

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

TESE

JEFERSON LUIZ FERRARI

1995

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

AVALIAÇÃO DA SENSIBILIDADE ESTOMÁTICA COMO INDICADOR DE
TOLERÂNCIA À SECA EM DUAS CULTIVARES DE FEIJÃO (*Phaseolus
vulgaris* L.)

JEFERSON LUIZ FERRARI

SOB ORIENTAÇÃO DO PROFESSOR:

Roberto Oscar Pereyra Rossiello

Tese submetida como requisito
parcial para a obtenção do
Titulo de "*Magister Scientiae*"
em Agronomia, área de
concentração Relação Solo-Água-
-Planta.

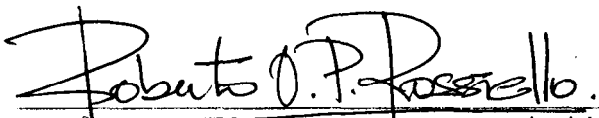
ITAGUAÍ, RIO DE JANEIRO
JANEIRO DE 1995

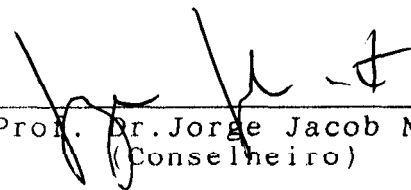
TESE

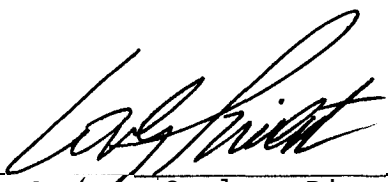
AVALIAÇÃO DA SENSIBILIDADE ESTOMÁTICA COMO INDICADOR DE
TOLERÂNCIA À SECA EM DUAS CULTIVIDADES DE FEIJÃO (*Phaseolus
vulgaris* L.)

JEFERSON LUIZ FERRARI

APROVADO EM 17/02/1995


Prof. Dr. Roberto O.P. Rossiello
(Orientador)


Prof. Dr. Jorge Jacob Neto
(Conselheiro)


Prof. Dr. Carlos Pimentel
(Conselheiro)

Aos meus pais Valentim e Luzia, pela minha formação, carinho, dedicação, estímulo e compreensão em todas as decisões importantes de minha vida

DEDICO.

*As minhas irmãs Rita,
Gláucia e Márcia, e ao meu
amor Silvani*

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me trouxe luz e perseverança nos momentos mais difíceis.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científicos (CNPq), pela concessão de uma bolsa de estudos.

Ao Professor Carlos Pimentel, pela segura orientação, pelo apoio, pelo incentivo e pelas facilidades técnico-científicas concedidas, imprescindíveis à realização deste trabalho.

Ao Professor Roberto Oscar P. Rossiello, pelo incentivo, pela compreensão e pelas sugestões que muito contribuíram para o pleno êxito deste trabalho.

Ao Professor Jorge Jacob Neto, pelo prestígio em participar da banca examinadora.

Aos professores das disciplinas cursadas, pelos ensinamentos transmitidos.

Ao Professor Celso Luiz Hemery Peixoto(*in memorian*) da Universidade Federal do Espírito Santo pelo auxílio na análise estatística.

Ao colega Gilberto Rodrigues Silveira, pela definição dos gráficos e a seu irmão Sergio, pela edição do texto.

E a todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

JEFERSON LUIZ FERRARI, filho de Valentim Ferrari e Luzia Diogo Ferrari, nasceu em Alegre-ES, em 15 de março de 1969. Em março de 1988, ingressou na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro(UFRRJ), graduando-se em Licenciatura em Ciências Agrícolas. No período de março de 1991 a março de 1992, foi Bolsista de Iniciação Científica pelo CNPq na disciplina de Meteorologia Básica, quando ingressou no Curso de Mestrado em Agronomia (Área de Concentração Relação Solo-Água-Planta) na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

SUMÁRIO

Página

1 - INTRODUÇÃO.....	01
2 - REVISÃO DE LITERATURA.....	05
2.1 - Deficiência hídrica.....	05
2.2 - Medição da deficiência hídrica.....	07
2.2.1 - Medição do potencial hídrico.....	08
2.2.2 - Medição da abertura estomática.....	11
2.3 - Períodos críticos à deficiência hídrica em feijoeiro.....	11
2.4 - Efeitos fisiológicos e metabólicos vegetais provocados pela deficiência hídrica.....	13
2.4.1 - Crescimento e Divisão Celular.....	14
2.4.2 - Síntese de Proteínas e Ativação Enzimática.....	17
2.4.3 - Ácido Abscísico(ABA) e outros Hormônios.....	20
2.4.4 - Comportamento Estomático Durante o Estresse Hídrico.....	23
2.4.5 - Fotossíntese e Transpiração.....	28
2.4.6 - Perspectivas de Adaptação do Feijoeiro ao Estresse Hídrico.....	32
3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
3.1 - Localização do Experimento.....	35
3.2 - Clima da Região.....	35
3.3 - Solo.....	36
3.4 - Preparo do Solo.....	36

