastante freqüente é o das frutas, principalmente banana, jaca, manga e goiaba. Aparecem também como produtos de cultivo a batata-doce, o amendoim, a batatinha, o algodão, a fava, o caju, o mamão, a abóbora e até o café. Dependendo da região existe o predomínio de determinados produtos: no sul do Estado destacam-se a laranja, o maracujá e o fumo; no litoral, o coco-da-baía; no baixo São Francisco, o arroz; na Cotinguiba, a cana-de-açúcar (Diniz, 1998).

Há também uma indústria rural intimamente associada à produção familiar. É muito freqüente a fabricação caseira de manteiga e queijo e a existência de casas de farinha, privadas ou comunitárias, demonstrando que a pluriatividade também faz parte da agricultura familiar sergipana.

As pequenas unidades produtivas, com menos de 20 ha, contribuem bastante na produção dos cultivos tradicionais, como mostram dados dos censos agropecuários de 1985 e 1995-1996 (tabela 1.1).

**Tabela 1.1:** Estado de Sergipe- Participação dos estabelecimentos com menos de 20 ha na produção agrícola de 1985 e 1995/96

<b>Culturas</b>	<b>1985 (%)</b>	<b>1995/96 (%)</b>
Mandioca	88,8	90,8
Milho	46,3	42,5
Feijão	60,8	69,2
Arroz	90,0	87,4
Fumo	93,7	97,6
Coco-da-baía	46,3	36,4
Laranja	52,3	58,1
Banana	71,7	65,7
Leite	23,6	26,2

Fonte: dados adaptados do IBGE, censos agropecuários, 1985 e 1995/96.

No que se refere à irrigação, pode-se dizer que é um componente da modernização profundamente atrelado à ação governamental. Só há produtores familiares com irrigação por livre iniciativa e em áreas hortícolas tradicionais (pés-de-serra de Itabaiana ou em pequenos quintais disseminados pelo Estado, geralmente próximo às maiores cidades) ou nas várzeas do Baixo São Francisco não atingidas pela CODEVASF. Nas regiões mais críticas, como por exemplo o semi-árido, os programas de irrigação são escassos, justificando-se sobremaneira a utilização de outros artificios, como por exemplo o plantio de culturas resistentes à seca, para driblar as intempéries climáticas (Diniz, 1998).

Segundo Diniz (1998), a agricultura familiar sergipana na última década tem seguido três trajetórias. A primeira é a de descamponificação de produtores muito pequenos (áreas de menos de 1 ha) e dos camponeses sem terra que sempre viveram através do pagamento de renda trabalho. A segunda é a sobrevivência de alguns grupos com o auxílio de trabalho externo e rendas governamentais temporárias. Nesses dois casos, o resultado geralmente é a cessão de terras e a emigração para as grandes cidades. A terceira trajetória refere-se à integração ou semi-integração dos agricultores em um processo de “famerização” ou criação de cooperativas, resultado da modernização e da diferenciação da produção familiar.

Entretanto não se pode minimizar a importância social desses pequenos agricultores, fazendo-se mister a continuidade da luta por maiores produtividade e eficiência. Sendo assim, é fundamental que os órgãos de pesquisa e assistência técnica mantenham o apoio a esses grupos produtivos. Nesse ponto a participação do Estado é imprescindível, pois não se pode esperar que o setor tenha capacidade para sustentar uma complexa e cara estrutura de pesquisa e desenvolvimento.

#### 1.4 – A região semi-árida e as atividades agrícolas no Nordeste brasileiro

Mais de um terço da superfície terrestre corresponde a regiões áridas ou semi-áridas, as quais recebem uma precipitação de menos de 400 mm por ano e abrigam 1,2 bilhão de pessoas, ou seja, 20% da população do planeta. A maioria dos indicadores de aridez tem como parâmetros básicos precipitação, temperatura e evapotranspiração (Wickens, 1998).

O semi-árido brasileiro corresponde a aproximadamente 60% da região Nordeste e ocupa uma área de 912.208 km<sup>2</sup>, abrangendo de forma total ou parcial todos os estados da região e o norte de Minas Gerais (Costa *et al.*, 2004).

O período principal de chuvas no Nordeste tem início em fevereiro e termina em maio, sendo a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) o principal sistema meteorológico provocador de chuva nesse período (Costa *et al.*, 2004). As características edafoclimáticas e hidrológicas dessa região são semelhantes às de outros semi-áridos do mundo, apresentando de forma constante longos períodos de secas intercalados com as cheias nos rios temporários. A precipitação média se encontra numa amplitude que varia de 250 a 800 mm anuais, distribuídos durante três a cinco meses, com elevadas taxas evapotranspirométricas, em média 2000 mm/ano, proporcionando déficit de umidade no solo durante a maioria dos meses do ano. Os solos da região são rasos, com baixa fertilidade natural e uma vegetação rala denominada de caatinga, a qual apresenta grande diversidade de espécies adaptadas e com alto potencial de exploração, tanto para consumo humano como animal. (Lopes, 2003).

A interação das características da região tem papel preponderante na renovação das reservas hídricas e na qualidade de suas águas, fazendo com que muitas vezes o homem concorra por água para atender às suas necessidades básicas e ao mesmo tempo suprir dessedentação de animais e práticas de irrigação. Este quadro de incertezas quanto à disponibilidade e à qualidade das águas gera insegurança na tomada de decisões sobre políticas de desenvolvimento agropecuário e sócio-econômico para a região, fazendo emergir a necessidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos visando atender à demanda da população de forma permanente.

A agricultura é o setor da economia que mais interage com o meio ambiente. É uma atividade que afeta o ambiente através de impactos ecológicos, socioeconômicos e culturais que são intensificados com o processo de modernização e, ao mesmo tempo, depende dele em termos de eficiência ou otimização da produção, sendo um dos responsáveis pela renda diferencial que pode ser extraída pelo agricultor de sua terra a depender das condições do solo e clima da região.

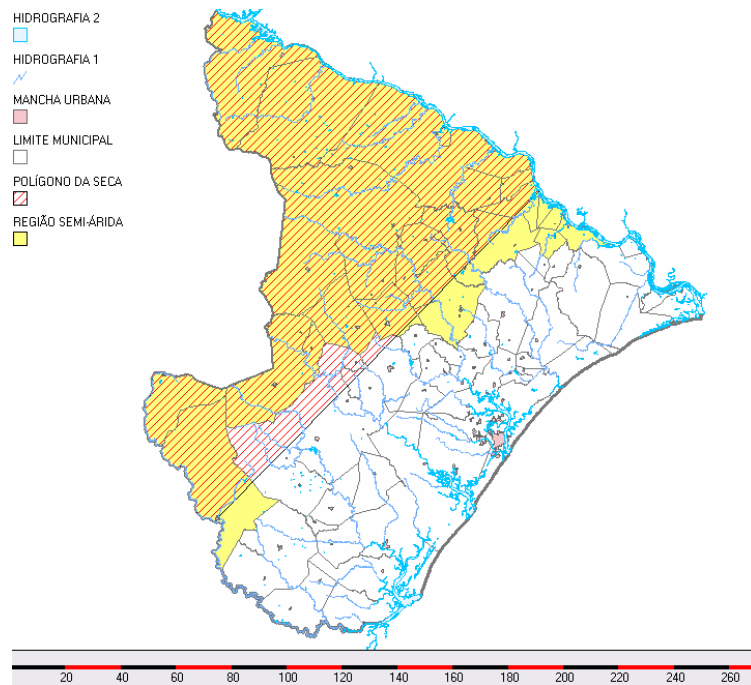
No nordeste brasileiro a agricultura emprega milhões de pessoas, mas encontra grandes dificuldades para sua expansão pela via tradicional. As ações públicas para essa região estiveram voltadas, na maioria das vezes, a projetos de irrigação direcionados as grandes lavouras monocultoras e a alguns projetos pontuais de fruticultura irrigada. O pequeno e micro produtor, que desenvolvem uma agricultura tradicional descapitalizada e com cultivos de sequeiro (feijão, milho e mandioca), sempre estiveram dependentes da chuva, tendo muitas vezes que migrar com a família para outras localidades nas épocas de estiagem mais severa.

O milho, o feijão, a mandioca e o algodão são os produtos mais cultivados no nordeste do Brasil. Entretanto outros produtos mais adaptados às características edafoclimáticas locais, tais como o sorgo e o feijão caupi poderiam ser mais utilizados, o que ajudaria a mitigar a situação descrita no parágrafo anterior. Tais grãos adaptam-se a uma gama de ambientes sob condições de deficiência hídrica, desfavoráveis à maioria de outros cultivos. Essa característica permite que essas culturas sejam aptas para se desenvolver e se expandir em regiões de cultivo com distribuição irregular de chuvas e em sucessão a culturas de verão, na chamada safrinha (Santos, 2004). Além disso, esses cultivos têm baixo custo, podendo ser utilizados tanto para alimentação humana como animal. Este é um exemplo de ação governamental que poderia voltar seus investimentos para processos mais racionais e melhor adaptados às condições de um meio ambiente típico do trópico seco. Os pequenos agricultores poderiam aumentar a renda extraída de suas terras, produzindo alimento e garantindo sua permanência na região.

O Estado de Sergipe está localizado nas coordenadas geográficas 9° 31' S a 11° 33' N e 36° 25' W a 38° 14' W, na faixa tropical, possuindo como problema climático a irregularidade espacial e temporal da distribuição da precipitação pluviométrica, a qual decresce do Litoral em direção ao Semi-árido. No Litoral Leste são observadas isoietas

superiores a 1600 mm, enquanto que no Semi-árido a precipitação anual é inferior a 800 mm, decaindo para menos de 500 mm. (Costa *et al.*, 2004).

Dos setenta e cinco municípios sergipanos, trinta e dois, (43% do território do estado) fazem parte do polígono das secas. O limite estabelecido em lei é um vértice entre as cidades de Tobias Barreto e Canhoba, passando por Areia Branca (figura 1.1). O estado apresenta clima tipicamente semi-árido na sua parte ocidental, sendo mais acentuado na porção noroeste, em decorrência da queda gradativa dos totais pluviométricos do litoral para o interior. As chuvas são concentradas ao longo do ano em poucos meses, geralmente no período de outono-inverno. O período chuvoso no Estado como um todo se concentra entre os meses de abril a agosto, com o máximo concentrado nos meses de maio e junho. O verão é seco e a maior evaporação da época não é compensada por uma pluviosidade suficiente (Pinto, 1998).



**Figura 1.1:** Delimitação da região semi-árida de Sergipe e vértice do polígono das secas cortando o Estado. Fonte: SEPLANTEC-Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia.Governo do Estado de Sergipe. CD-ROM. Escala-1: 415.514.

A situação da atividade agrícola no semi-árido sergipano não é diferente do contexto nordestino. Segundo análise de Pinto (1998), o tratamento do fenômeno das secas no Estado tem se caracterizado historicamente por intervenções isoladas e descontínuas, sem uma prioridade governamental no seu planejamento global, sem correlação com os programas de desenvolvimento que possam adequar-se às necessidades da população e do setor produtivo.

Conforme descrição do tópico anterior os pequenos produtores sergipanos dificilmente têm acesso a projetos de irrigação ou incentivo ao plantio de cultivos mais adaptados às peculiaridades da região. Dessa forma faz-se necessária uma reforma estrutural nas políticas agrícolas municipais, estaduais e federais a fim de proporcionar soluções definitivas a essa problemática, pois, bolsas, cestas básicas e caminhões-pipa atendem mais a anseios eleitores que sociais.

**CAPÍTULO 2**  
**A CULTURA DO FEIJÃO NO BRASIL**

## 2 – A cultura do feijão no Brasil

É inquestionável a importância do feijão na alimentação e na economia da população brasileira. A leguminosa constitui a principal fonte de proteínas na dieta alimentar do país, possuindo também papel de destaque na agricultura. De 1994 a 2001, a cultura apresentou um PIB médio de 4,2 milhões de reais, o que representa 0,39% do PIB nacional, sendo oitavo produto em renda, de acordo com dados da Associação Brasileira de Agrobussines (2002). No entanto grande parte da produção é obtida através de pequenos produtores que não usam tecnologia agrícola e que tiram parte da produção para seu sustento, vendendo o excedente, o que contribui para que seja uma cultura estigmatizada como pouco competitiva. Na verdade os planejadores de políticas macroeconômicas têm marginalizado determinados setores e produtos, como por exemplo, a produção de alimentos básicos, como o feijão que, apesar de ser importante, não tem recebido o mesmo tratamento de outros produtos. As políticas negligenciam a produção de produtos básicos em detrimento a produtos agrícolas com maior possibilidade de exportação, como por exemplo a soja (Ferreira *et al.*, 2002).

O calendário agrícola do feijão envolve três safras, sendo a primeira a safra das águas, cultivada principalmente nas regiões Sul, Sudeste e na região de Irecê na Bahia, cuja colheita está concentrada nos meses de dezembro a março; a segunda a safra, a da seca, cultivada no nordeste, com colheita no mês de abril e a terceira safra ou safra de inverno, em que predomina o cultivo de feijão irrigado, está concentrada nos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Goiás/Distrito Federal e oeste da Bahia, sendo ofertada no mercado entre julho e outubro (Stone & Sartorato, 1994).

As espécies de feijão mais cultivadas no Brasil são *Phaseolus vulgaris* L., conhecido como feijão comum e [*Vigna unguiculata* (L.) Walph.], o feijão-caupi. Na década de 90, foram colhidas anualmente 3,5 milhões de toneladas de feijão, sendo 0,8 milhões de toneladas de caupi e 2,7 milhões de feijão comum. Portanto, cerca de 23% da produção nacional refere-se ao feijão caupi, também denominado de feijão de corda, macassar, macaçar, feijão de praia, feijão de colônia, feijão miúdo ou feijão fradinho (tabela 2.1).

**Tabela 2.1-** Percentual de colheita por safra de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walph.].

Estados	1ª. Safra		2ª. Safra		3ª. Safra		Total	
	Feijão	Feijão	Feijão	Feijão	Feijão	Feijão	Feijão	Feijão
	Comum	Caupi	Comum	Caupi	Comum	Caupi	Comum	Caupi
RR	0	0	100	0	0	0	100	0
PA	0	0	35	65	0	0	35	65
RO	0	0	100	0	0	0	100	0
AP	0	0	100	0	0	0	100	0
AC	0	0	100	0	0	0	100	0
AM	0	0	10	90	0	0	10	90
TO	100	0	100	0	0	0	100	0
MA	5	95	5	95	0	0	5	95
PI	5	95	5	95	0	0	5	95
RN	8	92	8	92	0	0	8	92
CE	5	95	5	95	0	0	5	95
PB	0	0	35	65	0	0	35	65
PE	0	0	58	42	0	0	58	42
AL	0	0	90	10	0	0	90	10
<b>SE</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>91,5</b>	<b>8,5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>91,5</b>	<b>8,5</b>
BA	78	22	78	22	0	0	78	22
MG	100	0	100	0	100	0	100	0
ES	100	0	100	0	100	0	100	0
RJ	100	0	100	0	0	0	100	0
SP	100	0	100	0	100	0	100	0
PR	100	0	100	0	100	0	100	0
SC	100	0	100	0	0	0	100	0
RS	100	0	100	0	0	0	100	0
MT	100	0	100	0	100	0	100	0
MS	100	0	100	0	0	0	100	0
GO	99,5	0,5	99,5	0,5	100	0	99,5	0,5
DF	100	0	100	0	100	0	100	0
<b>Total</b>	<b>72</b>	<b>28</b>	<b>80</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>77</b>	<b>23</b>

Fonte: Ferreira, 2002. Adaptado pela autora.

A produção e consumo do feijão caupi está concentrada nos estados nordestinos, onde ocupa cerca de 60% da área plantada com 50% da produção. Estima-se que no Brasil, o mercado consumidor de caupi seja de 29 milhões de pessoas (Ferreira *et al.*, 2002).

Pesquisas indicam que o feijão caupi é mais adaptado às condições naturais da região nordeste que o feijão comum, constituindo portanto uma opção de cultura alternativa para o semi-árido. Em seguida serão tecidas algumas considerações acerca das características agroecológicas da referida espécie.

## 2.1 – Considerações acerca do feijão caupi

A *Vigna unguiculata* (L.) Walph., conhecida popularmente no Brasil como feijão-caupi ou feijão-de-corda, é uma leguminosa originária do continente africano com ampla distribuição em regiões tropicais e subtropicais como África, América Latina e Sudeste Asiático. A história do feijão-caupi data de 5 ou 6 mil anos atrás, nas lavouras de cereais da antiga África Ocidental onde estava intimamente associada ao cultivo de sorgo e milho. (Davis *et al.*, 1991)

O feijão-caupi constitui um dos principais componentes da dieta alimentar nas regiões Nordeste e Norte do Brasil, especialmente na zona rural. O grão é uma excelente fonte de proteínas (23%-25% em média), apresentando todos os aminoácidos essenciais, carboidratos (62%, em média), vitaminas e minerais, além de possuir grande quantidade de fibras dietéticas, baixa quantidade de gordura (teor de óleo de 2%, em média) e não conter colesterol. Representa alimento básico para as populações de baixa renda do Nordeste brasileiro. Apresenta ciclo curto e baixa exigência hídrica para se desenvolver em solos de baixa fertilidade, sendo hábil também na fixação de nitrogênio em simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* (Davis *et al.*, 1991).

Pelo seu valor nutritivo, o feijão-caupi é cultivado principalmente para a produção de grãos (secos ou verdes) e para o consumo humano (*in natura*, na forma de conserva ou desidratado). Além disso, o caupi também é utilizado como forragem verde, feno, ensilagem, farinha para alimentação animal e adubação verde para proteção do solo. (Andrade Júnior *et al.*, 2003).

A área ocupada com feijão-caupi, no mundo, está em torno de 12,5 milhões de ha, com 8 milhões (64% da área mundial) na parte oeste e central da África. A outra parte da área está localizada na América do Sul, América Central e Ásia, com pequenas áreas espalhadas pelo sudoeste da Europa, sudoeste dos Estados Unidos e Oceania. Entre todos os países, os principais produtores mundiais são Nigéria, Niger e Brasil (Andrade Júnior *et al.*, 2003).

No Brasil, o feijão-caupi é cultivado predominantemente no sertão semi-árido da região Nordeste e em pequenas áreas na Amazônia. Representa 95% a 100% do total das áreas plantadas com feijão nos Estados do Amazonas, Maranhão, Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte. No Nordeste, a produção e a produtividade são de 429.375 t e 303,5 kg/ha, respectivamente. Os maiores produtores são os Estados do Ceará (159.471 t), Piauí (58.786 t), Bahia (50.249 t) e Maranhão (36.213 t), os quais também apresentam as maiores áreas plantadas. Com relação aos aspectos socioeconômicos, a cultura do feijão-caupi é responsável pela geração de 1.451.578 empregos/ano no Brasil, com o valor de produção estimado em US\$ 249.142.582,00/ano (*op. cit.*).

A cultura do feijão-caupi exige um mínimo de 300 mm de precipitação anual para que produza a contento, sem a necessidade de utilização da prática da irrigação. As regiões cujas cotas pluviométricas oscilem entre 250 e 500 mm anuais são consideradas aptas para a implantação da cultura. Entretanto, a limitação em termos hídricos encontra-se mais diretamente condicionada à distribuição do que à quantidade total de chuvas ocorridas no período (Andrade Júnior *et al.*, 2003).

O feijão-caupi é cultivado em uma ampla faixa ambiental desde a latitude 40°N até 30°S, tanto em terras altas como baixas, tais como: Oeste da África, Ásia, América Latina e América do Norte. O bom desenvolvimento da cultura ocorre na faixa de temperatura de 18 a 34 °C. A temperatura base abaixo da qual cessa o crescimento varia com o estágio fenológico (*op. cit.*).

Elevadas temperaturas prejudicam o crescimento e o desenvolvimento da planta de feijão-caupi, exercem influência sobre o abortamento de flores, o vingamento e a retenção final de vagens, afetando também o número de sementes por vagem (Craufud *et al.*, 1996). Além disso, podem contribuir para a ocorrência de várias fito-enfermidades, principalmente aquelas associadas às altas umidades relativas do ar, condições estas que

freqüentemente ocorrem quando o cultivo é feito em condições de sequeiro. Temperaturas baixas (<19°C) influenciam negativamente a produtividade do feijão-caupi, retardando o aparecimento de flores e aumentando o ciclo da cultura (Leite *et al.*, 1997).

A radiação solar pode ser considerada um fator de grande importância para o crescimento e desenvolvimento vegetal, pois influencia diretamente na fotossíntese das plantas. Sob condições favoráveis de solo e clima e quando pragas e doenças deixam de ser fatores limitantes, a máxima produtividade de uma cultura passa a depender principalmente da taxa de interceptação de luz e da assimilação de dióxido de carbono pelas plantas.

De acordo com Phogat *et al.* (1984), a interceptação da energia luminosa no feijão-caupi geralmente é alta devido às folhas glabras e de coloração verde escura. Os autores, avaliando a taxa de fotossíntese líquida e a absorção da radiação fotossinteticamente ativa por esta cultura, observaram que apenas 4,3% da energia luminosa foi refletida pelas folhas de feijão-caupi, em condições ótimas de água no solo.

## 2.2 – O feijão caupi em Sergipe

No Estado de Sergipe, o cultivo do feijão caupi ainda é limitado a pequenas propriedades, concentradas na região dos Tabuleiros Costeiros. Diferente do que acontece em outros estados nordestinos, em Sergipe o cultivo do feijão comum apresenta-se muito superior ao feijão caupi com um percentual de 91,5% e 8,5 %, respectivamente (tabela 2.1). A área cultivada é de 4.300 ha com produtividade baixa, devido ao plantio de cultivares tradicionais com potencial baixo de produção. Apesar de pouco expressivo, o seu consumo se dá principalmente na forma de feijão verde e, em menor proporção, como grãos secos (Brasil, 2002). Diante de sua relevante resistência à deficiência hídrica, da grande carga de nutrientes que possui e ainda da facilidade de propagação de sementes e ciclo reprodutivo curto, poderia ser facilmente utilizado como alternativa nos planos de agricultura familiar.

Como o Estado apresenta grandes adversidades climáticas, principalmente, limitações dos totais, regularidade e distribuição espacial das chuvas, fazem-se necessários, estudos que visem a minimização dos impactos dessas restrições sobre da cultura, definindo as melhores épocas e cultivares para plantio.

O zoneamento agrícola de risco climático para o Estado de Sergipe contempla como aptos ao cultivo do feijão caupi os solos Tipos 2 e 3, que apresentam as seguintes características: Tipo 2: solos com teor de argila entre 15 e 35% e menos de 70% areia, com profundidade igual ou superior a 50 cm; Tipo 3: a) solos com teor de argila maior que 35%, com profundidade igual ou superior a 50 cm; e b) solos com menos de 35% de argila e menos de 15% de areia (textura siltosa), com profundidade igual ou superior a 50 cm. (Brasil, 2005).

## **CAPÍTULO 3**

### **A FISIOLOGIA E A RELAÇÃO DOS VEGETAIS COM O AMBIENTE**

### **3 – A fisiologia e relações dos vegetais com o ambiente**

Todos os processos que se verificam nas plantas estão sujeitos à dupla influência da constituição genética e dos fatores ambientais aos quais elas estão submetidas. O estudo acerca dos efeitos que os fatores ambientais exercem sobre as plantas constitui o objeto da fisiologia vegetal. Investigações sobre o efeito da luz, temperatura, gases, nutrientes e água do solo em processos de germinação, fotossíntese, respiração, transpiração, floração e frutificação são exemplos de tais estudos, podendo estes serem conduzidos em laboratório, câmaras de crescimento, casas de vegetação e em condições de campo. Nessa área do conhecimento a fisiologia vegetal faz interface com ecologia vegetal, constituindo a chamada ecofisiologia vegetal.

A ecofisiologia vegetal pode ser definida como o estudo de todas as relações entre as plantas e os componentes bióticos e abióticos do meio ambiente. Tais estudos não se referem somente às estruturas adaptativas das plantas aos ambientes, envolvendo também a análise das formas de transferência e transformação de energia e massa conectadas a dinâmica ecossistêmica (Wickens, 1998).

O desenvolvimento de uma planta depende de dois ambientes: a atmosfera e o solo. A parte aérea interage com fatores atmosféricos como a luz, a energia calorífica, gases, dentre outros, enquanto as raízes dependem das condições químicas, físicas e biológicas do solo.

As plantas se desenvolvem nos mais variados ambientes e sua distribuição é dependente das condições do solo, temperatura, oxigênio, radiação solar e disponibilidade de água que ocorrem em cada local.

A fisiologia vegetal estuda os processos envolvidos com o comportamento das plantas, examinando os fatores internos e externos mediante os quais realizam seus múltiplos e complexos processos de síntese química e a forma como se integram esses mecanismos. Também se ocupa dos fatores edafoclimáticos do meio, recorrendo muitas vezes à bioquímica vegetal para explicar transformações em nível celular (Floss, 2004).

Em condições naturais ou agricultáveis, as plantas estão frequentemente expostas a estresses. De forma geral, estresse pode ser definido como um fator externo, que exerce uma influência desvantajosa sobre a planta. O conceito de estresse está relacionado ao de tolerância ao estresse, que é a aptidão da planta para enfrentar um ambiente desfavorável. Um ambiente estressante para uma planta pode não o ser para outra, ou seja, a tolerância varia de espécie para espécie (Kerbaudy, 2004).

De acordo com a sua natureza, os estresses podem ser classificados em bióticos e abióticos. Os estresses bióticos são resultantes da ação de outros organismos vivos. Já os estresses abióticos são resultantes do excesso ou déficit de algum fator físico ou químico do meio ambiente. O estresse pode se manifestar em vários graus de severidade, com duração variável, combinados ou não, de modo contínuo ou alternados com momento de normalidade. No que concerne às plantas, a intensidade do estresse vai depender do órgão ou do tecido alvo, do estágio de desenvolvimento da planta e da cultivar em questão. Levados em consideração esses fatores, a cultivar pode manifestar resistência ou susceptibilidade. O esquema apresentado na figura 3.1 pode auxiliar na compreensão do processo:

A disponibilidade de água é um dos fatores ambientais que mais influenciam a produtividade vegetal. A água utilizada pelas plantas na fotossíntese é absorvida pelas raízes e transportada para a parte aérea juntamente com os nutrientes, através dos vasos lenhosos ou xilema. A ocorrência de déficit hídrico provoca diminuição da produtividade justamente por inviabilizar o processo fotossintético, uma vez que a água, além de ser componente básico da reação também é responsável pela manutenção da transpiração, essencial para a permeabilidade do gás carbônico no mesófilo foliar. Ao longo do tempo os vegetais começaram a desenvolver estratégias para minimizar os efeitos deletérios do déficit hídrico. A análise de tais estratégias constitui um dos principais campos de estudo da ecofisiologia vegetal. Algumas dessas adaptações serão descritas a seguir.

### **3.1 – Respostas dos vegetais a ambientes com baixa disponibilidade de água**

No início de sua evolução, há cerca de 1,5 bilhão de anos, as plantas passaram por inúmeras mudanças na sua estrutura e no processo fisiológico, que as capacitaram para sobreviver em ambientes relativamente secos. Essas mudanças resultaram de mutações genéticas e recombinações que, através da seleção natural, permitiram às plantas sobreviverem e se reproduzirem em ambientes com limitação de água (Lehninger *et al.*, 2001).

As adaptações aos ambientes com poucos recursos hídricos incluíram raízes, que permitiram a absorção de água e de sais minerais a partir de grandes volumes de solo; um sistema vascular que permitiu um rápido transporte de água e produtos da fotossíntese; e uma cutícula bem desenvolvida com a presença de estômatos, o que permitiu a entrada de dióxido de carbono, mas controlou a perda de água dos tecidos (Nepomuceno *et al.*, 2001).

A capacidade apresentada pelas plantas de terem uma produção satisfatória em áreas sujeitas a déficit hídrico é definida como resistência à seca (Turner, 1986). Algumas espécies podem evitar a seca amadurecendo rapidamente antes que ela se inicie, ou reproduzindo-se somente após a chuva. Outras toleram a desidratação adiando-a através do desenvolvimento de raízes profundas, como é relatado por Ávila Netto *et al.* (2000) em videiras. Há também aquelas que se fecham fortemente contra a transpiração, com folhas em forma de espinhos, ou acumulam grandes reservas de água em tecidos carnosos, como é o caso das cactáceas. Existem ainda aquelas que permitem a desidratação dos tecidos e toleram a falta de água, apresentando crescimento continuado mesmo quando desidratadas ou sobrevivendo a desidratações severas (Nepomuceno *et al.*, 2000).

### 3.1.1 – Respostas Fisiológicas

Um dos primeiros efeitos do déficit hídrico nas plantas vasculares manifesta-se sobre os estômatos. Com a progressão do dessecação, ocorre a desidratação do protoplasma e a redução da capacidade fotossintética. Em geral, sob deficiência hídrica, a queda da taxa de fotossíntese pode ser relacionada com a limitação das trocas gasosas, consequência do fechamento dos estômatos em resposta a um decréscimo no potencial hídrico foliar ocasionado pela baixa disponibilidade de água no solo. Existem evidências que os estômatos não apresentam respostas a mudanças no potencial hídrico da folha até que um valor crítico de potencial seja alcançado (Schulze *et al.*, 1987).

A condutância estomática é um dos mecanismos que demonstram o controle estomático em plantas submetidas ao déficit hídrico. De acordo com Raven *et al.* (2001), o efeito da perda de água predomina sobre os demais fatores que afetam os estômatos. Sendo assim, quando o turgor da célula cai abaixo de um ponto crítico, que é variável de espécie para espécie, a abertura estomática torna-se menor, limitando as trocas gasosas. Segundo Oliveira *et al.* (2002), o déficit hídrico causa redução sobre a

condutância estomática e taxas de transpiração, sendo essas reduções acompanhadas paralelamente pela queda do potencial de água na folha.

Outro fator importante que interfere na produtividade das plantas é a transpiração, pois esta auxilia na translocação de compostos dentro da célula, além de ser um importante fator no resfriamento dos tecidos. O efeito do estresse hídrico sobre a transpiração produz significativas diferenças entre plantas sob deficiência hídrica e irrigadas. A transpiração decresce com a queda dos potenciais de água no solo, sendo também afetada pelos mesmos fatores que governam a evaporação enquanto os estômatos estão abertos. O tipo de vegetação e o estágio de crescimento também são fatores que alteram a taxa de transpiração. Quando o solo está a elevados potenciais de água, a transpiração é mantida numa taxa potencial, determinada pelas condições meteorológicas (Klar, 1988). Outros fatores tais como temperatura, umidade relativa, correntes de vento também podem influenciar as taxas de transpiração.

A transpiração excessiva (perda de água excedendo a absorção) retarda o crescimento de muitas plantas e causa morte em muitas outras por desidratação. Apesar de sua longa história evolutiva, as plantas não desenvolveram uma estrutura que seja ao mesmo tempo favorável à entrada de dióxido de carbono, essencial para a fotossíntese, e desfavorável à perda de vapor d'água pela transpiração. No entanto, várias adaptações especiais como a cutícula e os movimentos estomáticos minimizam a perda de água enquanto otimizam a captação de dióxido de carbono. Em casos de déficit hídrico severo, quando a disponibilidade de CO<sub>2</sub> está em níveis extremamente reduzidos, a planta utiliza dióxido de carbono proveniente da respiração para manter um nível mínimo de atividade fotossintética (Raven *et al.*, 2001).

Estudos comparativos do processo de trocas gasosas realizados na França com *P. vulgaris* (cv. Carioca) e *Vigna unguiculata* (cv. IT 83D e EPACE-1), envolvendo como parâmetros teor de umidade do solo, potencial hídrico foliar, condutância estomática e fotossíntese demonstraram superioridade significativa das cultivares de *Vigna* no que se refere à resistência ao déficit hídrico (Cruz de Carvalho *et al.*, 1998). Outro estudo realizado no Kenia, envolvendo tolerância a altas temperaturas em regiões semi-áridas confirmou maior adaptabilidade do gênero *Vigna* em relação ao *Phaseolus* (Hornetz *et al.*, 2001).

No Brasil, Pimentel e Hébert (1999) analisaram o potencial fotossintético e a condutância estomática de cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. (cv. BAT 117) e *Vigna unguiculata* (L.) Walph. (cv. EPACE 1 e Vu 1183) durante 18 dias de supressão hídrica, observando maior resistência na cultivar EPACE 1. Costa *et al.* (2002) analisaram a atividade fotossintética de cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. (cv. Carioca e cv. Negro Huasteco) e *Vigna unguiculata* (L.) Walph (cv. EPACE 10) submetidas a altas temperaturas. A cultivar EPACE 10 demonstrou adaptabilidade, pois seu aparelho fotossintético resistiu a temperaturas superiores a 40° C .

### 3.1.2 – Respostas Bioquímicas

O acúmulo intracelular de solutos osmoticamente ativos em resposta às condições estressantes de salinidade e baixa disponibilidade de água é um importante mecanismo desenvolvido pelas plantas que toleram a seca com baixo potencial hídrico (Turner, 1986). Este mecanismo, denominado ajustamento osmótico, tem sido verificado em várias espécies, sendo considerado um dos mais eficazes para manutenção da turgescência celular, permitindo principalmente a manutenção da abertura estomática e fotossíntese sob condições de baixo potencial hídrico no solo (Kramer, 1993).

Existe considerável variação entre diferentes culturas na capacidade de ajustamento osmótico e isso deve ser considerado ao se medir a capacidade da cultura em suportar a seca. Tem sido observada alta capacidade de ajuste osmótico em espécies como o sorgo e o algodão. Ajustes mais moderados são observados em plantas de girassol (Lacerda *et al.*, 2001).

A importância e a contribuição dos solutos envolvidos no ajustamento osmótico em resposta à baixa disponibilidade de água variam com a espécie. Em forrageiras tropicais, como o sorgo, o potássio e o cloro foram apontados como os solutos que mais contribuem para o fenômeno, enquanto que em soja os principais solutos acumulados foram os aminoácidos e os açúcares, principalmente a glicose, a frutose e a sacarose (Lacerda, 2001).

Durante o déficit hídrico moderado, o potencial hídrico pode ser mantido pelo ajuste osmótico e os açúcares podem servir como solutos compatíveis, baixando o potencial. Exemplos disso estão em plantas sensíveis à seca como o espinafre (*Spinacea oleracea*) que aumentam a síntese de sacarose durante o déficit hídrico (Ingram & Bartels, 1996).

Outra interessante forma dos açúcares protegerem as células durante a desidratação é pela formação de estruturas vítreas. Ao invés da cristalização de solutos, através da presença de açúcares, um líquido supersaturado é produzido com propriedades mecânicas de um sólido. O acúmulo de açúcares também contribui no processo de estabilização das membranas e proteínas, protegendo-as durante o processo de déficit hídrico (Albertnethy & McManus, 1998). Oliveira Neto *et al.* (2006) ao analisar o teor de açúcares solúveis nas cultivares de feijão caupi Sempre Verde e Pitiúba submetidas a déficit hídrico verificaram acréscimos de 57,81% e 72,46% , respectivamente, caracterizando a ocorrência de ajuste osmótico.

Uma das mais bem estudadas respostas das plantas ao déficit hídrico é a acumulação de prolina nas células. A acumulação desse aminoácido é resultado do aumento do fluxo de glutamato, que é metabolizado pela Pirrolina-5-Carboxilato Sintetase (P5CS), enzima que regula a taxa de biossíntese de prolina, bem como de um decréscimo de metabolismo desse aminoácido. A enzima P5CS, responsável pela transformação de Pirrolina -5-Carboxilato (P5C) em prolina, tem sua expressão regulada por mudanças no potencial osmótico no citoplasma (Hare & Cress, 1997).

Um decréscimo no potencial osmótico da célula leva a um aumento na síntese de P5C e, conseqüentemente, a um aumento na síntese de prolina. A acumulação de prolina em células vegetais submetidas a déficit hídrico tem sido sugerida como um mecanismo de ajuste osmótico. Entretanto, alguns autores sugerem outras funções para o acúmulo de prolina: estabilizador de estruturas sub-celulares e redutor de radicais livres; depósito de energia (Hare & Cress, 1997); componente de cascata de sinalização molecular do estresse e constituinte principal de proteínas de parede celular das plantas (Nanjo *et al.*, 1999).

Costa *et al.* (2006a) ao avaliar os efeitos do déficit hídrico sobre o teor de prolina em feijão caupi (cv. Manteguinha), verificaram incremento de 76,55% do aminoácido

após o nono dia de supressão hídrica. Os mesmos autores ao analisar os teores de proteínas solúveis na cultivar Manteguinha observaram redução de 41,98%. Segundo Costa *et al.* (2006b), a falta de água aumentou a atividade de enzimas hidrolíticas, tais como a protease, ocasionando a queda do teor de proteínas solúveis nas folhas. Estudo realizado na Inglaterra com uma cultivar de *P. vulgaris* tolerante a seca foi observada redução de 50% no teor de proteínas solúveis em plantas submetidas à deficiência hídrica (Ramos *et al.*, 1999).

O déficit hídrico pode alterar profundamente a organização das células foliares. Perdas importantes podem acontecer nos cloroplastos, causando a dilatação dos tilacóides e modificações na sua organização molecular. O teor de clorofila e número de grana também podem diminuir. O declínio na funcionalidade dos cloroplastos, inevitavelmente leva a formação de radicais de oxigênio altamente reativos. Assim a real função do ajuste osmótico poderia estar potencialmente ligada à eliminação de radicais livres, gerando de forma adicional a retenção de água. Dessa forma, a realização de um ajuste osmótico eficaz poderia evitar maiores danos aos cloroplastos e, conseqüentemente aos teores de clorofila (Hare & Cress, 1997).

Os estresses constituem sinais ambientais que são recebidos e reconhecidos pelos seres vivos. Após o reconhecimento do estresse, o sinal é passado célula a célula para toda planta. A transdução dos sinais ambientais tipicamente resulta em alterações na expressão gênica, as quais podem influenciar o metabolismo e o desenvolvimento da planta como um todo. Muitos dos produtos genéticos induzidos em resposta ao déficit hídrico são regulados a nível transcricional. Vários genes induzidos pelo estresse são regulados por ABA, o hormônio vegetal que é aumentado em resposta ao déficit hídrico (Buchanan *et al.*, 2000). Além das evidências de que o ABA afeta respostas à seca, à salinidade e ao estresse de frio, também foi demonstrado que está envolvido na embriogênese, na indução de proteínas de reserva da semente, na dormência, na abscisão, na germinação das sementes, no crescimento, no controle da abertura estomática e no geotropismo.

Um grupo de genes que tem sido considerado como adaptativo à seca e que tem sido identificado em vários trabalhos que analisam respostas de plantas à falta de água, codifica proteínas *Lea* (Late embryogenesis abundant). A maioria dos produtos dos genes *Lea* é predominantemente hidrofílica, com localização no citoplasma. As

prováveis funções desses genes estão relacionadas com seqüestro de íons, proteção de membranas, natação de proteínas e retenção de água (Zhu *et al.*, 1997). A extrema hidrofília dessas proteínas e sua expressão abundante durante a maturação e a dessecação celular, certamente implicam na função de proteção de estruturas celulares.

È importante salientar que as mudanças que ocorrem na planta durante períodos de déficit hídrico dependem da severidade e da duração do estresse, da cultivar, do estágio de desenvolvimento do vegetal e da natureza do estresse (Kramer, 1993). A maioria dessas modificações visa a manutenção do crescimento e da reprodução da planta em ambientes com limitações na disponibilidade de água.

**CAPÍTULO 4**  
**METODOLOGIA**

## 4 – Metodologia

### 4.1 – Caracterização da pesquisa

A pesquisa foi descritiva, uma vez que utilizou de entrevistas semi-estruturadas direcionadas a agricultores que cultivam feijão no semi-árido sergipano, buscando caracterizar a unidade produtiva e explorar a possibilidade de adoção de outras variedades de feijão como cultura alternativa. Segundo Alves-Mazzotti *et al.* (1999) a entrevista semi-estruturada possibilita a formulação de outros questionamentos dentro do roteiro inicial, permitindo uma maior flexibilidade e abrangência de informações no desenrolar da pesquisa.

A pesquisa também pode ser caracterizada como explicativa, uma vez que objetivou conhecer os fatores que determinam a resistência das plantas de feijão à deficiência hídrica. As pesquisas explicativas têm como objetivo central a identificação dos fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Nas ciências naturais baseiam-se principalmente no método experimental. A pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar variáveis que sejam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto (Gil, 1991).

No que concerne à abordagem, a pesquisa foi quali-quantitativa. Maiores informações sobre os instrumentos utilizados para desenvolvimento da pesquisa serão detalhados a seguir.

## 4.2 – Procedimentos metodológicos

### 4.2.1 – Local do experimento e condições de cultivo

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Sergipe, no município de São Cristóvão-SE. A estrutura em aço galvanizado possui 115,2 m<sup>2</sup> (6,40 x 18 m), sendo coberto por filme de polietileno transparente de baixa densidade (PEBD) com espessura de 150 microns (0,15 mm). As laterais são fechadas com tela de sombreamento (malha de 50%). Possui sistema automático de irrigação por microaspersão, acionado por interruptor horário interligado a um conjunto de motobomba com monômetro para calibração de pressão e filtro de 1'' (Apêndice A- figura A1).

O cultivo foi realizado em condições semi-controladas, havendo monitoramento de variáveis climáticas do local de experimento através da utilização de uma mini-estação agrometeorológica automática por meio da qual foram mensuradas temperatura e umidade relativa do ar. Durante o período experimental, a temperatura na casa de vegetação variou de 21,99°C a 24,61 °C, com média de 23,05 ° C. Já umidade relativa do ar variou de 63,5% a 95,72%, com média de 89,46 %.

As sementes de *Phaseolus vulgaris* L.necessárias para a experimentação foram obtidas através da EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, localizada no município de Aracaju – SE. As sementes de *Vigna unguiculata* (L.) Walph. foram obtidas através da EMBRAPA Meio-norte, localizada no município de Teresina-PI. O plantio das cultivares foi inicialmente realizado em sementeiras (25/06/07), havendo transplante das plântulas para vasos plásticos com capacidade aproximada de 10 L após quinze dias. A distribuição foi de duas plântulas por vaso. Como substrato foi utilizado planossolo, coletado em Maio de 2007, no Povoado Cacimba Nova (38°2'35''W; 10°43'46''S), no município de Poço Verde-SE, (Apêndice B). O solo coletado foi submetido à análise de fertilidade completa no Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe – ITPS. O resultado da referida análise está descrito na tabela 4.1.

**Tabela 4.1:** Análise de planossolo coletado no Povoado Cacimba Nova, município de Poço Verde-SE.

<b>ANÁLISE DE SOLO-FERTILIDADE COMPLETA (ITPS)</b>					
<b>Ensaio</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidade</b>	<b>LDM</b>	<b>Método</b>	<b>Data do Ensaio</b>
pH em água	6,4	--	--	MAQS-Embrapa	24/05/07
Matéria orgânica	32,0	g/dm <sup>3</sup>	--	--	24/05/07
Cálcio+Magnésio	8,69	cmolc/dm <sup>3</sup>	0,30	MAQS-Embrapa	24/05/07
Cálcio	7,04	cmolc/dm <sup>3</sup>	0,30	MAQS-Embrapa	24/05/07
Magnésio	1,65	cmolc/dm <sup>3</sup>	--	MAQS-Embrapa	24/05/07
Alumínio	ND	cmolc/dm <sup>3</sup>	0,05	MAQS-Embrapa	24/05/07
Sódio	0,29	cmolc/dm <sup>3</sup>	--	MAQS-Embrapa	24/05/07
Potássio	0,74	cmolc/dm <sup>3</sup>	--	MAQS-Embrapa	24/05/07
Hidrogênio+ Alumínio	0,43	cmolc/dm <sup>3</sup>	--	MAQS-Embrapa	24/05/07
Sódio	66,8	ppm	--	MAQS-Embrapa	24/05/07
Potássio	288	ppm	--	MAQS-Embrapa	24/05/07
Fósforo	9,0	ppm	0,7	MAQS-Embrapa	24/05/07
pH em CaCl <sub>2</sub>	6,38	--	--	MAQS-Embrapa	24/05/07
pH em SMP	7,43	--	--	MAQS-Embrapa	24/05/07
SB- Soma de Bases Trocáveis	9,72	cmolc/dm <sup>3</sup>	--		24/05/07
CTC	10,2	cmolc/dm <sup>3</sup>	--		24/05/07
PST	2,84	%	--		24/05/07
V-Índice de Saturação de Base	95,3	%	--	--	24/05/07

As regas foram realizadas diariamente, mantendo-se o solo na capacidade de campo. As necessidades do substrato foram sanadas em função dos resultados da análise de solo com respectiva recomendação de adubação para a cultura do feijão, de acordo com Malavolta *et al.* (2000). Ao longo do experimento foram realizadas as práticas culturais e aos tratamentos fitossanitários normalmente recomendados para a cultura.

#### 4.2.2 – Desenho Experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com esquema fatorial 3X2 (três cultivares e dois níveis hídricos), sendo duas cultivares do gênero *Vigna* e uma do gênero *Phaseolus*, dois níveis de suprimento hídrico e quatro repetições por tratamento. Os níveis hídricos foram formados por plantas mantidas sob capacidade de campo e plantas submetidas à supressão de irrigação. A supressão hídrica foi iniciada 38 dias após a semeadura, no estágio vegetativo que antecede a floração. As análises ecofisiológicas e bioquímicas foram realizadas em dias alternados iniciando-se no dia 02/08/07 e terminando no dia 10/08/07. As plantas submetidas ao déficit hídrico foram reidratadas tão logo apresentaram taxa fotossintética nula para a verificação da capacidade de restabelecimento dos valores observados no grupo controle.

#### 4.2.3 – Descrição das Cultivares

##### a) *Vigna unguiculata* (L.) Walph

Foram utilizadas duas cultivares de feijão caupi para o experimento. A ‘BR 17 Gurguéia’ foi selecionada por ter se mostrado tolerante a algumas fitopatologias e pelo excelente rendimento em ensaios irrigados e de sequeiro. A ‘BRS Marataoã’ foi selecionada por ter se apresentado moderadamente resistente à seca em ensaios realizados na Bahia e por ter sido selecionada para fazer parte em Sergipe do projeto “Sementes para a agricultura familiar no Nordeste” a ser executado pela Embrapa Transferência de Tecnologia com o apoio do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA). Também é indicada para o cultivo em sequeiro.

**BRS-Marataoã**

Segundo dados da EMBRAPA (2004), a cultivar ‘Marataoã’ pertence à classe comercial Sempre-verde, possui hábito de crescimento indeterminado e porte semi-prostrado, flores roxas, vagem amarela, semente esverdeadas, ciclo de 75 dias, com floração em média 42 dias após a germinação. Demonstrou resistência ao mosaico severo (CSMV) e à mancha café (*Colletotrichum truncatum*). Foi verificada também moderada tolerância á seca e á alta temperatura. Os ensaios foram realizados no Piauí, Paraíba e Bahia. A produtividade variou de 831 a 1807 Kg/ha. (Apêndice C-figura C1).

**BR 17-Gurguéia**

De acordo com a EMBRAPA (1993), a cultivar ‘Gurguéia’ pertence à classe comercial Sempre-verde, possui hábito de crescimento indeterminado e porte enramador, flores roxas, vagem verde, semente esverdeada, ciclo de 75 dias, com floração média 52 dias após a germinação. Nos testes preliminares demonstrou imunidade ao mosaico severo do caupi (Cowpea Severe Mosaic Virus-CSMV) e ao Cumcuber Mosaic Vírus (CMV). Há evidências de que seja altamente resistente ao mosaico dourado (Cowpea Golden Mosaic Vírus -CGMV) e a alguns Potyvirus, principalmente ao Cowpea Aphid-Born Mosaic Vírus (CAMV).A percentagem de proteínas foi de 24,29 %. Os testes foram conduzidos no Piauí. A produtividade média alcançada foi de 976 Kg/ha em cultivo de sequeiro e 1695 Kg/ha em cultivo irrigado.(Apêndice C-figura C2).