3.5 - Cultivares.....	40
3.6 - Adubação.....	40
3.7 - Delineamento Experimental.....	41
3.8 - Instalação e Condução do Experimento.....	41
3.9 - Avaliações.....	43
3.10 - Análises Estatísticas.....	45
 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	 46
4.1 - Efeito do estresse hídrico nos parâmetros avaliados.....	 48
4.2 - Efeito on set da chuva no estágio R5.....	63
4.3 - Efeito do estresse hídrico nas cultivares.....	64
4.4 - Efeito do estresse hídrico nas cultivares, dentro das 9h, 12h e 15h.....	 73
4.5 - Comportamento dos parâmetros avaliados durante um dia do estágio V.4.4.....	 85
4.6 - Efeito do estresse hídrico nos componentes de produção.....	 95
4.7 - Efeito do estresse hídrico nos componentes de produção, dentro de cada cultivar.....	 101
 5 - CONCLUSÕES.....	 107
 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	 109

ÍNDICE DE QUADROS

Página

01 - Resultados diários de temperaturas médias, máximas e mínimas, umidade do ar e precipitação pluviométrica no período do experimento, do posto meteorológico próximo da área onde foi instalado o ensaio.....	37
02 - Resultados das análises química de solo, a 20cm de profundidade, do local onde foi instalado o ensaio.....	39
03 - Quadro da análise de variância da condutância estomática adaxial.....	140
04 - Quadro da análise de variância da condutância estomática abaxial.....	141
05 - Quadro da análise da variância da intensidade luminosa adaxial.....	142
06 - Quadro da análise da variância da intensidade luminosa abaxial.....	143

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

01 - Etapas de desenvolvimento de uma planta de feijão.....	47
02 - Efeito do estresse hídrico sobre a temperatura do solo durante os estádios V4, R5 e R8.....	49
03 - Efeito do estresse hídrico no potencial hídrico do solo durante os estádios V4, R5 e R8.....	51
04 - Efeito do estresse hídrico no potencial hídrico foliar durante os estádios V4, R5 e R8.....	52
05 - Efeito do estresse hídrico na condutân- cia estomática adaxial durante os estádios V4, R5 e R8.....	54
06 - Efeito do estresse hídrico na condutân- cia estomática abaxial durante os estádios V4, R5 e R8.....	55
07 - Variação da intensidade luminosa ada- xial durante os estádios V4, R5 e R8.....	57
08 - variação da intensidade luminosa aba- xial durante os estádios V4, R5 e R8.....	58
09 - Efeito do estresse hídrico no potencial hídrico foliar das duas cultivares durante os estádios V4, R5 e R8.....	65

10	-	Variação da condutância estomática adaxial das duas cultivares durante os estádios V4, R5 e R8.....	67
11	-	Efeito do estresse hídrico na condutância estomática adaxial das duas cultivares durante os estádios V4, R5 e R8.....	68
12	-	Variação da condutância estomática abaxial das duas cultivares durante os estádios V4, R5 e R8	69
13	-	Efeito do estresse hídrico na condutância estomática abaxial das duas cultivares durante os estádios V4, R5 e R8.....	70
14	-	Variação da condutância estomática adaxial da cultivar XODÓ às 9h, 12h e 15h nos estádios V4, R5 e R8	74
15	-	Variação da condutância estomática abaxial da cultivar XODÓ as 9h, 12h e 15h nos estádios V4, R5 e R8	75
16	-	Variação da condutância estomática adaxial da cultivar CNF-480 às 9h, 12h e 15h nos estádios V4, R5 e R8	76
17	-	Variação da condutância estomática abaxial da cultivar CNF-480 às 9h, 12h e 15h nos estádios V4, R5 e R8.....	77