**b) *Phaseolus vulgaris*. L.**

Foi utilizada uma cultivar de grão rajado, grupo comercial Manteigão. A escolha deveu-se a uma melhor aptidão germinativa em relação às sementes dos outras cultivares fornecidos pela EMBRAPA.

## **BRS Radiante**

Segundo dados da EMBRAPA (2002), a cultivar ‘Radiante’ possui hábito de crescimento determinado e porte ereto, flores com asas róseas e estandarte roxo, vagens verdes com estrias vermelhas, semente bege com pontuações roxas, ciclo de 80 dias, sendo que a floração ocorre em média 40 dias após a germinação. Pode ser cultivada nas três safras (águas, seca e inverno), em consórcio ou monocultivo. Nos testes preliminares apresentou resistência a algumas fitopatologias como o mosaico-comum, antracnose e a ferrugem. A percentagem de proteínas foi de 19,4%. Os testes foram realizados nos Estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul. A produtividade média foi de 2.440 Kg/ha. (Apêndice C-figura C3)

### **4.2.4 – Avaliações Ecofisiológicas**

Foram determinadas as taxas de fotossíntese líquida ( $A$ ) e transpiração ( $E$ ), a condutância estomática ( $g_s$ ), o potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) e o teor relativo de água ( $RWC$ ). Também foram calculadas a eficiência instantânea de transpiração em função da relação  $A/E$  e a eficiência intrínseca do uso da água em função da relação  $A/g_s$ . As medições foram realizadas em folhas totalmente expandidas sempre no mesmo horário, entre 9 e 10 horas da manhã.

Para determinação de  $A$ ,  $E$ ,  $g_s$  foi utilizado um analisador de gases por infravermelho portátil (IRGA) modelo CIRAS-2 (PPSystems Hitchin, UK). A radiação fotossinteticamente ativa utilizada foi de aproximadamente  $1800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Os valores de  $\Psi_w$  foram obtidos através de uma bomba de pressão modelo 3005 (Santa Bárbara Soil Moisture, USA). O teor relativo de água foi estimado segundo Turner (1986), através da relação entre os pesos fresco, túrgido e seco das folhas coletadas, seguindo a seguinte equação:

$$RWC = [(\text{peso fresco} - \text{peso seco}) / (\text{peso túrgido} - \text{peso seco})] \times 100.$$

#### 4.2.5 – Avaliações Bioquímicas

Foram coletadas folhas totalmente expandidas próximas à região apical, a partir das quais foram obtidos os discos usados na realização das avaliações bioquímicas. As folhas foram coletadas no mesmo momento da realização das análises ecofisiológicas.

A dosagem de prolina foi realizada seguindo o método de Bates (1972), tendo como reagente base a niidrina. Para a curva padrão foi utilizada prolina em pó P.A. diluída em água destilada na concentração de 1 mg/ml. A maceração foi feita com ácido sulfosalicílico a 3%. Para o branco foi empregado o tolueno P.A. A leitura da densidade ótica (D.O.) em espectrofotômetro foi realizada com comprimento de onda de 520 nm.

A dosagem de proteínas solúveis foi realizada segundo Bradford (1976), tendo como reagente base o azul de comassie. Para a curva padrão foi utilizada albumina bovina (SAB) diluída em água destilada na concentração de 0,25 mg/ml. A maceração foi feita com TRIS (tris hidroximetil amino metano) 50mM. Para o branco foi utilizado o Reagente de Bradford, à base de azul de coomassie brilhante- G-250. A leitura da D.O. foi realizada a 595 nm.

A dosagem de açúcares solúveis foi realizada segundo o método de Ashwell (1957), tendo como reagente base uma solução de Antrona P.A. diluída em ácido sulfúrico a 0,2 % a qual também serviu como branco. Para a curva padrão foi utilizada uma solução de Glucose anidra P.A. diluída em etanol 80 %, obtendo-se uma concentração de 0,05 mg/ml. A maceração foi realizada com o auxílio de etanol 80 %. A leitura da D.O. foi realizada a 640 nm.

A dosagem de clorofilas total, *a* e *b* foi realizada segundo o método de Arnon (1949), tendo como reagente base a acetona diluída em água destilada a 80 %, a qual serviu para maceração (em conjunto com o Hidroxicarbonato de Magnésio) e também como branco. A leitura da D.O. foi realizada a 645 e 663 nm.

As análises foram realizadas no Laboratório de Botânica Aplicada do DBI/UFS. Para todas as dosagens foram utilizadas cubetas de cristal. As densidades óticas foram mensuradas em espectrofotômetro SP-22 da Biospectro.

#### **4.2.6 – Avaliações Fenológicas**

As análises fenológicas realizadas foram voltadas para variáveis relacionadas com viabilidade reprodutiva dos cultivares. Foram mensurados o comprimento médio das vagens, o número médio de sementes por planta e por vagem, a percentagem de vagens viáveis e o peso das sementes.

#### **4.2.7 – Análise Estatística**

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância. As interações significativas foram analisadas mediante teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Os dados foram analisados com o auxílio do software BioEstat, versão 4.0.

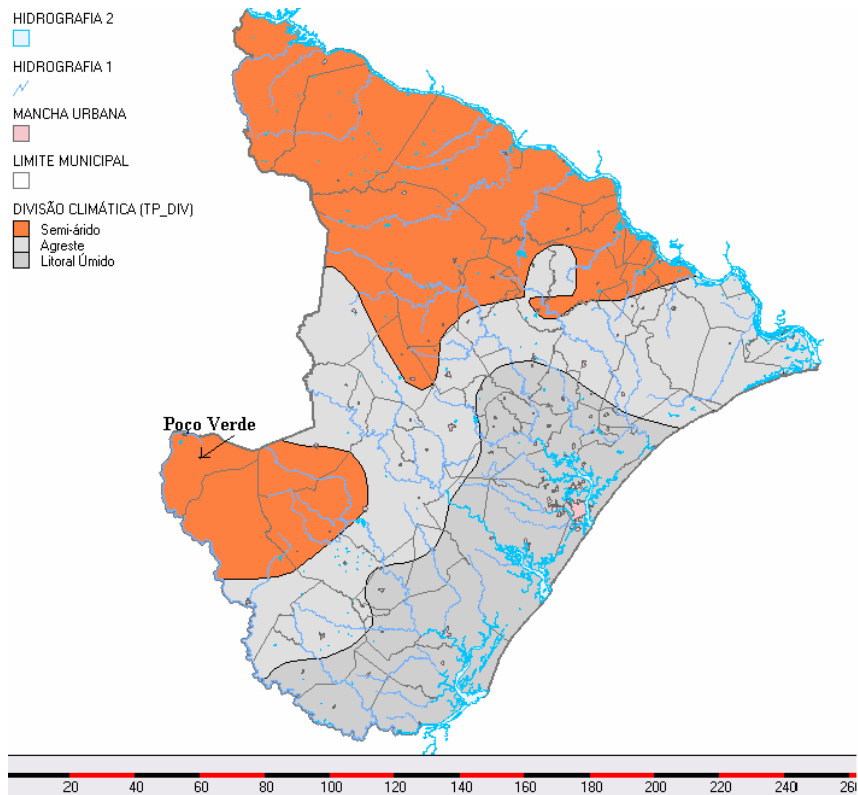
#### **4.2.8 – Caracterização das entrevistas**

Foram realizadas entrevistas semi-estruturadas dirigidas aos agricultores que cultivam feijão no município de Poço Verde-SE. A amostra não foi probabilística. Os entrevistados foram definidos com o auxílio de técnicos de extensão rural dos órgãos governamentais ligados à agricultura. As entrevistas foram realizadas entre Maio de 2007 e Janeiro de 2008. Foram realizadas 31 entrevistas, as quais foram realizadas em três ambientes: a) feira do feijão, realizada semanalmente na sede do município; b) propriedades rurais que tradicionalmente cultivam feijão; c) assentamento rural formado no final da década de 90. O conteúdo das entrevistas abrangeu a caracterização sócio-econômica dos entrevistados e da unidade produtiva, além de aspectos relativos à

produção do feijão. Foram feitos registros escritos de todas as entrevistas. As entrevistas foram realizadas individualmente. As respostas obtidas foram categorizadas a *posteriori*.

#### 4.2.9 – Caracterização da área de estudo: O município de Poço Verde-SE

O município de Poço Verde está localizado no sudoeste do Estado de Sergipe. Suas terras servem de fronteira entre Sergipe e Bahia, tendo como divisor o Rio Real ao sul e sudoeste. A oeste encontra-se um dos pontos extremos do estado. Distante 145 km da capital do Estado, situa-se na faixa climática comumente denominada de semi-árido (figura 4.1). Sua atividade econômica de maior importância é a agricultura, principalmente a realizada por pequenos produtores.



**Figura 4.1:** Localização do município de Poço Verde no Semi-árido sergipano. Fonte: SEPLANTEC-Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia. Governo do Estado de Sergipe. CD-rom. Escala- 1: 415.514.

Segundo dados do IBGE (2006) o município está situado na mesorregião geográfica do Sertão Sergipano e na microrregião de Tobias Barreto. Sua superfície é de 431 km<sup>2</sup> o que corresponde a 20,91% da microrregião e 1,95% do Estado de Sergipe. A população estimada no ano de 2005 foi de 21.418 habitantes. Seus limites são com os municípios baianos de Paripiranga, Adustina e Fátima ao norte; Heliópolis e Ribeira do Amparo ao oeste; com os municípios sergipanos de Simão Dias a leste e Tobias Barreto ao sul.

O município de Poço Verde destaca-se como maior produtor de feijão do Estado de Sergipe. Segundo dados do IBGE referentes à produção agrícola municipal de 2006, foram plantados 10.480 ha e produzidos 7.300 toneladas de feijão, o que corresponde a um rendimento médio de 696 kg/ha.

Apesar de não apresentar uma precipitação anual média muito baixa se comparado a outros municípios do sertão (cerca de 800 mm), a atividade agrícola é prejudicada pelas chuvas extremamente irregulares e mal distribuídas. Segundo Medeiros e Costa (2004), a demanda evapotranspirométrica de referência anual em Poço Verde é de 1025 mm. A estimativa de consumo de água aproximada para o feijão, cultivo de maior expressividade no município, é de 300 a 400 mm em todo o ciclo.

As temperaturas no município são elevadas - mínima média de 17,8° e a máxima 28,9°. A média anual está entre 23 e 24°C. Os solos encontrados no município são: planossolo solódico eutrófico, cambissolo, solos halomórficos e litólicos. As temperaturas favoráveis para o cultivo do feijão devem variar entre 15 e 30 graus celsius, estando o município dentro desses limites (Santos, 2004).

A compreensão da dinâmica ambiental do município é de extrema importância para que se possa fazer um manejo adequado do solo e um uso racional das potencialidades naturais deste. Os longos períodos de estiagem constituem-se num dos maiores problemas para o desenvolvimento da atividade agrícola no município. Cerca de 90% da agricultura em Poço Verde é praticada por agricultores familiares que têm nos cultivos de sequeiro suas principais fontes de renda.

**CAPÍTULO 5**  
**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

## 5 – Resultados e discussão

### Parte 1 – Diagnóstico da produção de feijão no município de Poço Verde-SE

#### 5.1 – Caracterização social dos entrevistados e da unidade produtiva

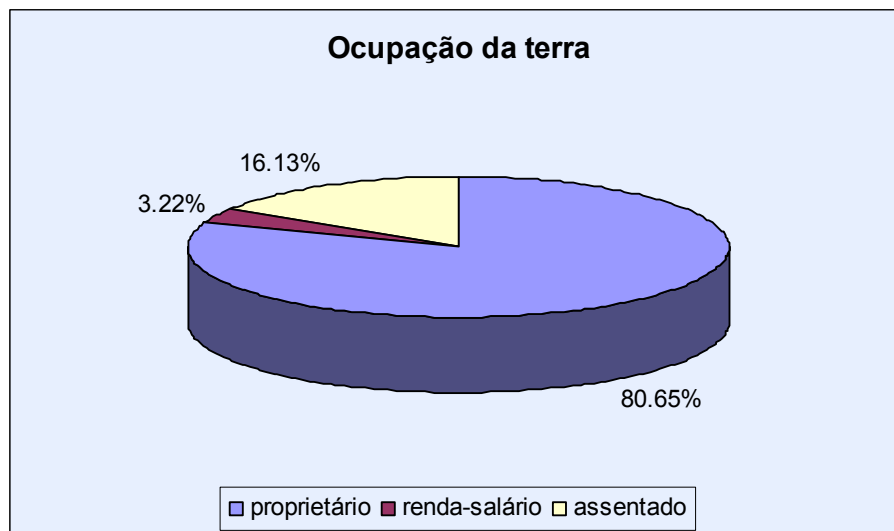
As entrevistas foram dirigidas a 31 agricultores na faixa etária entre 33 e 74 anos, predominantemente do sexo masculino (70,97%), tendo como escolaridade preponderante o ensino fundamental incompleto. A maior parcela dos entrevistados, 45,16%, reside no Povoado Cacimba Nova, região tradicionalmente produtora de feijão situada a noroeste no município de Poço Verde (tabela 5.1).

**Tabela 5.1** – Distribuição de entrevistados por local de residência no município de Poço Verde-SE, 2008

Localidade	Número de entrevistados	%
Assentamento Santa Maria da Lage	5	15.12
Bom Jardim	1	3.23
Cacimba Nova	14	45.16
Cansação	1	3.23
Fazendinha	2	5.45
Mimoso	1	3.23
Recanto	4	12.9
Roseirão	1	3.23
São José	2	5.45
total	31	100

A figura 5.1 apresenta a relação de ocupação da terra entre os entrevistados. Mais de 80% afirmaram ser proprietários das unidades produtivas, confirmando o diagnóstico descritivo das unidades rurais de produção em Sergipe realizado por Diniz (1998). Nesse diagnóstico o autor aponta propriedades individuais de ocupação direta como predominantes no Estado. A pesquisa também registrou uma forma indireta de

ocupação da terra, a renda-trabalho, e uma forma de ocupação autorizada, o assentamento governamental, conforme distribuição presente na figura abaixo.

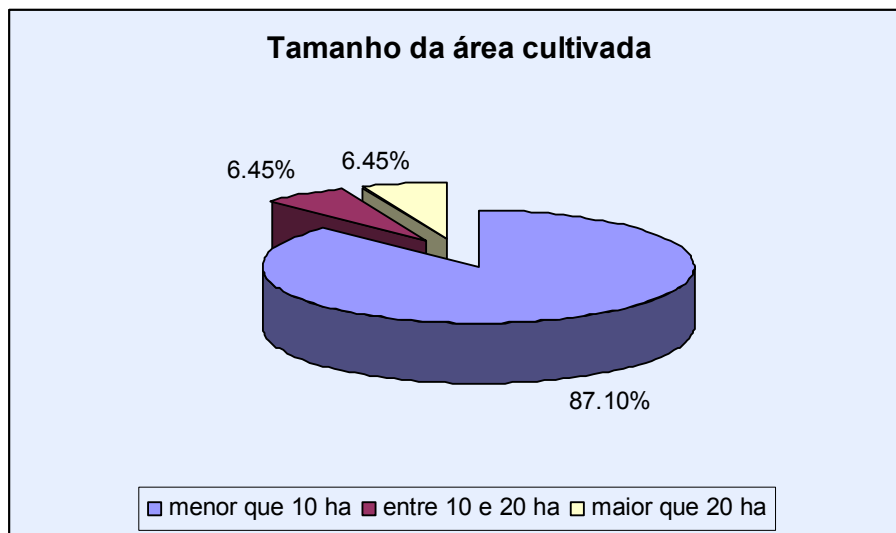


**Figura 5.1** – Distribuição das formas de ocupação da terra entre os produtores de feijão entrevistados no município de Poço Verde-SE, 2008.

Segundo informações dos agricultores, o núcleo familiar constitui a base da mão-de-obra utilizada nas atividades agrícolas. O efetivo gira em torno de 3 a 8 pessoas, entretanto, nos períodos de plantio e colheita trabalhadores temporários são contratados para auxiliar nas atividades. Esses trabalhadores são contratados sob regime de diárias e o pagamento pelos serviços é feito em dinheiro. O quantitativo da mão-de-obra temporária varia de acordo com o tamanho da área plantada e da produtividade da cultura. Os agricultores revelaram que nos períodos de preparo do solo, semeadura e colheita costumam trabalhar entre 5 e 6 dias por semana no cultivo do feijão, mesmo com auxílio externo.

A análise dos dados revelou que em 87,10% das unidades produtivas a área plantada com feijão é inferior a 10 ha, com média foi de 5,04 ha (figura 5.2). Tal resultado corrobora os dados do censo agropecuário 2006 do IBGE o qual ressalta a importância em Sergipe das unidades com menos de 20 ha na produção de cultivos básicos como feijão, milho, mandioca e arroz. A posse da unidade produtiva, a mão-de-obra e a gerência realizada pela família e propriedades de dimensões pequenas,

características que tipificam a agricultura familiar, estão presentes na produção de feijão em Poço Verde.



**Figura 5.2** – Distribuição dos agricultores entrevistados no município de Poço Verde de acordo com o tamanho da área de feijão cultivada, 2008.

## 5.2 – Aspectos sócio-culturais e econômicos da produção de feijão em Poço Verde

A pesquisa revelou que as tradições familiares são preponderantes na escolha pelo cultivo do feijão em Poço Verde, segundo resposta de 74,19% dos entrevistados. Em seguida vem a aptidão da região com 22,58% e a falta de oportunidades, representando 3,23 % das respostas. Esse resultado demonstra a representatividade da família enquanto instituição indutora de comportamentos e atividades na região.

A maioria dos agricultores, 83,87%, realiza plantio em consórcio, traço característico da agricultura familiar. O principal cultivo consorciado é o milho, seguido da mandioca. Esses resultados estão em consonância com os apresentados por Diniz (1998), o qual classifica feijão, milho e mandioca como o trinômio básico da agricultura familiar no Estado de Sergipe.

O plantio de feijão no município é realizado entre o final do mês Abril e início do mês de Maio, em virtude da proximidade da época das chuvas de inverno na região. Esse período de plantio corresponde à chamada segunda safra ou safra da seca de acordo com Stone e Sartorato (1994). A opção de plantio para a época que coincide com o inverno representa bem a problemática do clima Sergipe, caracterizada pela irregularidade espacial e temporal das precipitações pluviométricas, as quais decrescem significativamente do litoral para a porção oeste estado onde se encontram os municípios que fazem parte do semi-árido, dentre eles Poço Verde (Costa *et al.*, 2004). As figuras do apêndice E, ilustrando o uso de cisternas e açudes, caracteriza bem as estratégias utilizadas pelo sertanejo para convivência com seca. O período chuvoso concentra-se entre os meses de Abril a Agosto, com maior intensidade nos meses de Maio e Junho. Como os agricultores do município não dispõem de programas de irrigação, o plantio programado acaba sendo a única alternativa agrícola com possibilidade de êxito. Essa situação acaba determinando a ocorrência de uma única safra anual, inviabilizando a chamada safrinha.

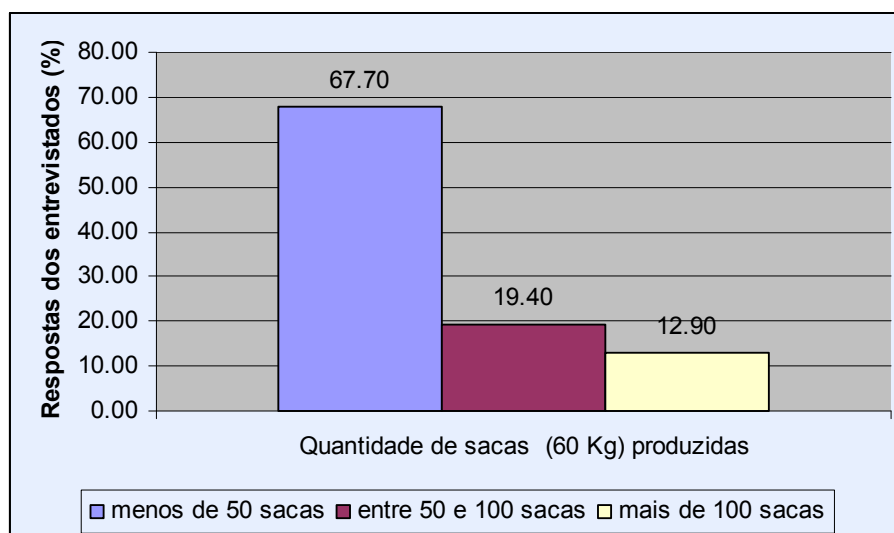
As sementes utilizadas no plantio são oriundas da safra anterior, segundo 83,87 % dos entrevistados. A pesquisa relevou que só os maiores produtores, com áreas plantadas de mais de 20 ha, dispõem de recursos para a compra de sementes melhoradas. Como forma de amenizar essa questão o governo federal, através do Ministério do Desenvolvimento Agrário em parceria com a EMBRAPA, lançou o Programa de Sementes para Agricultura Familiar do Nordeste, o qual deverá beneficiar mais de 40 mil agricultores familiares em toda a região (Brasil, 2007). O programa pretende distribuir cerca de 20 Kg de sementes selecionadas de milho e feijão caupi para pequenos produtores nordestinos. A idéia é que, a médio prazo sejam implantadas Unidades Coletivas de Multiplicação de Sementes em sete estados nordestinos, dentre eles Sergipe. Se o programa realmente for implementado e lograr êxito, a problemática da falta de sementes geneticamente melhoradas para os agricultores de municípios como Poço Verde poderá ser amenizada.

A tabela 5.2 apresenta os grupos comerciais de feijão mais cultivados em Poço Verde. O maior destaque fica por conta do grupo Carioca citado em todos os arranjos de respostas. Segundo os entrevistados, é a variedade mais comercializada na região. Todos os grupos citados pertencem à espécie *Phaseolus vulgaris L.*, conhecida popularmente como feijão comum.

**Tabela 5.2** – Grupos comerciais de feijão cultivados pelos agricultores do Município de Poço Verde-SE, 2008.

Grupos comerciais plantados	Número de entrevistados	%
mulatinho, carioca e badajós	24	77.42
mulatinho e carioca	2	5.45
carioca e badajós	1	3.23
carioca	4	12.9
total	31	100

A produção da maioria dos agricultores entrevistados, 67,74%, está abaixo de 50 sacas de feijão por ano (figura 5.3). Do quantitativo produzido parte é consumida na propriedade, na forma de alimento e sementes para a próxima safra, e parte é comercializada. Mais de 80% dos produtores comercializam a produção em uma feira local específica para o produto, “a feira do feijão”, realizada todos os sábados na sede do município. Os maiores produtores realizam transações interestaduais, comercializando o produto para Bahia, Pernambuco, Paraíba e Minas Gerais.



**Figura 5.3** – Quantidade de sacas de feijão produzidas anualmente segundo agricultores de Poço Verde-SE, 2008.

Quando questionados acerca da satisfação com o cultivo de feijão, 74,19% dos entrevistados deram respostas negativas. A irregularidade pluviométrica e a falta de dinheiro foram os fatores mais citados como prejudiciais ao cultivo do feijão em Poço

Verde Também foram citadas a ocorrência de pragas, a falta de apoio técnico e as dificuldades de estocagem do produto. A maior parte dos entrevistados (74,42%) afirmou já ter pensado em abandonar o cultivo do feijão, principalmente em detrimento do milho. Segundo os agricultores, as perdas com o milho são bem menores quando comparadas com as do feijão. Segundo dados de 2007 da gerência da Unidade Local de Negócios da DEAGRO, a estimativa de perdas com o cultivo do milho em Poço Verde foi de 30% enquanto o feijão apresentou perdas de 60% , o que vêm a corroborar com a premissa levantada pelos entrevistados.

O uso de adubos e defensivos químicos foi citado pelos agricultores como principal mecanismo para aumentar a produtividade da cultura do feijão (tabela 5.3). Mais de 80% dos entrevistados afirmou não receber nenhum tipo de incentivo para a produção. Apenas 16,13% afirmaram receber incentivos esporádicos como doação de sementes, apoio técnico e crédito rural da DEAGRO e dos bancos.