18 - Efeito do estresse hídrico na condutância estomática adaxial da cultivar XODÓ às 9h, 12h e 15h nos estádios V4, R5 e R8	79
19 - Efeito do estresse hídrico na condutância estomática abaxial da cultivar XODÓ às 9h, 12h e 15h nos estádios V4, R5 e R8	80
20 - Efeito do estresse hídrico na condutância estomática adaxial da cultivar CNF-480 às 9h, 12h e 15h nos estádios v4, R5 e R8.....	81
21 - Efeito do estresse hídrico na condutância estomática abaxial da cultivar CNF-480 às 9h, 12h e 15h nos estádios V4, R5 e R8.....	82
22 - Variação diária da temperatura do ar e do solo durante um dia do estádio V4.4.....	86
23 - Variação diária do potencial hídrico do solo durante um dia do estádio V4.4.....	87
24 - Variação diária do potencial hídrico foliar das duas cultivares durante um dia do estádio V4.4.....	88
25 - Variação diária da condutância estomática adaxial e abaxial da cultivar XODÓ durante um dia do estádio V4.4.....	89

26	- Variação diária da condutância estomática adaxial e abaxial da cultivar CNF-480 durante um dia do estágio V4.4.....	90
27	- Variação da intensidade luminosa adaxial e abaxial da cultivar XODÓ durante um dia do estágio V4.4.....	93
28	- Variação da intensidade luminosa adaxial e abaxial da cultivar CNF-480 durante um dia do estágio V4.4.....	94
29	- Efeito do estresse hídrico no número de vagens por planta.....	97
30	- Efeito do estresse hídrico no número de grãos por planta.....	98
31	- Efeito do estresse hídrico no peso de grãos por planta.....	99
32	- Efeito do estresse hídrico no número de vagens por planta das duas cultivares de feijão.....	102
33	- Efeito do estresse hídrico no número de grãos por planta das duas cultivares de feijão.....	103
34	- Efeito do estresse hídrico no peso de grãos por planta das duas cultivares de feijão.....	104

RESUMO

O objetivo do presente experimento foi o de estudar de forma detalhada o comportamento estomático em plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), não associadas simbioticamente para fixação de N_2 . Este estudo foi conduzido a campo, em plantas normalmente irrigadas ou dependentes de chuvas, ocorrendo estresse hídrico durante a fase vegetativa(V4), até o início da fase reprodutiva(início da floração, R5) e, posteriormente, durante o enchimento de vagens (R8). Para tal foi instalado um experimento, no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da U.F.R.R.J.(23° 41' L. S.; 43° 41' Long W.), Km 47 da Antiga Rodovia Rio-São Paulo. O desenho experimental foi disposto em faixas, com duas cultivares(XODÓ e CNF-480), submetidas a dois tratamentos: irrigação e não irrigação, disposto com 3 repetições ao acaso. A irrigação foi aplicada toda vez que o Ψ_H atingiu -0,2 MPa, monitorado por psicômetro de solo.

Durante os períodos onde ocorreu déficit hídrico, foram medidos diariamente os seguintes parâmetros: Ψ_H do solo, Ψ_H da folha mediana, condutância estomática e intensidade luminosa em cada amostragem. Durante o estágio V4.4 efetuou-se um monitoramento horário dos parâmetros acima mencionados. No final do experimento foram avaliados os componentes de produção: número de vagens, número de grãos e peso de grãos por planta. As principais conclusões foram: a ocorrência da deficiência hídrica reduziu o Ψ_H da folha, a condutância

estomática e todos os componentes de produção, exceto o nº de vagens/planta. Plantas da cultivar XODÓ sofreram reduções de 30,1% e 42,6% no número de grãos/planta e peso de grãos/planta, respectivamente. Enquanto, na cultivar CNF-480, o efeito da deficiência hídrica nestes componentes de produção foram, respectivamente, 44,1% e 55,9%. A melhor estabilidade aparente de produção apresentada pela cultivar XODÓ, pode ser devido a uma menor diminuição do Ψ_H foliar durante o estresse hídrico, provavelmente devido a um maior controle de abertura estomática.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris* L.

potencial hídrico do solo - da folha,
irrigação, componentes de produção, contínuo
solo-planta-atmosfera(CSPA).

ABSTRACT

The purpose of this experiment was to study in a particular way the stomata behavior in plants of *Phaseolus vulgaris* L. not symbiotically associate to fixing of N_2 .

This study was conducted in the field, in plants normally irrigated or dependent of rain, occurring temporary stress during the vegetative stage(V4), until the start of the reproduction stage(flowering, R5) and, later, during the pod-filling(R8). For this an experiment was installed at the experimental campus of Crop Science Fitotecnia Department from U.F.R.R.J. (23° 41' L. S.; 43° 41' Long W.), Km 47, Old highway Rio-São Paulo. The experimental design was disposed in strips, with two cultivars (XODÓ and CNF-480) subjected in two treatments: irrigation and not irrigation, with three random repetitions. The irrigation was applied when the soil water potential reached -2,0 MPa, measured by a soil psychrometer.