**Tabela 5.3** – Mecanismos para aumento da produtividade utilizados pelos produtores de feijão em Poço Verde-SE, 2008.

<b>Mecanismos para aumentar a produtividade</b>	<b>Número de entrevistados</b>	<b>%</b>
adubos químicos	20	64.53
adubos orgânicos	2	5.45
adubos químicos/sementes melhoradas	3	9.67
nenhum	6	19.35
total	31	100

Quando questionados sobre o feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* L.), espécie de feijão mais resistente à seca de acordo com a literatura científica (Andrade Júnior *et al.*, 2003), 93,55% afirmaram que o conhecem, mas nunca o plantaram. A preferência pelo plantio do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) foi creditada a questões mercadológicas já que a variedade é a mais comercializada no Estado. O discurso dos agricultores parece estar atrelado à tradição do cultivo e consumo de feijão comum na região. Como a maior parte dos agricultores comercializa sua produção no comércio local, não costumam plantar outras variedades de feijão. Entretanto, contraditoriamente, 90,33% dos entrevistados afirmaram que plantariam variedades de feijão resistentes à seca, mesmo sendo de espécie diferente do feijão comum.

O plantio de sementes adaptadas às características edafoclimáticas locais está entre os principais preceitos da Agroecologia. Segundo Altieri (2000), o agroecossistema é produtivo e saudável quando as plantas permanecem resilientes de modo a tolerar estresses e adversidades. Dentro dessa perspectiva, o plantio de variedades com alto grau de resistência à seca poderia ser uma alternativa viável para os agricultores de Poço Verde.

Como sugestões para a melhoria do cultivo de feijão no município, os agricultores de Poço Verde elencaram a introdução de projetos de irrigação, incentivos técnicos e financeiros, além da posse da terra para aqueles que ainda não a detém. As citações dos entrevistados acabam por apresentar resumidamente os principais entraves ao desenvolvimento agrícola enfrentados pelo pequeno produtor brasileiro.

Apesar de todas as dificuldades citadas, a maioria dos entrevistados (90,33%) diz não cogitar a possibilidade de abandonar a atividade agrícola. Aqueles que levantaram tal possibilidade o fariam em caso de ingresso no funcionalismo público, resposta já esperada em se tratando de uma localidade com atividades econômicas prioritariamente rurais, sem outras oportunidades de ocupação.

O posicionamento dos entrevistados em não abandonar a atividade agrícola, apesar das adversidades, deve ser considerado de maneira positiva pelas instituições governamentais, servindo de incentivo para a efetiva implementação de programas de extensão rural que possam subsidiar melhorias sócio-econômicas no espaço rural brasileiro.

## Parte 2 – Análise comparativa de cultivares de *Vigna unguiculata* L. e *Phaseolus vulgaris* L. submetidas à deficiência hídrica.

### 5.3 – Respostas ecofisiológicas

#### 5.3.1 – Potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ )

O potencial hídrico foliar (figura 5.4) apresentou uma tendência de redução em todas as cultivares analisadas. As médias apresentaram diferenças significativas a partir do quarto dia após a supressão hídrica, acentuando-se no sexto dia. Os menores valores foram alcançados em plantas não irrigadas da cultivar Radiante (figura 5.4 C), pertencente à espécie *Phaseolus vulgaris*, com média de -1,14 MPa no dia de déficit hídrico mais intenso, perfazendo-se uma redução de 67,65 % em relação ao início do experimento. Nesse mesmo dia, as médias das cultivares Marataoã e Gurgueia foram -1,04 e -0,98 MPa, o que corresponde a reduções respectivas de 40,54 e 32,43 % em relação ao início do experimento. Nas plantas irrigadas os potenciais variaram entre -0,5 e -0,7 MPa.

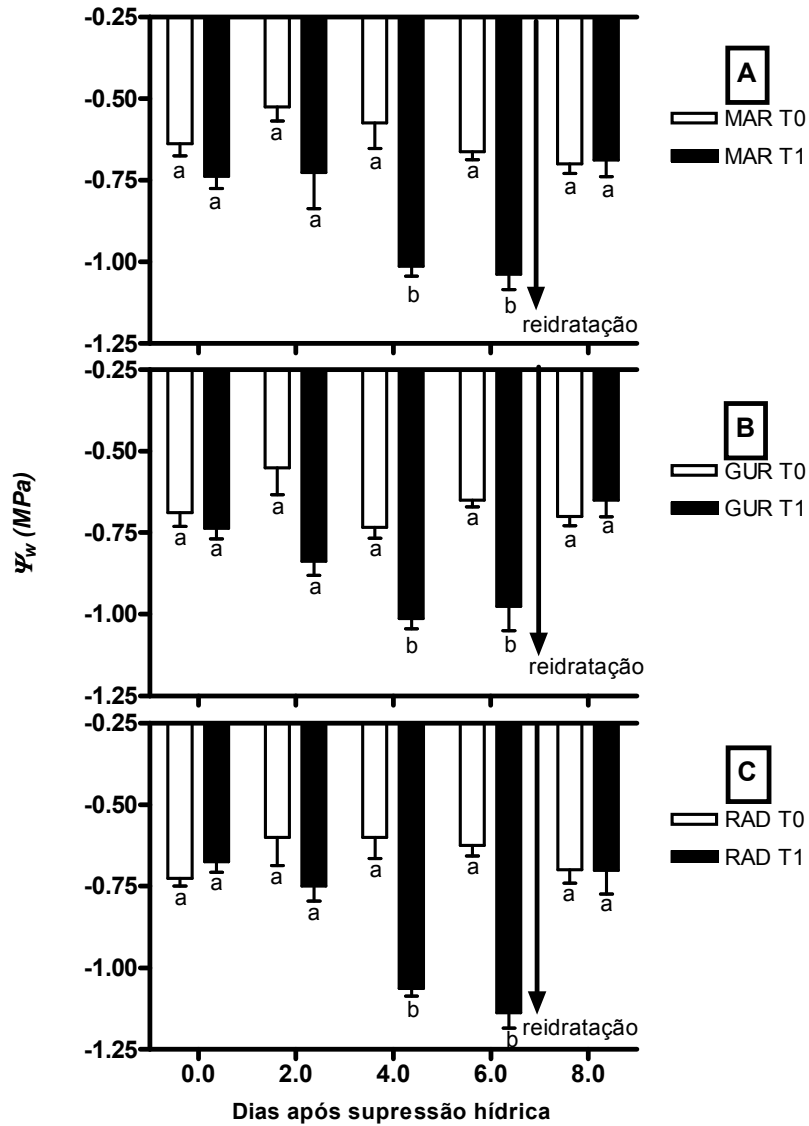
Após a reidratação houve restabelecimento do  $\Psi_w$  a valores semelhantes aos das plantas irrigadas. Nenhuma das cultivares alcançou valores de potencial hídrico inferiores a -1,9 MPa, considerado um limite aproximado para que haja recuperação no feijoeiro segundo Boyer (1978). Tal fato pode explicar a retomada do  $\Psi_w$  a valores próximos aos observados no grupo controle pós reidratação. O potencial hídrico é um dos parâmetros mais utilizados para descrever o status hídrico de uma planta, podendo ser relacionado linearmente com uma série de respostas fisiológicas e bioquímicas a deficiência hídrica.

Santos *et al.* (2006), em estudo realizado com os genótipos A320 e Ouro Negro, ambos pertencentes à espécie *Phaseolus vulgaris* L., observaram média de -1,1 Mpa no sétimo dia de supressão hídrica, resultado semelhante ao observado neste experimento com a cultivar Radiante, da mesma espécie. Outros estudos com diferentes cultivares de

feijão comum, em condições de cultivo e tempo de deficiência hídrica similares, também revelam respostas semelhantes, a exemplo de Souza *et al.* (2005) em experimento com a cultivar Jalo e Guimarães *et al.* (2006) com a cultivar RAB 96 nos quais foram observados potenciais de -1,1 e -1,07 MPa, respectivamente. Entretanto Micheletto *et al.* (2007) em estudo com a cultivar Negro Jamapa, também realizado em casa de vegetação, observaram ao sexto dia de supressão hídrica potencial de -2,57 MPa. Tais resultados sugerem uma maior sensibilidade da cultivar Negro Jamapa à deficiência hídrica e conseqüentemente uma maior resistência à seca, dentro da espécie *Phaseolus vulgaris* L, nas demais cultivares citadas.

No que concerne à espécie *Vigna unguiculata* L., Diallo *et al.* (2001) em estudo realizado com a cultivar B89-504, desenvolvido pelo Centro Nacional de Pesquisas Agronômicas do Senegal, observaram potencial hídrico de -0,9 MPa, semelhante ao da cultivar Gurguéia neste experimento. Já Souza *et al.* (2004) em trabalho com a cultivar Vita 7 observou, após seis dias sem irrigação, potencial de -1,27 Mpa.

Segundo Taiz e Zeiger (2006), plantas com potenciais hídricos foliares entre -1 e -2 Mpa denotam deficiência hídrica moderada e relativa resistência à seca. Dentro dessa perspectiva, apesar de a cultivar Radiante ter alcançado os menores valores de potencial hídrico em comparação com as cultivares Marataoã e Gurguéia, os resultados observados não foram significativamente díspares a ponto de desqualificá-la nesse parâmetro como uma opção de cultivo viável.



**Figura 5.4** – Potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) em cultivares de *V. unguiculata* L. (A e B) e *P. vulgaris* L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

### 5.3.2 – Teor relativo de água (*RWC*)

O teor relativo de água (figura 5.5) não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre as cultivares analisadas durante o período experimental. Na cultivar Marataoã, as médias de *RWC* variaram entre 90,67 e 71,32 %. Na Gurguéia, a variação foi de 79,93 a 68,03 % . Na Radiante, o *RWC* oscilou entre 82,27 e 68,50 %.

Nenhuma das cultivares analisadas atingiu valores críticos de *RWC* que pudessem comprometer a sobrevivência dos tecidos vegetais. De acordo com Bray *et al.* (2000), embora haja variação a depender do tipo de tecido e da espécie, os valores considerados críticos situam-se abaixo de 50 %. Ainda segundo os mesmos autores, as plantas que realizam ajustamento osmótico conseguem manter altos valores de *RWC* associados a baixos ou declinantes valores de potencial hídrico foliar. Esse parece ser o caso das cultivares analisadas, como será explicitado posteriormente nos tópicos relacionados às respostas bioquímicas à deficiência hídrica.

Resultados semelhantes foram encontrados por Cruz de Carvalho *et al.* (1998) em estudo realizado com as cultivares EPACE 1 e IT83D (*V. unguiculata*) e Carioca (*P. vulgaris*). Nesse trabalho, os valores do teor relativo de água variaram de 95 a 75 %. Diallo *et al.* (2001) também não encontraram reduções significativas em *RWC* no estudo realizado com a cultivar B89-504 da espécie *V. unguiculata*. Estudo realizado por França *et al.* (2000) com as cultivares de *P. vulgaris* A320, Carioca, Ouro Negro e Xodó apresentou *RWC* entre 90 e 80%. Os autores associaram a ausência de variações significativas nesse parâmetro à osmorregulação, tal como foi sugerido no parágrafo anterior. Reforçando esses resultados, Martinez *et al.* (2007), em experimento realizado na Estação experimental da Universidade do Chile com as cultivares de *P. vulgaris* Barbucho, Coscorrón, Orfeo, Pinto 114 e Tórtola também não encontraram variação significativa intra e intergenótipos no conteúdo relativo de água em virtude da deficiência hídrica. Tal parâmetro variou entre 78,7 e 90,8 % nas plantas analisadas. No trabalho de Martinez *et al.* (2007), tal como ocorreu neste experimento, houve reduções significativas no potencial hídrico foliar. Isso pode significar que a redução do potencial hídrico foi suficiente para evitar perdas de água significativas nas folhas. Dessa forma, o

*RWC* não parece ser um parâmetro altamente confiável para medir o status hídrico das espécies supracitadas.

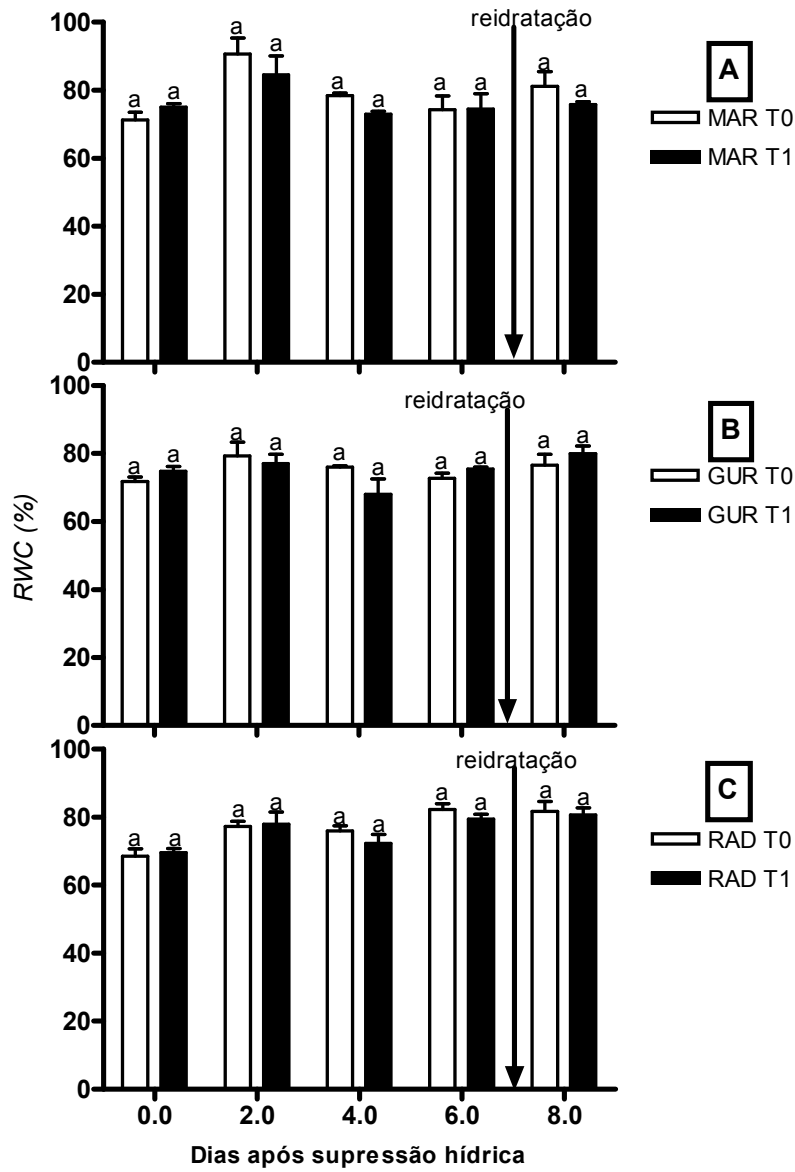


Figura 5.5 – Teor relativo de água (*RWC*) em cultivares de *V. unguiculata* L. (A e B) e *P. vulgaris* L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

### 5.3.3 – Condutância estomática ( $g_s$ )

A progressão da deficiência hídrica ocasionou diminuição da condutância estomática (figura 5.6) em todas as cultivares avaliadas. A diferença entre as médias de plantas irrigadas e plantas sob deficiência hídrica foi significativa a partir do quarto dia de supressão, com exceção da cultivar Marataoã, na qual as diferenças passaram a ser significativas após o segundo dia sem irrigação. Os menores valores de  $g_s$  foram alcançados quando as plantas de todas as cultivares registraram potenciais hídricos de aproximadamente  $-1,0$  Mpa.

Os valores de condutância estomática nas plantas irrigadas das cultivares Marataoã e Gurguéia, ambas pertencentes à espécie *V. unguiculata*, foram superiores aos da cultivar Radiante durante todo o experimento, demonstrando ser esta uma característica da espécie. Nas plantas irrigadas de *V. unguiculata* (figuras 5.6 A e B), a  $g_s$  variou entre  $0,73$  e  $1,00 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Na cultivar de *P. vulgaris*, Radiante (figura 5.6 C), as médias situaram-se entre  $0,48$  e  $0,62 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Entretanto, com o decorrer da deficiência hídrica o comportamento das cultivares demonstrou semelhanças, de modo que no dia de estresse mais intenso as médias de condutância estomática em todas as cultivares oscilaram entre  $0,01$  e  $0,02 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

Embora tenha existido aumento considerável dos valores de  $g_s$  nas plantas do grupo T1 48h após a reidratação, tal período não foi suficiente para que houvesse o total restabelecimento da condutância estomática a valores próximos do grupo controle, sendo provavelmente necessário um período maior para um restabelecimento completo. Ao que parece, a retomada do fluxo estomático pós reidratação é mais lenta do que a redução do fluxo quando da percepção da deficiência hídrica. Esse comportamento pode significar um resguardo da planta caso as razões da falta de água não tenham sido completamente sanadas.

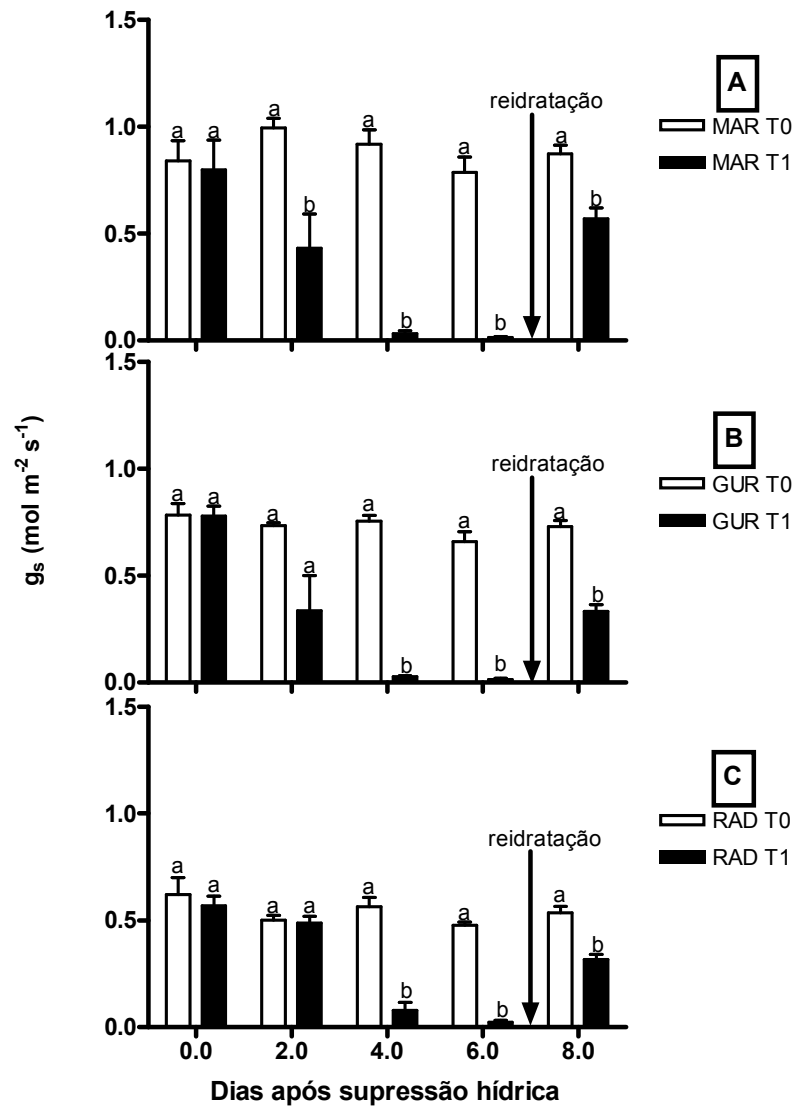
O fechamento estomático, junto com a inibição do crescimento foliar estão entre as primeiras respostas à seca, protegendo as plantas contra uma perda de água excessiva, a qual pode resultar em desidratação celular, fechamento da cavidade xilemática e até morte. Nesse sentido, plantas que conseguem rapidamente evitar a

perda de água através da diminuição do fluxo estomático e manter, pelo menos temporariamente, taxas fotossintéticas razoáveis apresentam um bom comportamento fisiológico em situações de deficiência hídrica. Dentre as cultivares analisadas neste experimento a que mais se aproxima desse padrão é a Marataoã, pois mesmo tendo reduzido significativamente o fluxo estomático no segundo dia de restrição hídrica conseguiu manter taxas fotossintéticas similares ao grupo controle nesse mesmo período.

A abertura e fechamento dos estômatos são ocasionados pelas mudanças no turgor das células guarda as quais respondem a sinais químicos que vão das raízes desidratadas até os brotos. Há evidências de que o Ácido Abscísico (ABA) esteja envolvido na regulação do movimento estomático (Davies & Zhang, 1991). Segundo Maroco *et al.* (1997), os estômatos respondem diretamente à taxa de água perdida pela folhas em decorrência de mudanças na demanda evaporativa ao invés de responderem a mudanças na umidade relativa do ar.

A abertura estomática também tem importante papel no resfriamento foliar, podendo este ser um fator de seleção agrônômica. Pesquisas com algodão e trigo têm relacionado alto crescimento com altos valores de condutância estomática em cultivos irrigados e submetidos a altas temperaturas (Lu *et al.*, 1997 e Chaves *et al.* 2003). Partindo dessa premissa e dos resultados observados neste experimento, as cultivares de *V. unguiculata* L analisadas teriam uma melhor aptidão agrônômica quando comparadas com o cultivar de *P. vulgaris* L. em condições razoáveis de irrigação.

Resultados semelhantes aos observados nesse experimento foram encontrados por Santos *et al.* (2006) em estudos realizados com as cultivares de *P. vulgaris* A320 e Ouro Negro. Os valores de  $g_s$  observadas nas cultivares de *V. unguiculata* irrigadas foram superiores aos encontrados na literatura. Nos experimentos realizados por Pimentel & Herbert (1999) e Souza *et al.* (2004) com as cultivares Epace 1 e Vita 7 o fluxo estomático não ultrapassou  $0,5 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . No entanto, sob deficiência hídrica o comportamento foi similar ao das cultivares citadas.



**Figura 5.5** – Condutância estomática ( $g_s$ ) em cultivares de *V. unguiculata* L. (A e B) e *P. vulgaris* L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

### 5.3.4 – Taxa de transpiratória ( $E$ )

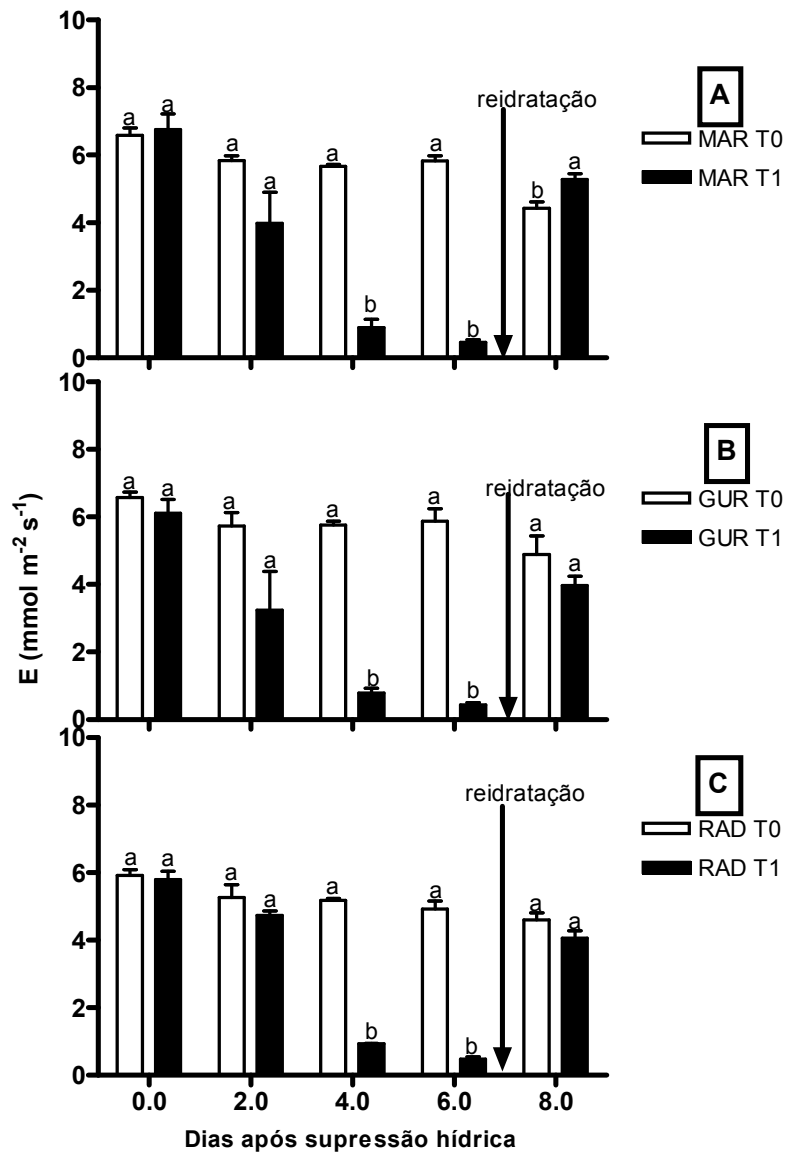
A taxa transpiratória (figura 5.7) seguiu o padrão de diminuição dos parâmetros ecofisiológicos supracitados, havendo diferenças significativas entre as médias de todas as cultivares analisadas a partir do quarto dia de supressão hídrica. No período de restrição hídrica mais intensa, as médias de  $E$  para as cultivares Marataoã, Gurguéia e Radiante foram de 0.46, 0.44 e 0.48  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , correspondendo a reduções respectivas de 93.19, 92.79 e 91.72 % em relação ao início do experimento. Após reidratação houve restabelecimento de  $E$  em todas as cultivares. Na cultivar Marataoã (figura 5.7 A) a taxa transpiratória pós reidratação nas plantas que sofreram supressão hídrica superou significativamente às observadas nas plantas mantidas sob capacidade de campo.

A transpiração ocorre quase totalmente através dos estômatos e gera um gradiente de potencial hídrico que vai das folhas até as raízes. Este gradiente é a força motriz responsável pela translocação da água no xilema das raízes para a superfície transpirativa das células do mesofilo e para os espaços intercelulares das folhas (Guimarães, 1988). As reduções na taxa transpiratória superiores a 90 %, observadas nesse experimento, coincidiram com valores de condutância estomática praticamente nulos, entre 0,01 e 0,02  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , confirmando a relação intrínseca entre os parâmetros citados.

Mudanças no potencial hídrico foliar causam alterações nas taxas de transpiração devido a mudanças no fluxo estomático. Por isso é possível traçar uma correlação linear entre a taxa transpiratória, condutância estomática e o gradiente de potencial hídrico solo-dossel foliar (Farquhar e Sharkey, 1982). Tal correlação também se verifica nos resultados obtidos nesse experimento.

Souza *et al.* (2005), em experimento realizado com a cultivar Jalo (*P. vulgaris*) observou taxas transpiratórias de aproximadamente 5,00  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  em plantas irrigadas, valor semelhante ao observado nesse experimento com cultivar Radiante. Sob deficiência hídrica as respostas também foram similares, com valores de  $E$  abaixo de 1,00  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

Seguindo o padrão da condutância estomática, as taxas transpiratórias das plantas irrigadas das cultivares Marataoã e Gurguéia (*V. unguiculata*) também foram relativamente superiores às encontradas em alguns trabalhos, a exemplo do estudo realizado por Anyia & Herzog (2004) com a cultivar RCXAC, cujos valores ficaram em torno de  $3,5 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Nas plantas submetidas à restrição hídrica, os valores obtidos estiveram também abaixo de  $1,00 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .



**Figura 5.7** – Taxa de transpiração (E) em cultivares de *V. unguiculata* L. (A e B) e *P. vulgaris* L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

### 5.3.5 – Taxa fotossintética líquida (*A*)

A deficiência hídrica ocasionou reduções significativas na taxa fotossintética (figura 5.8) de todas as cultivares analisadas. Foi observado o mesmo padrão do potencial hídrico, condutância estomática e transpiração, com reduções significativas a partir do quarto dia. No período de deficiência hídrica mais intensa, as cultivares Marataoã e Gurguéia apresentaram médias de 0,10 e 011  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , enquanto a cultivar Radiante apresentou média de -0,17  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Após reidratação, todas as cultivares apresentaram taxas fotossintéticas compatíveis com o grupo controle.

Existe uma discussão sobre quais fatores poderiam influenciar a diminuição das taxas fotossintéticas durante períodos de deficiência hídrica. Vários pesquisadores acreditam que tal diminuição se deve ao fechamento estomático, com conseqüente restrição à difusão de gás carbônico. Entretanto Tezara *et al.* (1999) em estudo realizado com girassóis afirmaram que a diminuição da síntese de adenosina trifosfato (ATP) e Ribulose bifosfato (RuBP), responsáveis pelo metabolismo do gás carbônico no Ciclo da Calvin, seriam os verdadeiros responsáveis pela diminuição da fotossíntese. Explicase. Para que haja fixação de carbono no processo fotossintético é necessário que exista RuBP, que se liga ao carbono inorgânico em uma reação catalisada pela enzima Rubisco. A produção de RuBP depende da energia do ATP. Diante disso, os autores concluem que a deficiência hídrica inibe a fotossíntese através da diminuição do suprimento de RuBP, ocasionado pela baixa quantidade de ATP em virtude da redução da quantidade de ATPsintetase. Em outras palavras a queda da taxa fotossintética estaria atrelada diretamente à falta de carbono fotossintetizável, o que explicaria a manutenção temporária de *A* mesmo com uma condutância estomática reduzida através da utilização do carbono ainda disponível na planta.

Partindo das premissas presentes no parágrafo anterior, é possível explicar o comportamento observado nas cultivares analisadas nesse experimento. A retomada de taxas fotossintéticas a valores semelhantes ao grupo controle antes mesmo da completa recuperação do fluxo estomático pós reidratação (figura 5.6) estaria relacionada com a uma rápida retomada da produção de ATPsintetase e RuBP, com conseqüente otimização da utilização do carbono já existente nas plantas. Esta seria, portanto, uma

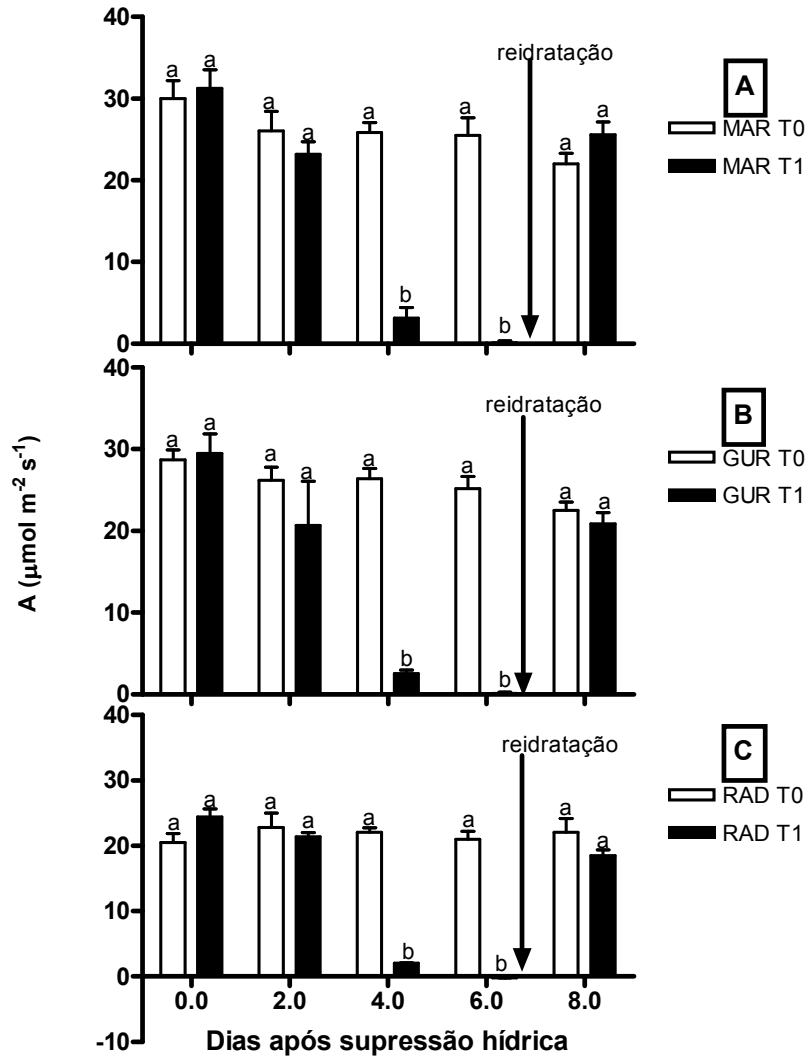
resposta a curto prazo. Com a continuidade das regas e o conseqüente aumento do potencial hídrico foliar e da condutância estomática o fluxo de carbono seria normalizado, mantendo as taxas fotossintéticas.

Assim como foi observado em relação à condutância estomática, a taxa fotossintética mostrou-se comparativamente superior nas plantas irrigadas das cultivares pertencentes à espécie *Vigna unguiculata* em relação à cultivar Radiante (*Phaseolus vulgaris*), o que suscita a existência de um maior potencial fotossintético e, portanto um maior potencial produtivo no feijão caupi.

A análise da literatura também revela que os valores de  $A$  observados nas plantas irrigadas de Marataoã e Gurguéia foram relativamente superiores aos observados em outros materiais da mesma espécie, situando-se acima de  $25 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . No experimento realizado por Souza *et al.* (2004), plantas irrigadas da cultivar Vita 7 alcançaram taxas fotossintéticas de  $17,00 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Anyia e Herzog (2004) ao analisarem esse mesmo parâmetro em plantas irrigadas da cultivar RCXAC, observaram taxas de  $12,00 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Sob deficiência hídrica, as cultivares citadas não apresentaram grandes variações de comportamento. As taxas fotossintéticas observadas nesse experimento com plantas irrigadas de feijão caupi foram semelhantes às encontradas por Costa (2003) nas linhagens L147 e L150 de soja (*Glycine max*).

As taxas fotossintéticas da cultivar Radiante (*P. vulgaris L.*) também demonstraram comportamento positivo em relação a outros materiais da mesma espécie, situando-se na média de  $20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Nas cultivares estudadas por Ashraf & Iram (2005) e Souza *et al.* (2005) as taxas foram de  $12,00$  e  $15,72 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente. Entretanto a cultivar Ouro Negro, estudada por Santos *et al.* (2006), alcançou valores similares aos observados na cultivar Radiante.

As diferenças observadas nesse experimento tanto nas cultivares de *V. unguiculata* quanto na cultivar de *P. vulgaris* em relação a outros materiais da mesma espécie podem estar relacionadas a fatores ambientais como o índice de radiação, o qual influencia a densidade de fótons fotossinteticamente ativos, e a características de produtividade fotossintética inerentes aos materiais genéticos.



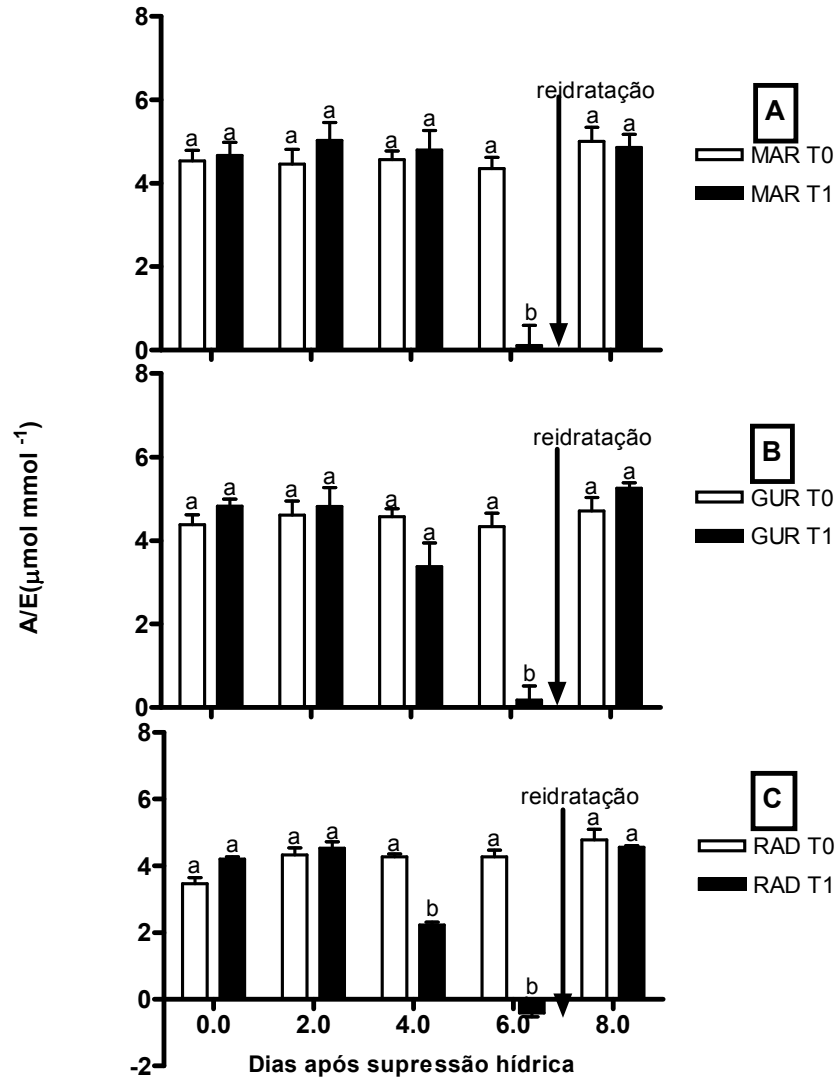
**Figura 5.8** – Taxa fotossintética líquida (*A*) em cultivares de *V. unguiculata* L. (A e B) e *P. vulgaris* L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

### 5.3.6 – Eficiência instantânea de transpiração ( $A/E$ )

Nas cultivares Marataoã e Gurguéia, as médias referentes à eficiência instantânea de transpiração (figura 5.9) em plantas submetidas à deficiência hídrica só sofreram redução significativa no sexto dia de supressão. Na Radiante, as reduções significativas foram observadas a partir do quarto dia. No período de deficiência hídrica mais intensa as médias de  $A/E$  nas referidas cultivares foram de 0,11, 0,17 e -0,40  $\mu\text{mol mmol}^{-1}$ , respectivamente. Esses resultados coincidem com taxas fotossintéticas praticamente nulas, taxas transpiratórias inferiores a  $1,00 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e potenciais hídricos abaixo de  $-1,00 \text{ MPa}$ . Nas plantas irrigadas, as médias nesse mesmo período foram de 4,35, 4,33 e 4,27  $\mu\text{mol mmol}^{-1}$ , respectivamente. Após reidratação houve recuperação em todas as cultivares analisadas.

A existência de redução da eficiência instantânea de transpiração evidencia uma correlação intrínseca entre  $A$  e  $E$  nas cultivares avaliadas. Nesse experimento, tal correlação foi diretamente proporcional, já que o declínio de  $A/E$  foi ocasionado por reduções nas taxas fotossintéticas e transpiratória e não por alterações em um dos parâmetros isoladamente. A cultivar Radiante parece ter sido a mais afetada pela deficiência hídrica no que concerne a esse parâmetro, pois foi a primeira a apresentar declínio significativo em relação ao grupo controle.

Anyia e Herzog (2004) encontraram resultados semelhantes em experimento realizado em casa de vegetação na Universidade de Berlin ao analisarem cultivares de *Vigna unguiculata* (L.) Walph. submetidas à restrição hídrica. Nesse estudo houve reduções significativas desse parâmetro nas cultivares UCR1340, Vita 7, UCR328, Lagreen e RCXAC. Jesus Júnior *et al.* (2001) encontraram a mesma situação de declínio de  $A/E$  em *P. Vulgaris* no experimento realizado com uma cultivar do grupo comercial Carioca.



**Figura 5.9** – Eficiência instantânea de transpiração ( $A/E$ ) em cultivares de *V. unguiculata* L. (A e B) e *P. vulgaris* L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

### 5.3.7 – Eficiência intrínseca do uso da água ( $A/g_s$ )

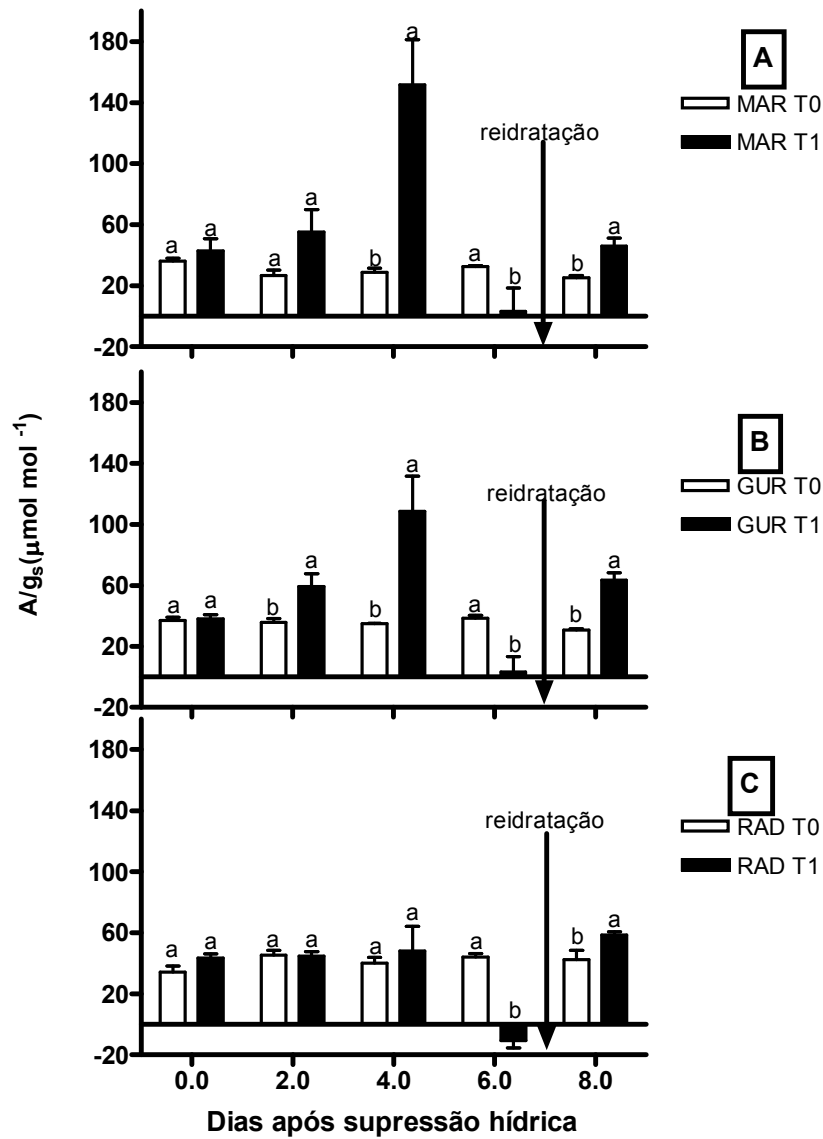
No que concerne à eficiência intrínseca do uso da água (figura 5.10), as cultivares demonstraram comportamento um tanto quanto diferenciado. Na Marataoã (figura 5.10 A), até o quarto dia de supressão houve uma tendência de aumento da  $A/g_s$  nas plantas submetidas à deficiência hídrica, configurando a continuidade da produção fotossintética mesmo com reduzidos níveis de condutância estomática. No quarto dia foram evidenciadas médias significativamente superiores no grupo T1 (114,04  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ) em relação ao grupo controle, T0 (28,76  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ). No sexto dia de supressão hídrica, com a redução mais intensa da condutância estomática e conseqüente diminuição da taxa fotossintética houve queda significativa da  $A/g_s$  nas plantas não irrigadas em relação ao grupo controle.

Na cultivar Gurguéia (figura 5.10 B) houve similar tendência de aumento da  $A/g_s$  relatada na cultivar Marataoã, entretanto com superioridade significativa do grupo T1 em relação ao controle já a partir do segundo dia de supressão hídrica. Os incrementos observados na eficiência do uso da água observados nas duas cultivares de *V. unguiculata* foram aproximadamente três vezes maiores que os valores observados no início do experimento. No período de deficiência hídrica mais intensa, o comportamento também foi semelhante ao Marataoã com queda na média das plantas do grupo T1 em relação ao controle.

Segundo Chaves *et al.* (2003), muitas plantas tendem a apresentar aumentos na eficiência do uso da água quando o estresse hídrico é moderado. Esse aumento é resultado da relação não-linear entre a assimilação do carbono e a condutância estomática, isto é, perda de água acontecendo antes e mais intensamente do que a inibição da fotossíntese. Incrementos significativos na eficiência intrínseca do uso da água, como os observados nas cultivares de *V. unguiculata*, foram observados em linhagens de soja analisadas por Costa (2003). No referido estudo as plantas submetidas à deficiência hídrica da linhagem L147 aumentaram os valores de  $A/g_s$  em 50%. Na linhagem L150, os valores foram três vezes maiores que os observados no grupo controle.

Na cultivar Radiante (figura 5.10 C) não se verificou a mesma tendência de aumento da  $A/g_s$  observada nas cultivares pertencentes à espécie *V. unguiculata*, contrariando resultados observados por Ashraf e Iram (2005) em cultivares de *P. vulgaris*. Entretanto foi observada uma queda significativa nas plantas submetidas à deficiência hídrica no período de déficit mais intenso, chegando a uma média de  $-10,77 \mu\text{mol mol}^{-1}$ , em razão da completa nulidade da taxa fotossintética.

Após a reidratação as plantas do grupo T1 de todas as cultivares analisadas apresentaram médias de  $A/g_s$  superiores às observadas no grupo controle. A explicação para isso está relacionada à recuperação mais rápida das taxas de fotossíntese (figura 5.8) em oposição a uma recuperação mais lenta da condutância estomática (figura 5.6) após a reidratação, aumentando o quociente da relação  $A/g_s$ .



**Figura 5.10** – Eficiência intrínseca do uso da água ( $A/g_s$ ) em cultivares de *V. unguiculata* L. (A e B) e *P. vulgaris* L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

## 5.4 – Respostas bioquímicas

### 5.4.1 – Teor de prolina

Os teores de prolina (figura 5.11), de maneira geral, apresentaram uma tendência de aumento nas cultivares analisadas, o que sugere a existência de ajustamento osmótico em maior ou menor grau, de acordo com os resultados que se seguem. Na cultivar Marataoã (figura 5.11 A), o aumento no quantitativo desse aminoácido só foi significativo no sexto dia de supressão hídrica, quando foi alcançado o valor de  $3,14 \mu\text{mol gMF}^{-1}$ , três vezes maior em relação ao início do experimento.