During the periods where happened water deficit the following soil-plant-water indicators were measured: Ψ_{H_s} (soil water potential), Ψ_{H_f} (leaf water potential), stomatal conductance and light intensity in each sample data. During the V.4.4-stage a daily monitoring in hour-interval of these indicators was made. At the end of the experiment were evaluated the classic yield components: pod number, grain number and grain weight per plant. The major considerations were: the occurrence of water deficit during culture cycle resulted in decrease the Ψ_{H_f} , the Stomatic conductance and all the yield components, except the

number of pods per Plant(on the average of the two cultivars), The cultivar XODÓ endured yield reduction of 30,1 and 42,6% in grain and weigh number per plant basis respectively. Anotherway, in the CNF-480 cultivar, the effect of the water stress in these yield components were 41,1 and 55,9% respectively. The best apparrent yield stability showed by cultivar XODÓ, can be due to a less reduction of Ψ_{LH} during the water deficit period, probably due to a bigger control of stomatal opening.

Index words: *Phaseolus vulagis* L.

Soil-leaf water potential, irrigation, yield components, soil-plant-atmosphere continuum(SPAC).

INTRODUÇÃO

Dentro do grupo das leguminosas comestíveis, o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) destaca-se como um dos mais importantes devido a sua ampla distribuição nos cinco continentes e por representar a principal fonte de proteínas das populações de baixa renda, sendo até cognominado pelas mesmas de “carne do pobre”.

O cultivo do feijão é considerado um dos mais antigos; achados arqueológicos sugerem um centro de origem na América do Sul ou Central, indicando sua existência há 10.000 a 7.000 anos a.C. (KAPLAN et al., 1973; KAPLAN, 1981).

A domesticação produziu hábitos de crescimento compactos, eretos, aumento do tamanho das vagens e sementes, perda de sensibilidade ao fotoperíodo e dormência na semente, além da redução na deiscência de vagens (SMARTT, 1978). Todavia o feijoeiro é ainda considerado uma planta de arquitetura deficiente e com sistema radicular limitado, susceptível a doenças e pragas e muito sensível a fatores climáticos externos, como alta ou baixa umidade do solo e temperatura do ar.

O feijão comum, pertencente à família Leguminosae e subfamília Papilionidae, é uma planta herbácea, de ciclo curto (aproximadamente 90 dias), autógama, diplóide $2n=22$ cromossomos e

hábitos de crescimento bastante diversificados (DEBOUCR & HIDALGO, 1985). Seu cultivo se desenvolve em todos os Estados da Federação Brasileira com uma produção média de 2.744.711 toneladas, obtidas em aproximadamente 5.433.642 de hectares, com uma produtividade média de 505 Kg/ha (IBGE, 1993). O Estado do Rio de Janeiro participa com 0,36% desta produção, 22º lugar em área de plantio, sendo um dos maiores consumidores brasileiro deste produto (IBGE,1993).

A produtividade média brasileira é muito baixa quando comparada a de outros países como é o caso do Japão, Turquia e Estados Unidos da América que alcançaram 1.420, 1.471 e 1.486 Kg/ha, respectivamente (ANÁLISES, 1989). Com isso observa-se que existe ainda um grande potencial de produtividade a ser conquistado. A importância nutricional, econômica e social desempenhada por esta cultura, justificam o esforço da pesquisa agrícola nacional e mundial em obter melhores níveis de produtividade e a garantia do abastecimento interno do produto.

Entre os principais problemas que incorrem na baixa produtividade, citam-se os fatores climáticos e do solo. Dos fatores do solo, a fertilidade tem se destacado por estar diretamente relacionada ao rendimento das culturas. Em solos de baixa fertilidade, a adubação é uma prática recomendável para obtenção de bons rendimentos. O nitrogênio é um dos nutrientes que apresentam maior número de respostas ao feijoeiro, (VIEIRA, 1983)) tendendo à diminuição do seu fornecimento devido ao processo de seleção de cultivares eficientes a fixação simbiótica.

Já dentre os fatores climáticos, a baixa

precipitação pluviométrica é uma das principais causas do insucesso para a obtenção de alta produtividade do feijoeiro. O feijoeiro é sensível ao déficit hídrico, como a maioria das culturas, com intensidade em certas fases do seu ciclo de desenvolvimento. Segundo MAGALHÃES & MILLAR (1978), se ocorrer um déficit hídrico na fase de floração, o rendimento pode reduzir-se em até 52%.