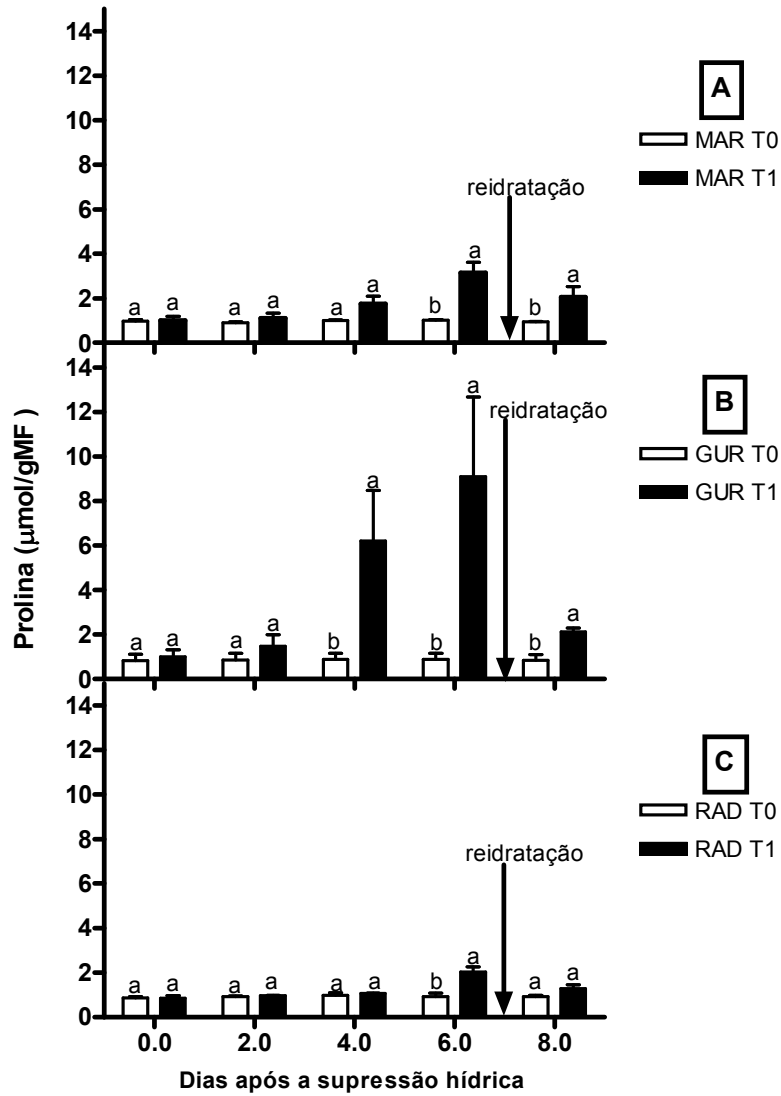
O ajuste osmótico mais expressivo, em função do aumento da concentração foliar de prolina, ocorreu na cultivar Gurguéia (figura 5.11 B) na qual as médias no grupo T1 passaram a ser significativamente superiores ao grupo controle a partir do quarto dia de supressão hídrica, intensificando-se no sexto dia, quando foi alcançada média de  $9,11 \mu\text{mol gMF}^{-1}$ .

Na cultivar Radiante (figura 5.11 C), só houve diferença significativa no sexto dia de supressão hídrica, com média de  $2,03 \mu\text{mol gMF}^{-1}$  em plantas não irrigadas e  $0,93 \mu\text{mol gMF}^{-1}$  no grupo controle. Após reidratação houve restabelecimento de valores semelhantes ao grupo T0 nesta cultivar. Nas cultivares Marataoã e Gurguéia, apesar de terem sido verificadas reduções, as 48 h pós irrigação não foram suficientes para o restabelecimento da equidade entre plantas dos grupos T0 e T1. Tal fato se deve provavelmente a lenta degradação desse aminoácido frente ao quantitativo acumulado durante o período de deficiência hídrica.

Os maiores incrementos de prolina nas cultivares analisadas coincidiram com os menores valores de potencial hídrico foliar (abaixo de  $-1,00 \text{ MPa}$ ), sugerindo uma relação inversamente proporcional entre tais parâmetros. Segundo Costa (1999), a deficiência hídrica causa diminuição do potencial hídrico foliar. Em contrapartida há o aumento do teor de prolina para que ocorra o ajustamento osmótico e a defesa da planta contra a desidratação. O incremento nos teores de prolina deve-se ao aumento da

atividade e/ou concentração da enzima P5CR, bem como a diminuição da degradação do referido aminoácido no mitocôndrio celular. O ajustamento osmótico tem sido considerado um dos processos cruciais na adaptação das plantas à seca, pois ele sustenta as atividades metabólicas dos tecidos e capacita o restabelecimento do crescimento após a reidratação, embora haja variação entre as cultivares.

Os teores de prolina podem variar bastante a depender do material genético, mesmo dentro da mesma espécie, tal como ocorreu nas cultivares de feijão caupi analisadas. Incrementos significativos nos teores de prolina foram observados por Costa *et al.* (2006) ao analisar plantas de *V. unguiculata* (cv. Manteguinha) submetidas à deficiência hídrica, tal como ocorreu na cultivar Gurguéia. Souza *et al.* (2004), ao estudar as variações de prolina na cultivar Vita-7 observaram incremento significativo somente no dia de estresse mais intenso, tal como ocorreu na cultivar Marataoã. Tillman & Silva *et al.* (2003), em estudo realizado com sorgo, verificaram incrementos de prolina da ordem de  $3,50 \mu\text{mol gMF}^{-1}$ , semelhante à cultivar Marataoã. O menor incremento de prolina foi observado no cultivar Radiante (*P. vulgaris*), demonstrando ajustamento osmótico em menor grau. Ashraf e Iram (2005) observaram resultados semelhantes aos obtidos com esta cultivar, cujas plantas não irrigadas alcançaram teores de prolina de aproximadamente  $2,00 \mu\text{mol gMF}^{-1}$ .



**Figura 5.11** – Teor de prolina em cultivares de *V. unguiculata* L. (A e B) e *P. vulgaris* L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

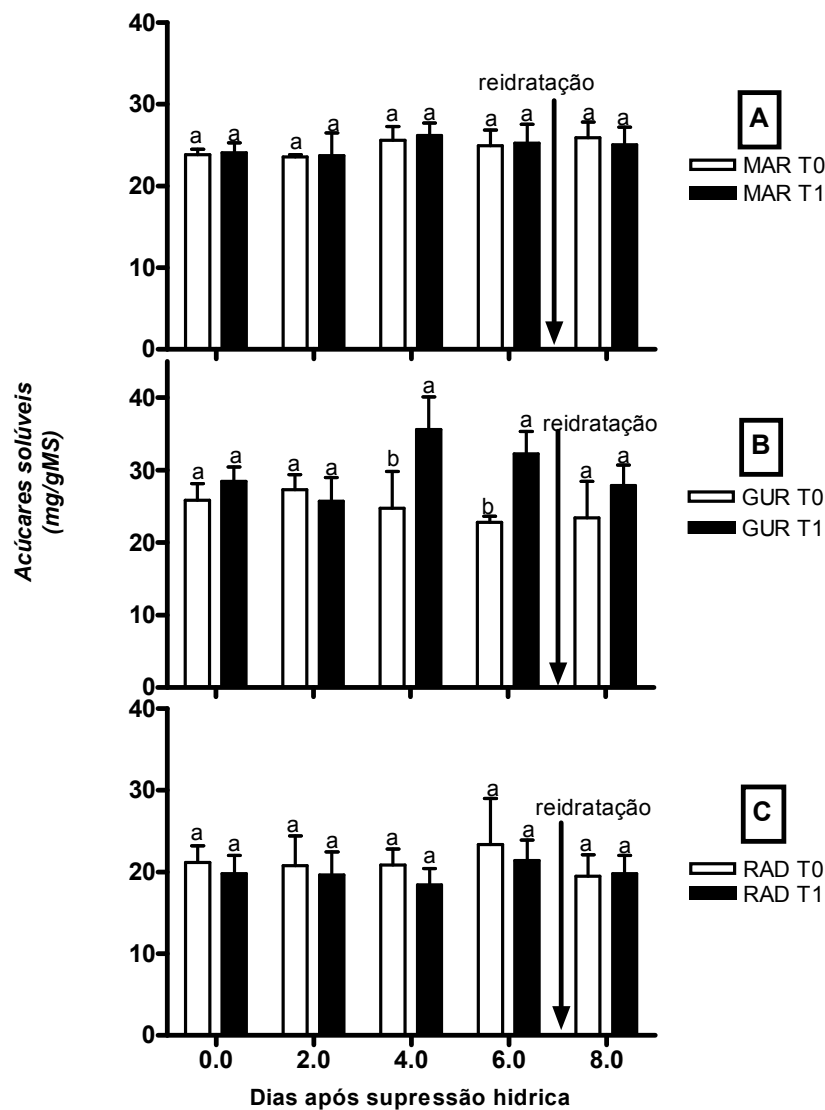
#### 5.4.2 – Teor de açúcares solúveis

Os teores de açúcares solúveis só variaram significativamente na cultivar Gurguéia (figura 5.12 B). Foram observados aumentos significativos nas médias das plantas submetidas à deficiência hídrica a partir do quarto dia de supressão, persistindo no sexto dia, quando foi alcançada média de  $32,28 \text{ mg gMS}^{-1}$ . Isso significa que nessa cultivar as moléculas de água se ligam aos carboidratos com finalidade de manter o nível de água na folha e induzir o ajustamento osmótico. Tal fato vem a corroborar a maior tendência desta cultivar à realização de ajustamento osmótico, entretanto a prolina parece ser o soluto mais compatível com esse papel, devido à uma maior magnitude no incremento desse aminoácido (figura 5.11 B). Após reidratação, as plantas irrigadas e as que sofreram deficiência hídrica apresentaram teores de açúcares solúveis semelhantes.

Os carboidratos têm diferentes funções nas plantas, desde estoque de energia até sinalização de estresses. As plantas utilizam várias estratégias dependentes de açúcares para adaptação aos estresses ambientais, entretanto o entendimento dos mecanismos de regulação e transdução de açúcares ainda não está bem esclarecido (Chaves *et al.*, 2003). Os açúcares parecem favorecer a expressão de genes que estão conectados com a biossíntese e estocagem de reservas em detrimento à repressão de genes associados com a fotossíntese e mobilização de reservas (Ho *et al.*, 2001). Essa correlação pode ser comprovada nesse experimento, pois os maiores teores de açúcares coincidiram com as menores taxas de fotossíntese na cultivar Gurguéia (figura 5.11 B).

Em geral, os teores de açúcares solúveis tendem a ser mantidos nas folhas das plantas submetidas à deficiência hídrica em oposição a baixas taxas de assimilação de carbono. Isso é alcançado através do gasto de amido, que declina drasticamente durante o processo (Chaves, 1991). Essa resposta favorece a osmorregulação, acentuando a tolerância à dissecação e favorecendo uma recuperação mais rápida das folhas mais jovens. Em outras palavras há uma espécie síntese de açúcares solúveis a partir de transformação bioquímicas em açúcares insolúveis, como o amido, objetivando o favorecimento do ajuste osmótico com conseqüente diminuição da perda de água pelas células vegetais.

Aumentos significativos nos teores de açúcares solúveis foram encontrados por Souza *et al.* (2004) e Oliveira Neto *et al.* (2006) em experimentos realizados com as cultivares de *Vigna unguiculata* Vita-7 e Sempre Verde, respectivamente. Plantas de Lobeira (*S. lycocarpum* St-Hil) estudadas por Chaves Filho & Stacciarini-Seraphin (2001) também apresentaram incrementos significativos nesse parâmetro em condições de cultivo semelhante.



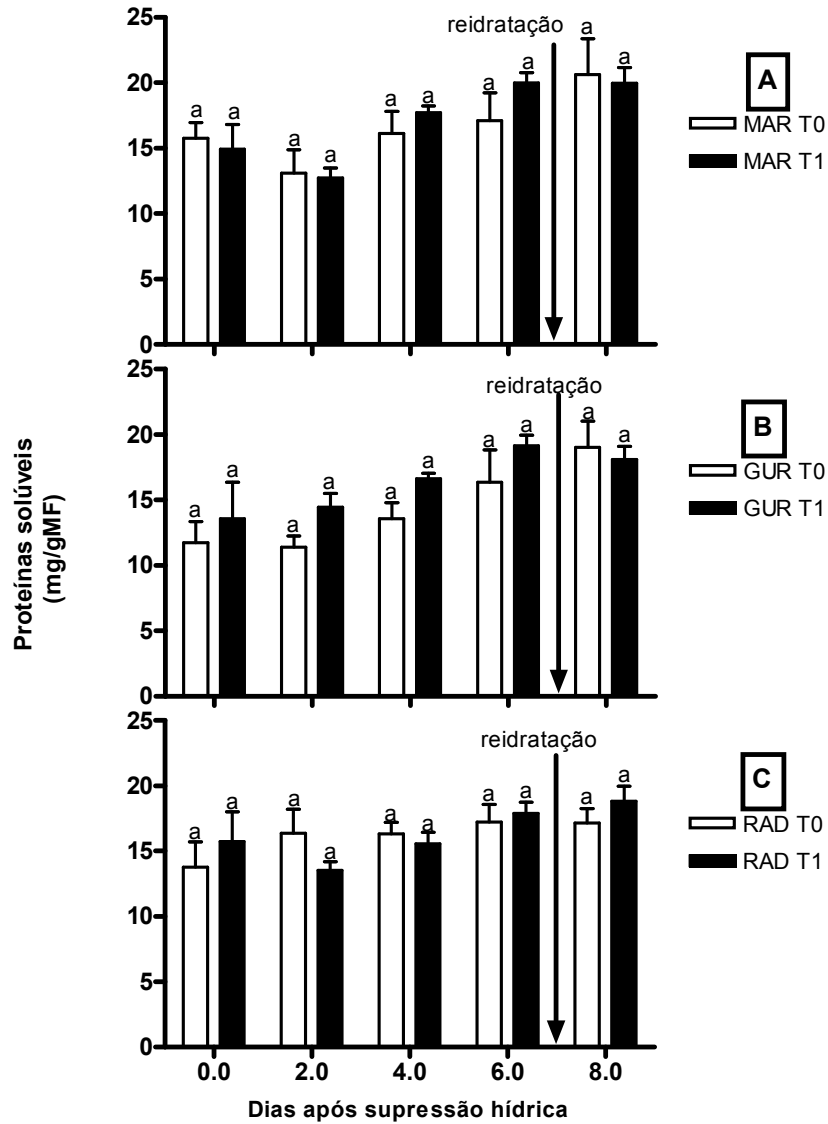
**Figura 5.12** – Teor de açúcares solúveis em cultivares de *V. unguiculata* L. (A e B) e *P. vulgaris* L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

### 5.4.3 – Teor de proteínas solúveis

Os teores de proteínas solúveis (figura 5.13) não apresentaram diferenças significativas entre as plantas irrigadas e aquelas submetidas à deficiência hídrica. Entretanto, houve durante o experimento uma leve tendência de aumento desses teores em todas as cultivares e níveis hídricos, sendo tal incremento mais acentuado na espécie *V. unguiculata*. Esse resultado está discordância com o encontrado por Costa *et al.* (2006) em experimento realizado com a cultivar Manteguiha (*V. unguiculata*) que apresentou redução de 41,98% no teor de proteínas solúveis nas plantas não irrigadas. Entretanto Ferreira (2005) ao analisar plantas de *Vigna luteola* não observou variações significativas, assim como Ashraf e Iram (2005) em experimento realizado com *P. vulgaris*, corroborando os resultados apresentados pela cultivar Radiante.

O aumento no teor de proteínas, mencionado no parágrafo anterior, pode estar relacionado com a acumulação de proteínas globulares hidrofílicas nos órgãos vegetativos em resposta à seca. Essas proteínas, conhecidas como LEA (late embryogenesis abundant) estão envolvidas na maturação de sementes, na estabilização de membranas e no seqüestro de íons (Garray-Arroio *et al.*, 2000). As proteínas LEA são classificadas em cinco grupos e todos eles têm provável função relacionada com resistência a estresses abióticos. Entretanto ainda são necessários estudos fisiológicos, bioquímicos e biofísicos mais aprofundados para determinar de que forma exatamente as proteínas LEA atuam nas plantas durante os estresses (Bray *et al.*, 2000).

Não foi possível nesse experimento correlacionar o aumento dos teores de prolina (figura 5.8) com a diminuição dos teores de proteínas solúveis, pois não foram registradas variações significativas nesse parâmetro. Isso significa que o incremento quantitativo desse aminoácido não foi ocasionado pela degradação de proteínas e sim pela produção enzimática inerente ao metabolismo da prolina nos tecidos vegetais, o que reforça o caráter protetor da osmorregulação.



**Figura 5.13** – Teor de proteínas solúveis em cultivares de *V. unguiculata* L. (A e B) e *P. vulgaris* L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

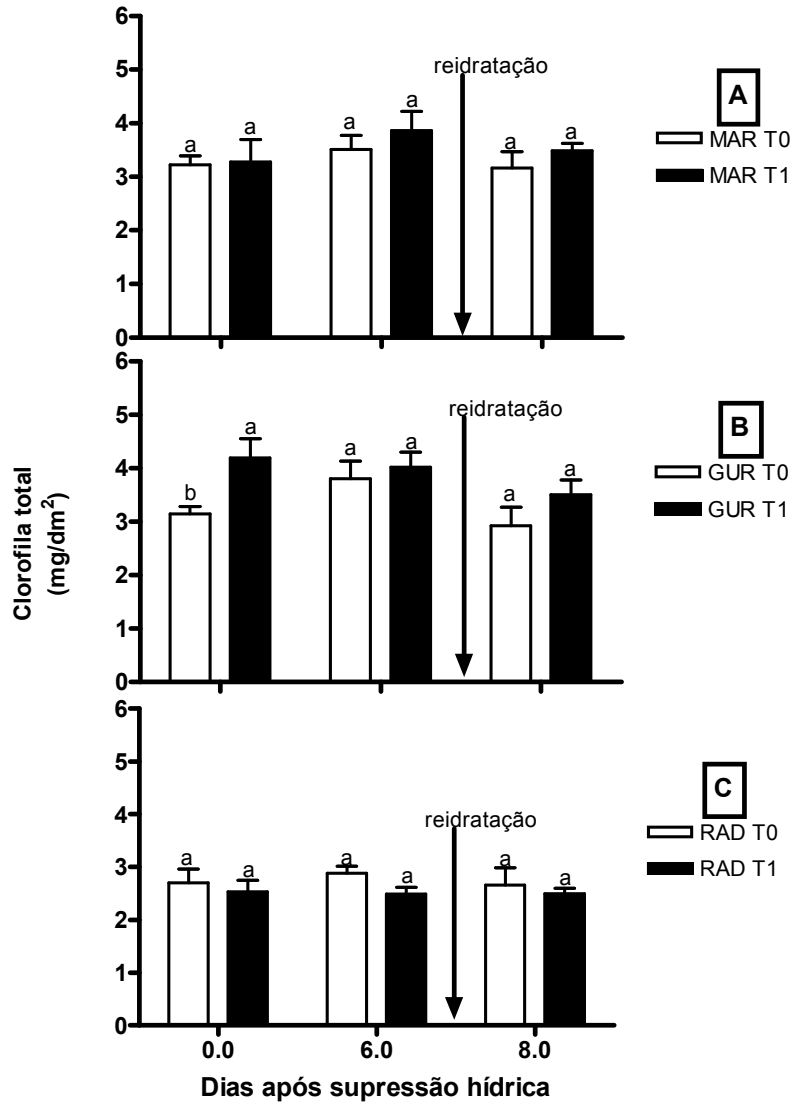
#### 5.4.4 – Teor de clorofila

Não foram registradas variações significativas nos teores de clorofila total, *a* e *b* (figuras 5.14, 5.15 e 5.16) passíveis de correlação com os efeitos da deficiência hídrica nas cultivares analisadas. Somente a cultivar Gurguéia apresentou uma variação significativa nos teores de clorofila total e *a* no primeiro dia de experimentação, sendo observados valores superiores no grupo T1 em relação ao controle (figura 5.14 B e 5.15 B). Entretanto tal diferença não pode ser creditada a deficiência hídrica, pois neste dia todas as plantas haviam sido irrigadas.

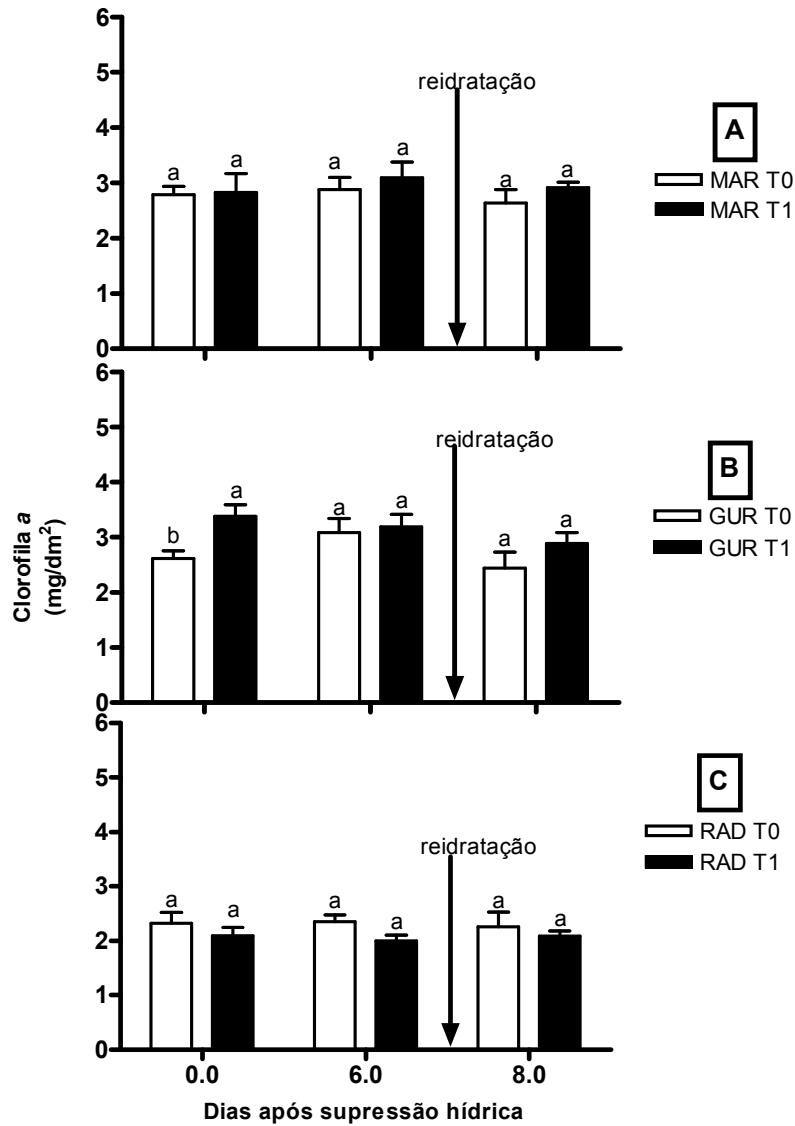
De uma maneira geral é possível observar que as cultivares pertencentes à espécie *V. unguiculata* apresentaram teores de clorofila total, *a* e *b* ligeiramente superiores aos observados no cultivar da espécie *P. vulgaris*, fato que pode estar relacionado com as maiores taxas de fotossíntese líquida observadas no feijão caupi quando comparado com o feijão comum (figura 5.8).

Os resultados obtidos com relação aos teores de proteínas solúveis e clorofila podem estar associados à ação protetora dos solutos osmoticamente ativos, como a prolina e os açúcares solúveis. O ajustamento osmótico é capaz de manter as atividades fisiológicas mais importantes da planta, possibilitando a redistribuição de carbono e nitrogênio, entre outros elementos constituintes da estrutura de moléculas protéicas, como é o caso da clorofila. Além disso, o acúmulo de tais solutos poderia agir como um estabilizador de enzimas e vesículas, como os tilacóides durante a desidratação, o que permitiria que a célula mantivesse suas funções por períodos maiores sem que houvesse degradação protéica considerável (Chaves *et al.*, 2003).