Desta forma, a irrigação é fundamental para diminuir os riscos e insucessos da cultura nas regiões onde a distribuição das chuvas é irregular ou estacional. Trabalhos como o de CAIXETA (1978) e MANTOVANI (1986), fundamentam esta técnica mostrando que é possível obter rendimentos médios superiores a 2.000 Kg/ha.

Acontece que a produção de feijão no Brasil é ainda garantida pelos pequenos agricultores, utilizadores de tecnologias mais simples. E em muitas dessas regiões, os solos são pouco profundos, alguns são pedregosos e o relevo ondulado; condições que aliadas à incapacidade financeira de realizar a irrigação limitam o uso de implementos e de mecanização (VIEIRA, 1983).

Surge então outra opção: melhorar a eficiência da cultura através da criação de novos cultivares com ampla adaptabilidade edafoclimática ou com adaptação específica a determinadas condições e com boa estabilidade de produção. Este é o grande desafio. No entanto, para a criação dessas cultivares é necessário selecionar país com caracteres botânicos, agrônômicos e fisiológicos apropriados às condições locais de interesse.

Assim sendo, o presente trabalho, almeja mostrar a importância de um estudo detalhado sobre o comportamento estomático em folhas de feijoeiro, como um mecanismo fisiológico de tolerância a seca, submetendo, para isso, duas cultivares de feijão, sem fixação simbiótica de N_2 à variações locais de status hídrico do solo e intensidade luminosa.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Deficiência hídrica

Investigações recentes prevêm que as zonas climáticas da superfície terrestre, num futuro próximo, poderão sofrer sérias mudanças (IDSO, 1987 e SUNDQUIST, 1987). O conteúdo de CO_2 da atmosfera continua aumentando e espera-se que menos chuvas ocorram em áreas agricultáveis. Como consequência, o déficit hídrico que já é um dos importantes fatores determinantes na distribuição geográfica e produtividade das plantas cultivadas (FISCHER & TURNER, 1978); pode, definitivamente, vir a agravar as relações hídricas dos vegetais.

A água desempenha um papel fundamental na vida das plantas. Segundo KRAMER (1963), as funções da água nas plantas resumem-se: ao maior constituinte dos tecidos fisiológicos ativos; solvente no qual sais, açúcares e outros solutos se movem de célula para célula e órgão para órgão; essencial para manter a turgidez, necessária à expansão e crescimento da célula; e reagente na fotossíntese e no processo hidrolítico tal como na digestão do amido. Além disso, a água por ter um alto calor específico, permite as plantas absorverem radiação solar sem se aquecerem em demasia, controlando assim, a temperatura das folhas

(PAZZETI, 1992). Contudo a quantidade de água exigida para o processo fotossintético é pequena, cerca de 0,01% da quantidade total de água absorvida é usada pelas plantas (MENGEL & KIRKBY, 1982).

Para KRAMER (1969), o balanço hídrico interno das plantas, que é o principal controlador dos processos fisiológicos envolvidos no crescimento vegetal, depende de uma combinação complexa de fatores do solo, planta e atmosfera. A interação destes fatores controla a taxa de absorção e perda de água que muitas vezes, cria a situação de deficiência hídrica (VAADIA et al, 1961).

O estresse hídrico severo limita a produção vegetal (BOYER & Mc PHERSON, 1975). A capacidade das plantas em sobreviver durante a ocorrência de um estresse hídrico é de fundamental importância na sua produtividade (BOYER et al, 1985). Portanto, o estudo do sistema solo-água-planta-atmosfera é imperativo para o melhor entendimento e aperfeiçoamento das comunidades vegetais visando o aumento da produtividade de plantas cultivadas (SHAWCROFT et al, 1974).

Num experimento clássico que compara a quantidade de água usada por unidade de biomassa produzida em diversas plantas, BRIGGS & SHANTZ (1914) sugerem que a seleção de plantas que utilizam melhor a água é o caminho que a pesquisa agrícola deve trilhar no futuro. Com o tempo, o homem tem se preocupado em usar os conhecimentos do sistema solo-água-planta atmosfera para aumentar a produção vegetal não somente entre espécies, mas também no carácter intraespecífico (FARQUHAR & RICHARDS, 1984). A manipulação do referido sistema pode ser feito de duas formas:

pela fisiologia e genética, visando aumentar a eficiência fotossintética líquida; e pela estrutura ou mudança da arquitetura do dossel, a fim de maximizar a absorção de radiação fotossinteticamente ativa e minimizar o efeito do estresse hídrico (SHAWCROFT et al, 1974). Entretanto, deve-se haver uma colaboração entre fisiologistas, físicos e melhoristas vegetais para definirem os parâmetros específicos relacionados ao uso eficiente de água e, posteriormente, selecionar e incorporar tais parâmetros nas novas cultivares (MOSS et al, 1974).

2.2 - Medição da deficiência hídrica

A absorção e transporte de água pelas plantas é determinada e controlada pela diferença de potencial hídrico do sistema solo-planta-atmosfera e pela permeabilidade da célula à água (BOYER et al, 1985). A condutividade hidráulica criada entre o solo e as folhas exerce um importante papel no status hídrico e na taxa de transpiração dos vegetais, sendo sustentada, somente se o contínuo hídrico for mantido (JONES, 1989). Todavia, quando a taxa de evapotranspiração excede a taxa de absorção de água pelas raízes e sua transmissão para as partes aéreas das plantas, o contínuo hídrico pode ser interrompido intermitente, favorecendo a presença de cavitações ou embolismos no sistema vascular que acentuam a condição de estresse hídrico das plantas (MILBURN, 1966 e JONES, 1989). Segundo BOYER (1971 b), a ocorrência deste fenômeno pode ser a justificativa da manutenção do status hídrico interno reduzido das plantas por vários dias

após as mesmas serem reidratadas.

O déficit hídrico está associado, portanto, a uma redução progressiva de água no solo, acompanhado de respostas fisiológicas vegetais. Quanto maior a redução, mais severo será o estresse.

Na literatura aparecem vários métodos de avaliação e correlação de déficit hídrico no solo e nas plantas (KRAMER, 1963; SLATYER, 1967; RAWLINS, 1972; NONAMI & BOYER, 1989; KRAMER, 1990; KANO, 1990). Estes métodos, vão de simples observações visuais até medições instrumentais complexas, envolvendo tecnologias eletrônicas sofisticadas.

Nesta seção, revisa-se as técnicas de avaliação do estresse hídrico utilizadas neste trabalho, expondo sempre que possível, seus fundamentos teóricos básicos.

2.2.1 - Medição do potencial hídrico

O balanço hídrico interno dos vegetais depende das taxas de absorção e da perda de água, onde o movimento de água do solo para a atmosfera, passando através das plantas e regido por um gradiente decrescente de energia (KRAMER, 1990).

Segundo REICHARDT(1975)) o estado de energia da água é definido por uma função termodinâmica, a energia livre de Gibbs, denominada simplesmente Potencial total da água(Ψ). O conhecimento do estado termodinâmico da água permite saber se ela está em equilíbrio ou se está movendo em determinada direção (geração de trabalho).

A capacidade da água de produzir trabalho, pode ser

expressa pela equação 1:

$$\mu - \mu_w = RT \ln N_w$$

onde μ e μ_w são os potenciais químicos da água em solução e pura, respectivamente; N_w = fração molar da água; R = constante universal dos gases; e T = temperatura em Kelvin ($^{\circ}\text{K}$). Para soluções iônicas, a fração molar pode ser substituída pela relação entre as pressões de vapor real e saturada, ou seja, a pressão de vapor relativa, e/e° , e a equação acima será:

$$\mu - \mu_w = RT \ln e/e^{\circ}$$

Quando a pressão de vapor d'água no sistema por igual à da água pura, $\ln e/e^{\circ}$ será zero e, portanto $(\mu - \mu_w)$ também será zero. Logo, a água pura tem um potencial químico igual a zero, por definição. Quando o potencial de vapor de uma solução for menor que o da água pura, ter-se-á então um número negativo.

As unidade mais convenientes para expressar o potencial químico de uma solução é energia por volume (bar, atm e MPa). Assim, dividindo-se a equação anterior pelo volume parcial da molécula da água, o resultado recebe o nome de potencial da água (Ψ):

$$\Psi = \frac{\mu - \mu_w}{V} = \frac{RT \ln e/e^{\circ}}{V}$$

Como o sistema solo-água-planta-atmosfera é

complexo, o trabalho necessário para levar a água do estado padrão ao estado considerado também é complicado. Desta forma, o potencial total da água é o resultado do somatório de diversos campos de força existentes em cada parte do referido sistema, onde a importância de cada um, varia de situação, podendo, algumas vezes serem desprezadas (KLAR, 1988; NONAMI & BOYER, 1989).