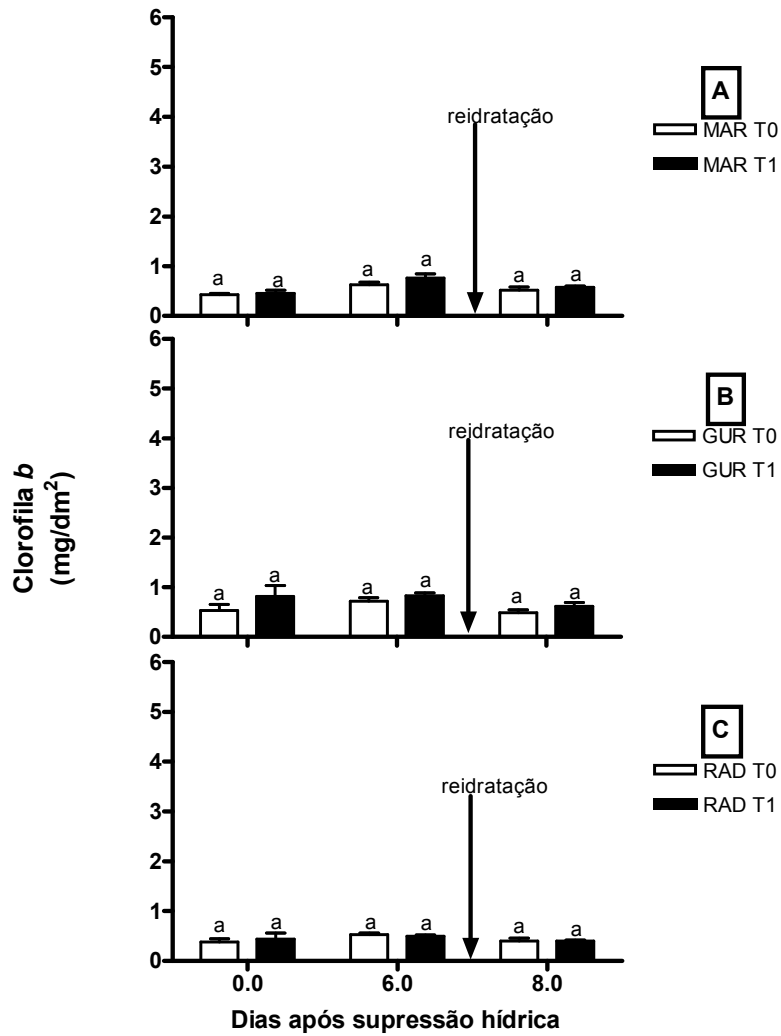
Resultados semelhantes aos apresentados nesse experimento foram observados por Aragão *et al.* (2005) e Ashraf & Iram (2005) em plantas de *V. unguiculata* e *P. vulgaris*, respectivamente.



**Figura 5.14** – Teor de clorofila total em cultivares de *V. unguiculata* L. (A e B) e *P. vulgaris* L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade



**Figura 5.15** – Teor de clorofila *a* em cultivares de *V. unguiculata* L. (A e B) e *P. vulgaris* L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade



**Figura 5.16** – Teor de clorofila *b* em cultivares de *V. unguiculata* L. (A e B) e *P. vulgaris* L. (C) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

## 5.5 – Respostas fenológicas

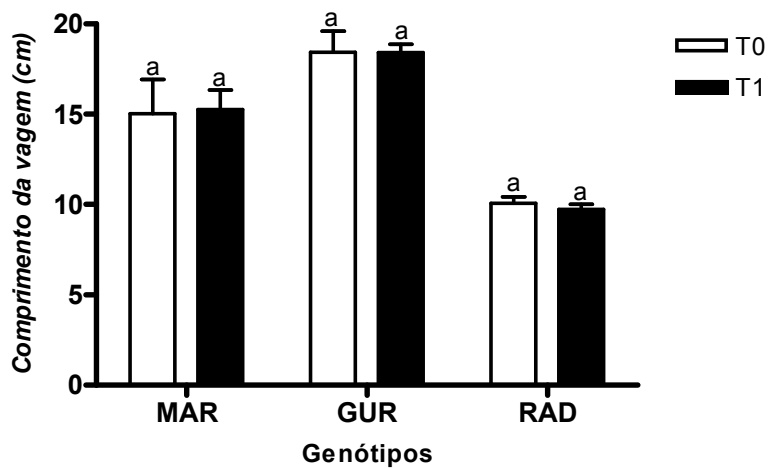
Neste experimento foram utilizadas as mesmas plantas para testes fisiológicos, bioquímicos e fenológicos, objetivando uma melhor compreensão dos efeitos da deficiência hídrica na planta como um todo. Entretanto, é importante salientar que as avaliações fenológicas em escala produtiva geralmente são realizadas com um quantitativo superior às quatro repetições utilizadas neste estudo, fato que pode justificar as altas variâncias em alguns parâmetros analisados. Dessa forma, os resultados apresentados nesse trabalho servem como referências preliminares para estudos fenológicos mais aprofundados.

### 5.5.1 – Comprimento médio das vagens

Não foram verificadas alterações no comprimento das vagens (figura 5.17) em decorrência da deficiência hídrica nas cultivares analisadas. A superioridade no tamanho das vagens de *V. unguiculata* em relação a *P.vulgaris* deve-se a diferenças estruturais inerentes às referidas espécies.

Santos *et al.* (2000) analisaram o comportamento fenológico de várias cultivares de *V. unguiculata* L. cultivadas em regimes irrigado e de sequeiro, dentre elas a Gurguéia. Segundo o resultado dos autores, não houve nessa cultivar diferença significativa no comprimento das vagens entre os níveis hídricos. O comprimento médio observado foi de 15,9 cm. Nesse experimento, com a mesma cultivar, também não houve variações estatísticas entre o resultado das plantas irrigadas e submetidas à supressão hídrica, entretanto o valor médio observado foi maior, cerca de 18,4 cm. As médias observadas na cultivar Marataoã foram de 16,50 cm para as plantas não irrigadas e 15,04 para o grupo controle, aproximando-se dos valores encontrados pelos autores para a cultivar Gurguéia e para a linhagem TE86-75-17E2.

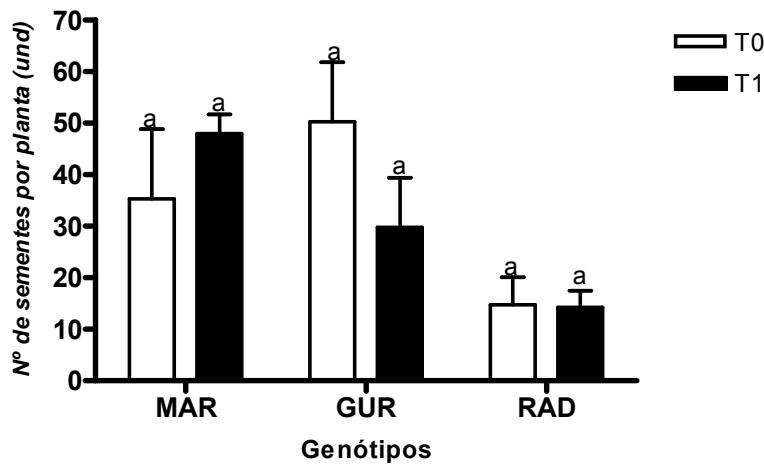
Experimentos realizados com três cultivares de *P. vulgaris* submetidas à deficiência hídrica revelaram resultados distintos entre os materiais analisados. As cultivares Turrialba 4 e Rio Tabagi sofreram redução significativa no comprimento das vagens em virtude da falta de irrigação. Já a cultivar EMPASC 201-Chapecó não apresentou variações no tamanho das vagens por ocasião da deficiência hídrica (Fiegenbaum *et al.*, 2003). As três cultivares utilizadas no experimento pertencem ao grupo comercial preto. Os resultados descritos no referido experimento corroboram a premissa de que os efeitos da falta de água nos vegetais variam bastante inclusive dentro da mesma espécie, o que justifica a necessidade de estudos contínuos com vários materiais genéticos emergentes.



Comprimento médio das vagens em cultivares de *V. unguiculata* L. (Marataoã-MAR e Gurguéia-GUR) e *P. vulgaris* L. (Radiante-RAD) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

### 5.5.2 – Número médio de sementes

Não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas no número médio de sementes (figura 5.18) em função da supressão hídrica. Entretanto foi observada uma maior produção de sementes nas plantas da cultivar Marataoã submetidas à deficiência hídrica quando comparada com as plantas mantidas sob capacidade de campo, o que demonstra que a capacidade reprodutiva não foi prejudicada pela restrição hídrica, apresentando inclusive um pequeno incremento. Na cultivar Gurguéia foi registrada diminuição no número de sementes produzidas, enquanto na Radiante foram produzidas menos sementes em relação às outras cultivares analisadas, mas não houve diferença de produção entre os níveis hídricos estabelecidos. No experimento realizado por Fiegenbaum *et al.* (2003), citado no tópico anterior, as três cultivares de *P. vulgaris* apresentaram redução na produção de grãos em virtude da deficiência hídrica, o que não ocorreu neste experimento com a cultivar Radiante, pertencente à mesma espécie.

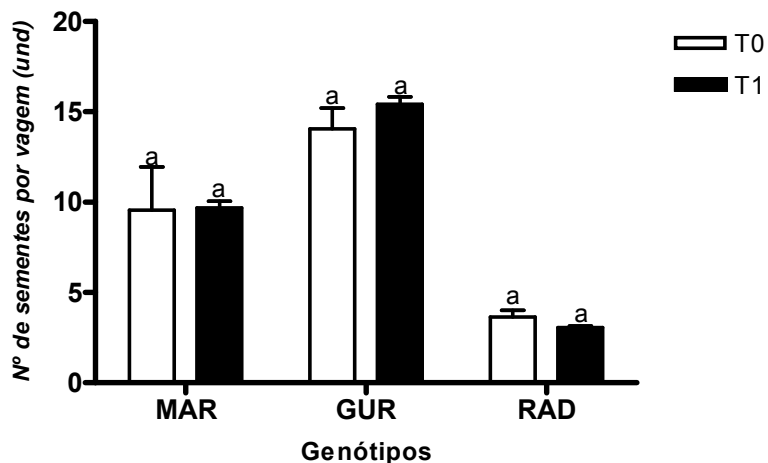


**Figura 5.18** – Número médio de sementes em cultivares de *V. unguiculata* L. (Marataoã-MAR e Gurguéia-GUR) e *P. vulgaris* L. (Radiante-RAD) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

### 5.5.3 – Número médio de sementes por vagem

O número médio de sementes por vagem (figura 5.19) não foi alterado pela restrição hídrica. Na cultivar Gurguéia, apesar de ter havido diminuição no número de sementes produzidas (figura 5.15), não houve alteração no número de sementes por vagem sendo este superior nos dois níveis hídricos ao número produzido pela cultivar Marataoã. Na cultivar Radiante, o número de sementes por vagem produzido foi estruturalmente menor do que aquele observado no feijão caupi, mas não houve diferenças intracultivar, sendo produzidas entre 3 e 4 sementes por vagem. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Gomes *et al.* (2000) ao comparar o rendimento de *P. vulgaris* (cv. Negro Argel, Xodó, Carioca e A320) cultivado sob regimes irrigado e sequeiro.

No experimento realizado por Santos *et al.* (2000) o número de sementes por vagem nas cultivares de *V. unguiculata* variou entre 10 e 16 unidades. Na cultivar Gurguéia foram observadas em média 16 sementes por vagem em ambos os regimes de cultivo. Nesse experimento a cultivar apresentou entre 14 e 16 sementes por vagem. Na cultivar Marataoã as médias ficaram em torno de 10 sementes por vagem.



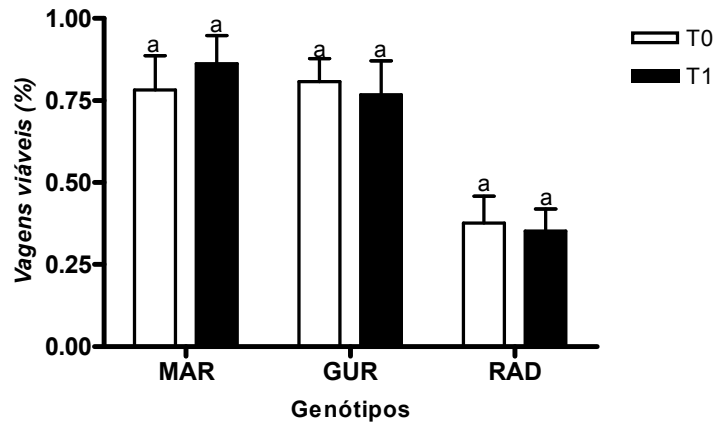
**Figura 5.19** – Número médio de sementes por vagem em cultivares de *V. unguiculata* L. (Marataoã-MAR e Gurguéia-GUR) e *P. vulgaris* L. (Radiante-RAD) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

#### 5.5.4 – Porcentagem de vagens viáveis

Não houve diferenças intracultivares na porcentagem de vagens viáveis em função da deficiência hídrica. Todavia as cultivares pertencentes à espécie *V. unguiculata* apresentaram superioridade nesse parâmetro, em ambos os níveis hídricos, quando comparados à cultivar da espécie *P. vulgaris* (figura 5.20). No experimento realizado por Pimentel e Perez (2000), as cultivares Negro Argel e Carioca não apresentaram variações na porcentagem de vagens viáveis. Entretanto, variações significativas foram observadas na cultivar Xodó.

Segundo O'Toole (1977), a deficiência hídrica reduz a fotossíntese tornando escassa a disponibilidade de fotossintatos para o enchimento das vagens, o que pode acarretar a queda das mesmas. Entretanto tal prerrogativa não pode ser usada para explicar o fenômeno da baixa porcentagem de vagens viáveis no cultivar Radiante uma vez que o número foi reduzido tanto em plantas irrigadas quanto nas submetidas à deficiência hídrica.

A explicação mais plausível para o fenômeno parece estar relacionada a uma característica inerente às cultivares de crescimento determinado (tipo I): a produção de vagens chochas. De acordo com Portes (1988), as cultivares de crescimento determinado produzem grande número de vagens chochas proporcionalmente ao número de vagens cheias. As cultivares indeterminadas também produzem vagens chochas, porém em menor quantidade. As vagens ficam chochas porque há problemas na fertilização dos óvulos dentro do ovário ou devido à falta de carboidratos procedentes das folhas, os quais são essenciais para o enchimento das sementes. Em geral essas cultivares perdem as folhas antes mesmo das últimas vagens se formarem completamente, o que pode ser a causa da alta porcentagem de vagens chochas, pois perdendo as folhas, deixaria de haver suprimento de carboidratos para as sementes. A cultivar Radiante possui crescimento determinado e apresentou amarelecimento e perda precoce de folhas, o que justificaria os resultados obtidos.



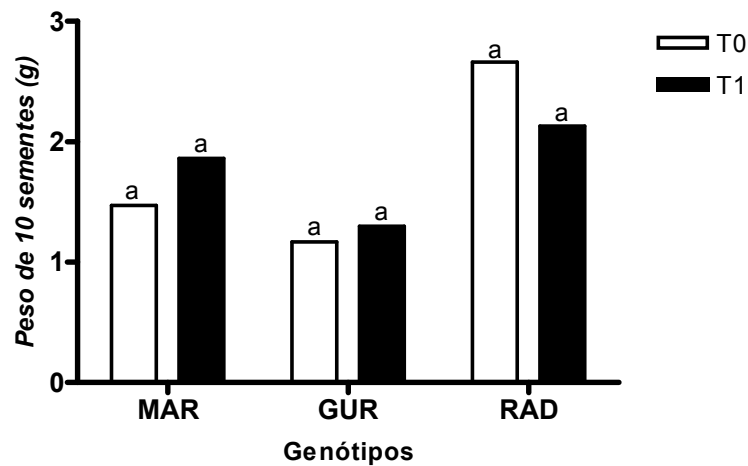
**Figura 5.20** – Porcentagem de vagens viáveis em cultivares de *V. unguiculata* L. (Marataoã-MAR e Gurguéia-GUR) e *P. vulgaris* L. (Radiante-RAD) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

### 5.5.5 – Peso de 10 sementes

O peso das sementes (figura 5.21) não apresentou variações estatisticamente significativas intracultivares em função da deficiência hídrica. Entretanto na cultivar Marataoã o peso das sementes das plantas não irrigadas foi 26,5 % superior em comparação ao grupo controle. Na cultivar Gurguéia, as sementes das plantas não irrigadas apresentaram peso 11,1 % maior do que as do grupo controle. Mesmo com a pequena variação, os valores apresentados nesse experimento estiveram de acordo com o resultado obtido por Santos *et al.* (2000) com essa mesma cultivar em regimes irrigado e de sequeiro.

A ocorrência de peso relativamente maior nas sementes das cultivares de *V. unguiculata* submetidas á deficiência hídrica em relação ao grupo controle pode estar relacionada com remobilização de fotossintatos para os órgãos reprodutivos e, conseqüentemente para os grãos.

Na cultivar Radiante ocorreu diminuição 24,8 % no peso das sementes oriundas das plantas que sofreram restrição hídrica quando comparado com aquelas mantidas sob capacidade de campo. Tal diminuição corrobora resultados obtidos por Guimarães *et al.* (2006) em estudo realizado com as cultivares BAT 477, Carioca e RAB 95. Já Gomes *et al.* (2000) ao comparar o peso de 100 sementes de feijões cultivados em regime irrigado e de sequeiro não encontrou diferenças significativas.



**Figura 5.21** – Peso de 10 sementes em cultivares de *V. unguiculata* L. (Marataoã-MAR e Gurguéia-GUR) e *P. vulgaris* L. (Radiante-RAD) sob capacidade de campo (T0) e deficiência hídrica (T1). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

**CAPÍTULO 6**  
**CONCLUSÕES E SUGESTÕES**

## 6 – Conclusões e sugestões

### Parte 1

- A produção de feijão no município de Poço Verde-SE está centrada no tripé básico da agricultura familiar: *i)* posse dos bens de produção; *ii)* gerência familiar da propriedade rural; *iii)* trabalho desempenhado em maior parte pelo núcleo familiar.
- As tradições familiares e culturais têm papel relevante na definição das atividades agrícolas. Tal prerrogativa está explícita na opção pelo cultivo do feijão e na escolha da espécie *Phaseolus vulgaris* L. como variedade predominante.
- O cultivo é realizado de maneira tradicional, sendo exíguas as experiências de utilização de ferramentas agrícolas modernas, como o uso de sementes melhoradas.
- As questões climáticas e a falta de incentivos técnicos e financeiros influenciam diretamente a produtividade da cultura.
- Apesar da insatisfação com os resultados produtivos da cultura do feijão, não existe expectativa de êxodo rural por parte dos agricultores entrevistados.
- Embora exista abertura à adoção do plantio de novas variedades de feijão resistentes à seca, a falta de organização social dos agricultores e a inoperância de políticas agrícolas emperram a ocorrência de mudanças efetivas. A implementação do Programa de Sementes para Agricultura Familiar do Nordeste do governo federal e o estudo sobre a possibilidade de abertura de novos mercados poderia auxiliar na implementação de tais mudanças.

## Parte 2

- O status hídrico das cultivares, mensurado através do potencial hídrico foliar e teor relativo de água, não revelou grandes distorções no comportamento entre as cultivares.
- As plantas irrigadas das cultivares de *Vigna unguiculata* apresentaram superioridade em relação às da cultivar de *P. vulgaris* em parâmetros como condutância estomática, teores de clorofila e taxa fotossintética, caracterizando a possibilidade de melhor aptidão agrônômica em termos de potencial produtivo.
- As cultivares de *Vigna unguiculata* submetidas à deficiência hídrica apresentaram melhor desempenho no que concerne à eficiência instantânea de transpiração e a eficiência intrínseca do uso da água quando comparadas com a cultivar da espécie *P. vulgaris*.
- Nas três cultivares analisadas observou-se a ocorrência de ajustamento osmótico, entretanto, na cultivar Gurguéia o processo foi quantitativamente mais intenso e teve a participação de dois solutos, a prolina e os açúcares solúveis.
- A ausência de alterações significativas nos teores de proteínas solúveis e clorofila (total, *a* e *b*) nas três cultivares pode ser associada às ações protetoras do ajustamento osmótico.
- O potencial reprodutivo não foi significativamente afetado pela deficiência hídrica, mas cabe ressaltar a superioridade, aparentemente inerente à espécie, das cultivares Marataoã e Gurguéia em relação à cultivar Radiante no que concerne a porcentagem de vagens viáveis.
- A análise comparativa inter-específica dos resultados revela um maior potencial de adaptabilidade a ambientes com restrição hídrica para as cultivares de *Vigna unguiculata*. Entretanto, quando comparados com cultivares da mesma espécie, os resultados obtidos com a cultivar Radiante não a desqualificam como opção viável, podendo representar

uma possibilidade de atender anseios culturais e econômicos concomitantemente.

- Para efetividade das indicações, faz-se necessária a realização de experimentos nas condições edafoclimáticas do semi-árido, objetivando a corroboração dos resultados obtidos nesse experimento e a determinação da produtividade desses materiais na região semi-árida.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## Referências bibliográficas

ALBERNETHY, G.A. & McMANUS, M. Biochemical responses to an imposed water deficit in mature leaf tissue of *Festuca arundinacea*. **Environmental. and Experimental. Botany.** v.40, p.17-28, 1998.

ALTIERI, M. Entrevista. **Agricultura sustentável**, Jaguariúna, v.2, n.2, p.5-10, jul./dez, 1995.

ALTIERI, M. **Agroecologia: A dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 2ª. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000.

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciencias naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. 2. ed. Sao Paulo: Pioneira, 1999.203p.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. **Sistemas de produção 2: Cultivo do feijão caupi**. Versão eletrônica, julho, 2003. ISSN 16788818.

ANYIA, A.O.; HERZOG, H. Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought **European Journal of Agronomy** .v.20, p.327–339, 2004.

ARAGÃO, M.E.F.; GUEDES, M.M.; OTOCH, M.L.O.; GUEDES, M.I.F.; MELO, D.F.; LIMA, M.G.S. Differential responses of ribulose-1,5-biphosphate carboxylase/oxygenase activities in two *Vigna unguiculata* cultivars to salt stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. v. 17, n.2, p.207-212, 2005.

ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplast. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*, **Plant Physiology**.v.24, p.1-15, 1949.

ASHRAF, M. & IRAM, A. Drought stress induced changes in some organic substances in nodules and other plant parts of two potential legumes differing in salt tolerance. **Flora** .v.200 :535–546, 2006.

ASHWELL, G. **Colorimetric analysis of sugar**. In: **Methods in Enzymology**, volume III. Eds. S. P. Colowick and N. O. Kaplan. Academic Press, p.73-105, 1957.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AGROBUSSINES. **Agrobussines Brasileiro: A História**. São Paulo, 2002, 225 p.

ÁVILA NETTO, J.; AZEVEDO, P.V.; SILVA, B.B.; SOARES, J.M.; TEIXEIRA, A. H.C. Exigências hídricas da videira na região do submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasília.**, v.35, p.1559-1566, 2000.

BATES, L. S.; WALDESM, R. P. and TEARE, I. D. Rapid determination of proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v.39, p.205-207, 1973.

BOYER, J.S. Water deficits and photosynthesis. In: Kozlowski, T.T. (Ed.). **Water deficits and plant growth**. New York, Academic Press, 1978. v.4, p.154-191.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. **Anal. Biochemical.**, v.72, p.248-253, 1976.

BRASIL. Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964. Estatuto da Terra.

BRASIL. Instrução Normativa nº. 12, DOU de 17 de junho de 2005, Seção 1, página 6, 2005.

BRASIL, Ministério da Agricultura – Coordenação-Geral de Zoneamento Agropecuário. **Nota técnica 1-Caupi/SE**. Brasília, 2002.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Programa de Sementes para Agricultura Familiar do Nordeste. [www.mda.gov.br](http://www.mda.gov.br). Acessado em 10/01/2007.

BRAY, E.A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, Responses to abiotic stresses. In: BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000., p.1158-1203.

BRITO NETO, J.; CARVALHO, H. W. L. de ; FREIRE FILHO, F. R; ROCHA, M. de M.; RIBEIRO, V. Q.; RIBEIRO, S. S. A.; RODRIGUES, R. S. dos ; NOGUEIRA, L. C. **Desempenho de linhagens de feijão-caupi de porte prostrado**. Aracaju: EMBRAPA CPATC, 2006.

BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. 1408p.

CAMPANHOLA, C. **O Problema Ambiental no Brasil: agricultura**. In: ROMEIRO, A. R., B. P. REYDON e M. L. LEONARDI. Economia do Meio Ambiente. Teoria, Políticas e Gestão de Espaços Regionais. Campinas, SP: UNICAMP, 1999.

CAPORAL, F.R. & COSTABEBER, J.A. Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável: perspectivas para uma nova extensão rural. In: ETGES, V.E. **Desenvolvimento rural: potencialidades em questão**. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2001. p19-52.

CHAVES FILHO, J.T.; STACCIARINI-SERAPHIN, E. Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St. -Hil.) em resposta ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 2, 2001.

CHAVES, M. M.; MAROCO, J.P.; PEREIRA, J.S. Understanding plant responses to drought –from the genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, v.30, p. 239-264, 2003.