Neste trabalho, o potencial hídrico do solo e da folha do feijoeiro foram determinados com um microvoltímetro - Método Higrométrico - utilizando, respectivamente, psicrômetros e câmaras de medida. Segundo RAWLINS (1972), o princípio se dá através do efeito Peltier, em que é possível condensar a água das amostras no termopar (junção metálica de cromo e constantan). Com a corrente elétrica, sendo desligada, a água condensada começa a se evaporar resfriando a junção; mede-se então, a corrente gerada pelo resfriamento, obtendo-se a leitura no equilíbrio dinâmico (UV/bar).

Para se proceder às medições, é necessário dois cuidados: primeiro, fazer a calibração em soluções de potenciais conhecidos; e segundo, deve ocorrer equilíbrio entre as temperaturas do ar e entre as pressões de vapor d'água da atmosfera e do ar envolvendo o termopar. O tempo, para tais equilíbrios serem atingidos, depende de vários fatores, como o material com que se trabalha.

Neste trabalho, utilizou-se para determinar o potencial hídrico da folha, discos das superfícies inferiores dos folíolos centrais das folhas medianas do feijoeiro.

2.2.2 - Medição da abertura estomática

A medição da abertura estomática foi efetuada por um porômetro AP4, pertencente, ao grupo de porômetros de difusão.

Segundo KRAMER (1990), estes instrumentos medem a taxa aproximada de difusão de vapor d'água transpirada, na unidade de tempo, através de um sensor cuja resistência é função da umidade que contém. Quanto maior for a quantidade de vapor d'água transmitida, mais rápida a alteração de teor de umidade do sensor, e por consequência, maior a resistência elétrica do sensor.

O aparelho usado é dotado de mecanismos eletrônicos, os quais convertem a umidade do sensor em condutância de difusão(cm/s), Além disso, é acoplado de um sensor que mede a intensidade luminosa (Klux/cm^2).

Vale informar ajuda, que a condutância estomática engloba, além da condutância dos estômatos, as condutâncias dos espaços intercelulares e a cuticular, Neste trabalho, determinou-se as condutâncias das superfícies adaxial (dorsal) e abaxial (ventral) das folhas medianas do feijoeiro.

2.3 - Períodos críticos à deficiência hídrica do feijoeiro

Todas as culturas possuem períodos críticos no decorrer dos quais a deficiência hídrica causa consideráveis decréscimos na produção. Para a cultura do feijoeiro, esses

períodos já estão bem definidos. SALTER & GOODE (1967) concluíram que se o déficit hídrico ocorrer no estágio de pós-floração, há uma considerável redução no rendimento de grãos. E citam ainda que para obter rendimento máximo e boa qualidade de grãos, deve haver no solo umidade suficiente durante o florescimento e desenvolvimento de vagens (PASTN et al, 1991).

Em estudos realizados por DUBETZ & MAHALLE (1969), foi observado que o estresse hídrico quando ocorrido nas fases de pré-floração, floração plena e pós-floração causam reduções na produção da ordem de 53%, 71% e 35% respectivamente, comprovando serem essas as fases de maior exigência hídrica da cultura. Estes resultados estão em concordância e dão suporte a outras pesquisas, as quais mostram que o estresse hídrico ocorrido durante a floração provoca as maiores reduções de produtividade (ROBINS & DOMINGO, 1956; MAGALHÃES et al, 1979; HOSTALACIO E VALIO, 1984). Além disso, neste período a queda do rendimento é proporcional ao número de dias de estresse hídrico. MAGALHÃES & MILLAR (1978), registraram reduções de rendimento de 20, 38 e 52% com, respectivamente, 14, 17 e 20 dias sem irrigação após início da floração. Por outro lado, RAGGI et al (1976) encontraram ser a deficiência hídrica mais prejudicial nas fases de floração e desenvolvimento da vagem.

A deficiência na fase do desenvolvimento vegetativo, segundo PARJOL (1976), reduz o tamanho das plantas, mas é menos prejudicial em relação a ocorrência nas fases de pré-floração, floração e pós-floração. Este resultado está de acordo com os encontrados por MAURER et al (1969), onde foi constatado que plantas de feijão, quando submetidas a intenso

déficit hídrico na fase vegetativa, recuperaram-se com umidade adequada a partir do início da floração, sem no entanto, alcançar a produção daquelas plantas irrigadas adequadamente durante todo o ciclo.

Em resumo, os genótipos de feijão podem apresentar diferentes graus de sensibilidade ao déficit hídrico. No entanto, pode-se concluir que a fase compreendida da pré-floração à floração plena é a mais sensível a ocorrência de um estresse hídrico.