CHAVES, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**. 42: 1-16, 1991.

COSTA, A.C. **Respostas fisiológicas de duas linhagens de soja à atmosfera enriquecida com CO<sub>2</sub> e à restrição hídrica**. UFV, 2003. 36p. Dissertação de mestrado.

COSTA, A.G.; SOUSA, I. F. de; SANTOS, L. M. V.; COSTA, O.A. Sistemas atmosféricos atuantes no nordeste do Brasil durante a estação de verão. In: **VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica: Diversidades Climáticas**. UFS/ NPGeo, 2004, cd-rom.

COSTA, E. S.; BRESSAN-SMITH, R.; OLIVEIRA, J. G. DE; CAMPOSTRINI, E.; PIMENTEL, C. Photochemical efficiency in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. and *Vigna unguiculata* L. Walp) during recovery from high temperature stress. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v.14, n.2, p.105-110, 2002.

COSTA, R. C. L; LOBATO, A. K. S. e OLIVEIRA-NETO, C. F. Níveis de prolina em folhas de feijão-caupi submetidas ao déficit hídrico. In: Congresso Nacional de Feijão-Caupi: Tecnologias para o agronegócio: anais/ CONAC, I Congresso Nacional de Feijão-Caupi, VI Reunião Nacional de Feijão-Caupi, Teresina, PI, 2006a, cd-room.

COSTA, R. C. L; LOBATO, A. K. S. e OLIVEIRA-NETO, C. F. Variação nos teores de proteínas solúveis totais em folhas de feijão-caupi submetidas ao déficit hídrico. Congresso Nacional de Feijão-Caupi: Tecnologias para o agronegócio: anais / CONAC, I Congresso Nacional de Feijão-Caupi, VI Reunião Nacional de Feijão-Caupi, Teresina, PI, 2006b, cd-room.

COSTA, R.C.L. Assimilação de nitrogênio e ajustamento osmótico em plantas noduladas de feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* L. Walp) submetidas a estresse hídrico. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999. Tese de doutorado.

CRAUFURD, P.Q.; QI, A.; ELLIS, R.H.; SUMMERFIELD, R.J.; ROBERTS, E.H. Development in cowpea (*Vigna unguiculata*) II. Effect of temperature and saturation deficit on time to flowering in photoperiod insensate genotypes. **Experimental Agriculture**, v.32, p.13-28, 1996.

CRUZ de CARVALHO, M. H.; LAFFRAY, D.; LOUGUET, P. Comparison of the physiological responses of *Phaseolus vulgaris* and *Vigna unguiculata* cultivars when submitted to drought conditions. **Environmental and Experimental Botany** .v.40, p. 197-207, 1998.

DAVIES, W.J.; ZHANG, J. Roots signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.42, p. 55-76, 1991.

DAVIS, D.W.; OELKE, E. A.; OPLINGER, E.S.; DOLL, J.D.; HANSON, C.V.; PUTNAM, D.H. **Cowpea**. University of Wisconsin-Madison, WI53706, July, 1991.

DEAGRO. Unidade Local de Negócios. Demonstrativo da estimativa de perdas de safra, 2007.

DIALLO, A. T.; SAMBB, P. I; ROY-MACAULEY, H. Water status and stomatal behaviour of cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, plants inoculated with two *Glomus* species at low soil moisture levels. **European Journal of Soil Biol.** v.37, p.187–196, 2001.

DINIZ, J.A . F. Trajetórias da agricultura familiar sergipana. In: DINIZ, J.A . F & FRANÇA, V.L.A .(orgs.) **Capítulos da geografia nordestina**. Aracaju: NPGeo/UFS, 1998.p277-305.

EHLERS, E., M. O que se entende por Agricultura Sustentável? In: **Ciência Ambiental: primeiros mestrados**. José Eli da Veiga (org.) – São Paulo: Annablume: Fapesp, 1998.

EHLERS, E. M. **Agricultura Sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma**. 2ª edição – Guaíba: Agropecuária, 1999.

EMBRAPA- Arroz e feijão. **BRS-Radiante**-Genética Embrapa- Feijoeiro comum precoce com tipo de grão rajado. Santo Antônio de Goiás-GO, 2002.

EMBRAPA- Meio-norte **BRS 17-Gurguéia**. Nova cultivar de feijão caupi com resistência a vírus para o Piauí. Teresina-PI, 1993.

EMBRAPA- Meio-norte. **BRS-Marataoã** –Cultivar de feijão caupi com grão Sempre-verde, Teresina-PI, 2004.

FERREIRA, C. M, DEL PELOSO, M. J., FARIA, L. C.de. **Feijão na economia nacional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002.47p.

FERREIRA, M.A.C. Efeito do sal no metabolismo e crescimento de *Vigna unguiculata* L. Walp. e *Vigna luteola*. (Jacq.) Benth. UNICAMP, 2005. Dissertação de mestrado.

FIEGENBAUM, V.; SANTOS, D.S.; MELO, V.D.C.; SANTOS FILHO, B.G.; TILLMANN, M.A.& SILVA, J.B. Influência do déficit hídrico sob os componentes de rendimento de três cultivares de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**.v.26, n.2, p.275-280, 2003.

FLORES, M. *et al.* Pesquisa para a agricultura auto-sustentável. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.29, n.1, 1991.

FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. Passo Fundo: UPF, 2004, 528p.

FRANÇA, M.G.C.; THI, A.T. P.; PIMENTEL, C.; ROSSIELLO, R.O. P.; ZUILY-FODIL, Y.; LAFFRAY, D. Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* cultivars in response to induced drought stress. **Environmental and Experimental Botany**. v.43, p. 227–237, 2000.

GARAY-ARROYO, A.; COLMENERO-FLORES, J.M.; GARCIARRUBIO, A.; COVARRUBIAS, A. Highly hydrophilic proteins in prokariotes and eukariotes are common during conditions of water déficit. **Journal of Biological Chemistry**.v.275, p. 5668-5674, 2000.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3a.ed. São Paulo. 1991.

GLIESSMAN, S. R. Sustainable agriculture: an agroecological perspective. **Advances in Plant Pathology**, v.11, p.45-57, 1995.

GOMES, A.A.; ARAÚJO, A.P.; ROSSIELLO, 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**. v. 35, n.10, p. 1927-1937, 2000.

GUANZIROLI, C.E., *et al.* **Agricultura familiar e reforma agrária no século XXI**. Rio de Janeiro: Garamond, 2001.288p.

GUIMARAES, C. M.; STONE, L. F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p.70-75, 2006.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. II – Produtividade e componentes agrônômicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.31,n.7, p.481-488, 2006.

GUIMARÃES, C.M. **Relações Hídricas**. In: Cultura do feijão: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira de Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988, p. 139-166.

HARE, P.D. & CRESS, W.A. Metabolic implications of stress-induced proline accumulation in plants. **Plants Growth Regulation**, v.21, p.79-102, 1997.

HECHT, S.B. A evolução do pensamento agroecológico. In: ALTIERI, M.A. (ed.) **Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa**. Rio de Janeiro: PTA/FASE, 1989.p.25-41.

HO, S.L.; CHAO, Y.C.; TONG, W.F.;YU, S.M.Sugar coordinately and differentially regulates growth-and- stress-related gene expression via a complex signal transduction net work and multiple control mechanisms. **Plant Physiology**, v.125, p.877-890, 2001.

HORNETZ, B.; SHISANYA, C. A.; GITONGA, N. M. Crop water relationships and thermal adaptation of kathika beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and green grams (*Vigna radiata* L. Wilczek) with special reference to temporal patterns of potential growth in the drylands of SE Kenya. **Journal of Arid Environments** v. 48, p. 591–601, 2001.

IBGE, Sítio Cidades-Sergipe-Poço Verde. [www.ibge.gov.br/cidades](http://www.ibge.gov.br/cidades). Acessado em 20/11/07.

INGRAM, J.& BARTELS, D. The molecular bases of dehydration tolerance in plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v.47, p.377-403, 1996.

JESUS JUNIOR, W.C.; VALE, F.X.R.; MARTINEZ, C.A.; COELHO, R.R. , COSTA, L.C.; HAU, B.; ZAMBOLIM, L. Effects of Angular Leaf Spot and Rust on Leaf Gas Exchange and Yield of Common Bean (*Phaseolus Vulgaris*). **Photosynthetica**, v.39, n.4, p.603-606, 2001.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A, 2004.

KLAR, A.E. Evapotranspiração. In: **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. 2ª ed. São Paulo: Nobel, 1988.

KRAMER, P.J. **Water relations of plants and soils**. London: Academic Press, 1993, 495p.

LACERDA, C.F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M.A. O; RUIZ, H.A. Plant growth and solute accumulation and distribution in two sorghum genotypes, under NaCl stress. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, p.270-284, 2001.

LEITE, M.L.; RODRIGUES, J.D.; VIRGENS FILHO, J.S. Avaliação de cultivares de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) quanto à produtividade e componentes de produtividade, sob condições de estufa plástica. **Revista de Agricultura**, v.72, n.3, p.375-385, 1997.

LOPES, P. R. C. Alternativas de manejo de solo e água para o semi-árido brasileiro, 2003. Disponível em [http://www.comciencia.br/reportage\\_shtml](http://www.comciencia.br/reportage_shtml). Consultado em 20/10/06.

LU, Z.M; CHEN, J.W.; PEREY, R. G.; ZEIGER, E. Photosynthetic rate, stomatal conductance and leaf area in two cotton species and their relation with heat resistance and yield. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.24, 693-700, 1997.

MALAVOLTA, E.; ALCARDE, J. C.; PIMENTEL-GOMES, F. **Adubos e adubacoes**. São Paulo: Nobel, 2000. 200 p.

MAROCO, J.P.; PEREIRA, J.S. CHAVES, M.M. Stomatal responses to leaf-to-air vapour pressure deficit in Sahelian species. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.24, p.381-387, 1997.

MARTÍNEZ ALIER, J. Indicadores de sustentabilidad y conflictos distributivos ecológicos. **Ecologia Política**, Barcelona: Icaria, n.10, p.35-43, 1995.

MARTINEZ, J.P.; SILVA, H.; LEDENT, J.F; PINTO, M. Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **European Journal of Agronomy**, v.26, p.30–38, 2007.

MARZALL, K. **“Indicadores de Sustentabilidade de Agroecossistemas”**. UFRGS, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre (RS): abril, 1999. Dissertação de Mestrado.

MEDEIROS, R. M. & COSTA, O. A. Estimativa da evapotranspiração de referência mensal para o estado de Sergipe. In: VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica: Diversidades Climáticas. UFS/ NPGeo, 2004, cd-room.

MICHELETTO, S.; RODRIGUEZ-URIBE, L.; HERNANDEZ, R.; RICHINS, R D.; CURRY, J. and O'CONNELL, M. A. Comparative transcript profiling in roots of *Phaseolus acutifolius* and *P. vulgaris* under water deficit stress. **Plant Science**.v. v.173, p. 510–520, 2007.

NANJO, T.; KOBAYASHI, M.; YOSHIBA, Y.; SANADA, Y.; WADA, K.; TSUKAYA, H.; KAKUBARI, Y.; YAMAGUCHI-SHINOSAKI, K.; SHINOSAKI, K. Biological functions of proline in morphogenesis and osmotolerance revealed in antisense transgenic *Arabidopsis thaliana*. **The Plant Journal**., v.18, n.2, p.185-193, 1999.

NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J.R.B.; OYA, T. Tolerância á seca em plantas. **Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, v.23, p.12-18, 2001.

O'TOLLE, J.C.; OZBUN, J.L.; WALLACE, D.H. Photosynthetic response to water stress in *Phaseolus vulgaris*. **Physiologia Plantarum**, v.40, n.2, p.111-114, 1997.

OLIVEIRA, M.A.J.; BOVI, M.L.A.; MACHADO, E.C.; GOMES, M.M. DE A. HABERMANN, G.; RODRIGUES, J.D. Fotossíntese, condutância estomática, e transpiração em pupunheira sob deficiência hídrica. **Scientia Agricola**, v.59, n.01, p.59-63, 2002.

OLIVEIRA-NETO, C. F; LOBATO, A. K. S. e COSTA, R. C. L. Teor de carboidratos solúveis totais em folhas de duas cultivares de feijão-caupi sob estresse hídrico. Congresso Nacional de Feijão-Caupi: Tecnologias para o agronegócio: anais / CONAC, I Congresso Nacional de Feijão-Caupi, VI Reunião Nacional de Feijão-Caupi, Teresina, PI, 2006. cd-room.

PHOGAT, B.S.; SINGH, D.P.; SINGH, P. Responses of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) and Mung Bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) to irrigation. II. Effects on CO<sub>2</sub> exchange, radiation characteristics and growth. **Irrigation Science**, v.5, p.61-72, 1984.

PIMENTEL, C & PEREZ, J.C. Estabelecimento de parâmetros para avaliação de tolerância à seca em genótipos de feijoeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**.v.35, p. 31-39, 2000.

PIMENTEL, C. e HÉBERT, G. Potencial fotossintético e condutância estomática em espécies de feijão caupi sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.11, n.1, p.7-11, 1999.

PINTO, F.F.G. & CRESTANA, S. Viabilidade do uso da adubação verde nos agroecossistemas da região de São Carlos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.329-336, 1998.

PINTO, J.E.S.de S.O significado da seca para o Estado de Sergipe. In: DINIZ, J.A.F. & FRANÇA, V.L.A .(orgs.). **Capítulos da geografia nordestina**. Aracaju: NPGEU/UFES, 1998, p.407-433.

PORTES, T.A.Ecofisiologia. In: **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**, Cultura do feijão: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira de Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988, p.101-137.

RAMOS, M. L. G.; GORDON, A. J.; MINCHIN, F. R.; SPRENT, J. I.e PARSONS, R. Effect of Water Stress on Nodule Physiology and Biochemistry of a Drought Tolerant Cultivar of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.).**Annals of Botany**.v.83, p.57-63, 1999.

RAVEN P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. Movimento de água e soluto nas plantas. In: **Biologia Vegetal**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanagara Koogan, 2001. 720p.

REYDON. Bastiaan Philip. “Agricultura Sustentável: uma agenda para o desenvolvimento”. In: ROMEIRO, A. R., B. P. REYDON e M. L. LEONARDI. **Economia do Meio Ambiente. Teoria, Políticas e Gestão de Espaços Regionais**. Campinas, SP: UNICAMP, 1999.

ROMEIRO **Meio Ambiente e Dinâmica de Inovações na Agricultura**. São Paulo: Annablume: FAPESP, 1998.

SANTOS, C. A. F.; ARAÚJO, F.P.; MENEZES, E. A. Comportamento produtivo de caupi em regimes irrigado e de sequeiro em petrolina e juazeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.35, n.11, p.2229-2234, 2000.

SANTOS, A.M.dos. **Aspectos climáticos e agricultura em Poço Verde (SE)**. In: VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica: Diversidades Climáticas. UFS/ NPGEU, 2004.cd-rom.

SANTOS, M. G.; RIBEIRO, R. V.; OLIVEIRA, R. F.; MACHADO, E. C. and PIMENTEL, C.The role of inorganic phosphate on photosynthesis recovery of common bean after a mild water deficit. **Plant Science**.v.170, p. 699-654, 2006.

SCHULZE, E.D.; ROBICHAUX, R.H.; GRACE, J.; RUNDEL, P.W.; EHLERINGER, J.R. Plant water balance. **BioScience**, v.37, p. 30-37, 1987.

SOUZA, G. M.; VIANA, J. de O. F.; OLIVEIRA, R. F. de. Folhas assimétricas em feijoeiro sob deficiência hídrica exibem fotossíntese assimétrica. **Brazilian Journal Plant Physiology** , Londrina, v. 17, n. 2, 2005.

SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; SILVA, J. A. B.; LAGOA, A. M. M. A; SILVEIRA.,J. A. G. Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. **Environmental and Experimental Botany**. v.51, p. 45–56, 2004.

STONE, L. F.; SARTORATO, A. **O cultivo do feijão: recomendações técnicas**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 83p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 48).

TAIZ, L. & ZEIGER, E. A água e as células vegetais. In: TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3<sup>a</sup>. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 61-74.

TEZARA, W.; MITCHELL, V.J.; DRISCOIL, S.D.; LAWLOR, D.W. Water stress inhibits plant photosynthesis by decreasing coupling factor and ATP. **Nature**, 1999.v.401: 914-917.

TURNER, N.C.. Adaptation to water deficits: A changing perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.13, p.175-190, 1986.

VEIGA, J.E. . **O desenvolvimento agrícola: uma visão histórica**. São Paulo: Editora USP/Hucitec, 1991.

VEIGA, J.E. **A face rural do desenvolvimento: natureza, território e agricultura**. Porto Alegre. Ed. Universidade /UFRGS, 2000.

WICKENS, G. E. **Ecophysiology of plants in arid and semi-arid lands: adaptations of desert organisms**. Aylsham, United Kingdom: Springer, 1998.

ZHU, J.; HASEGAWA, P.M.; BRESSAN, R.A. Molecular aspects of osmotic stress in plants. **Crit. Review Plant Science**. v.16, p.253-277, 1997

## APÊNDICE

## Apêndice A: Foto do local de cultivo: casa de vegetação DBI/UFS



Figura A1: Disposição das plantas na casa de vegetação. DBI/UFS. Fonte: Aline Lima, 2007.

Apêndice B: Localização do Povoado Cacimba Nova no mapa de solos de Poço Verde – SE

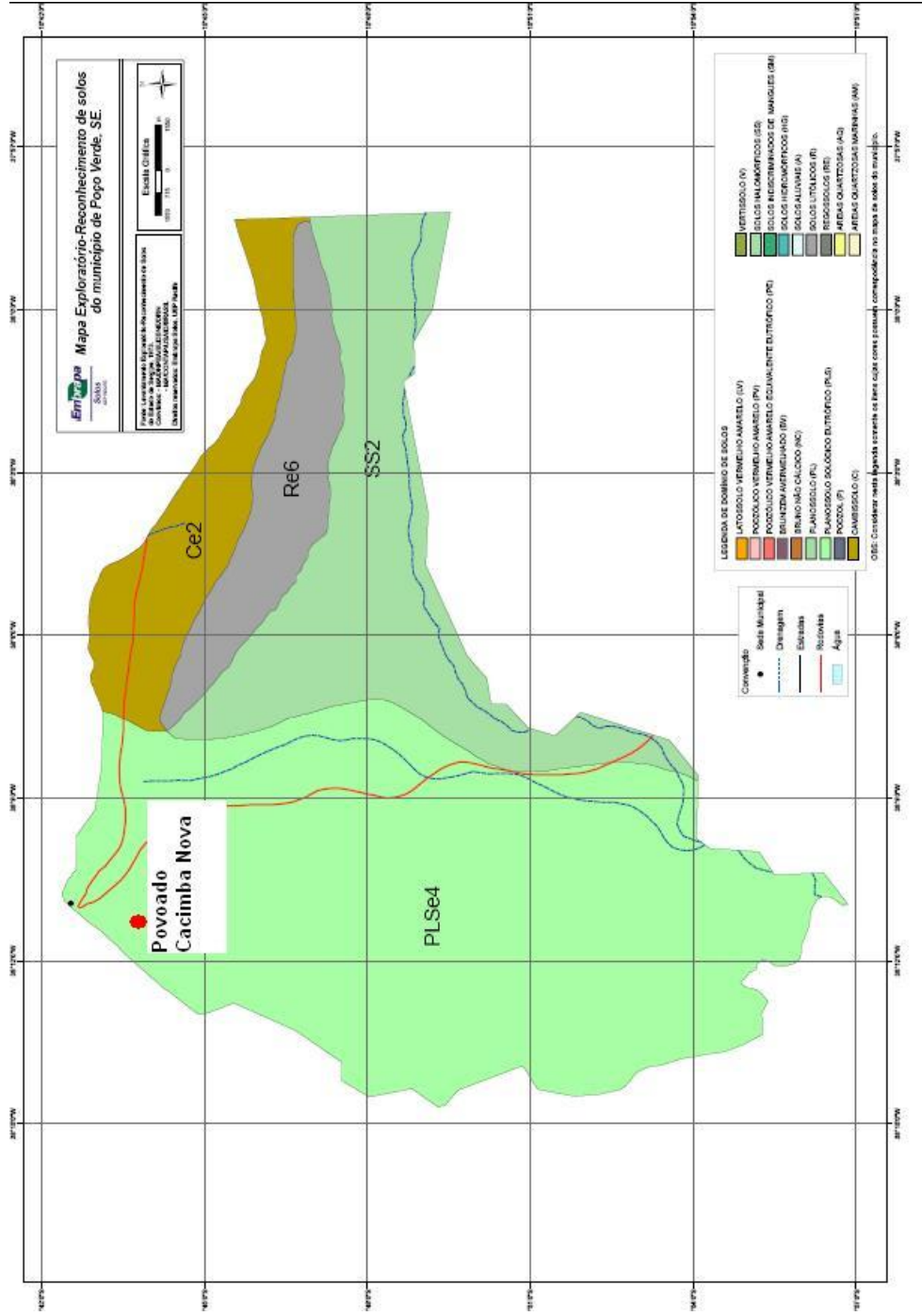


Figura B1: Localização do Povoado Cacimba Nova no mapa de solos de Poço Verde-SE. Fonte: EMBRAPA Solos, adaptado pela autora.

## Apêndice C: Fotos das cultivares

Figura C1: Cultivar Marataoã (*Vigna unguiculata* L.) sob capacidade de campo (A) e sob restrição hídrica (B).Figura C2: Cultivar Gurguéia (*Vigna unguiculata* L.) sob capacidade de campo (A) e sob restrição hídrica (B)



Figura C3: Cultivar Radiante (*Phaseolus vulgaris* L.) sob capacidade de campo (A) e sob restrição hídrica (B).

Apêndice D: Roteiro para entrevista direcionado aos agricultores que cultivam feijão no Município de Poço Verde-SE.

1-Sexo

2-Idade

3-Grau de escolaridade

4-Local e tempo de residência (povoado, etc).

5- Fonte de renda

6- Qual a relação de ocupação da terra (proprietário, renda-trabalho, posseiro, arrendatário, assalariado, outros)?

7- Quantas pessoas trabalham nesta propriedade? Qual a sua relação com estas pessoas (familiares, amigos, funcionários)?

8- Qual o tamanho da área cultivada?

9- A atividade agrícola ocupa todo o seu tempo? Trabalha em outras atividades? Qual (is)? Por quê?

10- Por que escolheu trabalhar com feijão?

11-Quantos dias por semana trabalha nesta cultura?

12-Planta em monocultivo ou em consórcio? Por quê?

13- Que tipos feijão planta? Qual vende mais?

14-Em que época planta: Por quê?

15- Quem fornece as sementes para o plantio do feijão?

17-Qual a produção anual da propriedade?

18- A produção é comercializada, consumida na propriedade ou ambos? Em que proporção?

19- Se for comercializada, onde ocorre o comércio (só na feira)? Quem compõe o mercado consumidor? Vende sozinho ou em cooperativa?

- 16- Está satisfeito com o cultivo?
- 20- Quais os maiores problemas enfrentados na cultura do feijão? A quantidade de chuva prejudica a produção?
- 21- Utiliza algum mecanismo para aumentar a produtividade? Qual?
- 22- Recebe algum incentivo para o plantio do feijão? Qual? Por parte de quem?
- 23- Pensa em mudar de cultivo? Para qual? Por quê?
- 24- Já plantou outra variedade de feijão? Qual?
- 25- Conhece o feijão-caupi ou feijão-de-corda? Já plantou? O que sabe sobre esse produto? Prefere plantar feijão comum ou caupi? Por quê?
- 26- Gostaria de plantar variedades de feijão resistentes a períodos de seca? Mesmo se for de outra espécie? Se não, por quê?
- 27- Já pensou em deixar de ser agricultor? Se não fosse agricultor o que gostaria de ser?
- 28- O que deveria mudar aqui para que o senhor não pensasse em deixar de ser agricultor? O que o senhor acha que está faltando?

## Apêndice E: Fotos da área rural de Poço Verde-SE



Figura E1: Uso de cisternas (A) e açudes (B) como estratégias de convivência com a seca no município de Poço Verde-SE. Fotos: Aline Lima, 2008.