2.4 - Efeitos fisiológicos e metabólicos provocados pela deficiência hídrica nos vegetais

Os efeitos fisiológicos e metabólicos ocasionados pela deficiência hídrica dependem da duração, da intensidade, da frequência e da época de sua ocorrência. Em condições normais a deficiência hídrica é gradual e afeta em primeiro lugar, os processos mais sensíveis e depois os menos sensíveis. Os dois processos em conjunto dão origem à desorganização metabólica em cadeia, determinando o fim do desenvolvimento vegetal.

Todavia, as plantas visando a sua sobrevivência, respondem aos fatores físicos do meio ambiente (água, ventos, temperatura, etc...) através de diversos mecanismos, tais como: acumulação de solutos em suas células (FENG et al, 1994); encurtamento do ciclo de vida (BERGAMASCHI et al, 1988); desenvolvimento do sistema radicular (GUIMARÃES & PORTES E CASTRO, 1982 a e b); fechamento estomático (CHAVES, 1991); mudança na orientação foliar (FORSETH & EHLERINGER, 1983; MOONEY &

EHLERINGER, 1978; BERG & HSIAO, 1986) e outros,

Nesta parte, encontram-se revisados os principais efeitos fisiológicos e metabólicos provocados pelo estresse hídrico e algumas respostas de adaptação utilizadas pelas plantas.

2.4.1 - Crescimento e Divisão Celular

O crescimento é o processo fisiológico vegetal mais sensível ao estresse hídrico (HSIAO, 1973). Vários pesquisadores comprovaram e compararam esta essencialidade entre diversas espécies vegetais: BOYER (1970 b) em girassol, milho e soja; ACEVEDO et al (1971) em milho; GREEN (1968) em *Nitella*; CLELAND (1967) em coleoptiles de *Avena*; FENG & BOERSMA (1994) em trigo e sorgo; etc.

Segundo (HSIAO & ACEVEDO, 1974) o crescimento celular é definido como um alargamento ou expansão irreversível da célula, sendo sua ação dependente da absorção de água contínua e da extensibilidade da parede celular (BENSEN et al, 1988). GREEN (1968), afim de melhor descrever o crescimento celular, propôs a seguinte equação:

$$\text{Taxa de crescimento} = E_g (\Psi_p - \Psi_{ptn}),$$

onde: E_g = coeficiente de extensibilidade da célula; Ψ_p - pressão de turgor da célula; Ψ_{ptn} - pressão de turgor abaixo da qual não ocorre crescimento. Logo, o crescimento celular é

diretamente proporcional a extensibilidade da parede da célula e à pressão de turgor acima da Ψ_{ptn} (CLELAND, 1971; RAV et al, 1972). Esta relação entre o potencial de turgor e crescimento vegetal é revisada em outros trabalhos (TURNER, 1986; NOMANI & BOYER, 1990). Contudo num experimento realizado por ACEVEDO et al (1971), foi observado que plantas crescidas em solo deficiente de água, quando hidratadas, aumentaram instantaneamente o turgor das células foliares, conseqüentemente, aumentaram o crescimento celular. Eles ainda observaram que quanto maior for a intensidade ou duração do estresse hídrico, maior o tempo para a recuperação das plantas, Mostrando, finalmente, que a força física Ψ_p é imprescindível para ocorrer expansão ou crescimento celular.

Desta forma, plantas que conseguem manter o potencial de turgor de suas células durante o estresse hídrico, garantem sua ampla distribuição nos vários habitats (JOHNSON & CALDWELL, 1976), e têm uma, possibilidade de ter crescimento vegetal maior do que aquelas que não possuem referida capacidade (RAV et al, 1972; CORTES & SINCLAIR, 1986; CLELAND, 1971). Portanto, a medição do potencial de turgor é uma técnica que permite selecionar espécies vegetais tolerantes ao estresse hídrico (JOHNSON & BROWN, 1977). Espécies resistentes são aquelas que têm pequenos decréscimos nos valores de potencial de turgor durante o estresse hídrico (LEVITT, 1972; JOHNSON & BROWN, 1977; MATIN et al, 1989).

Para CORTES & SINCLAIR (1986), a manutenção do crescimento vegetal em condições de seca, pode ser obtida através de duas linhas de pesquisa: 1) - maximização da reserva de água

pela extração de água numa zona da raiz ou pelo crescimento da raiz a fim de alcançar maiores reservas de água no solo. 2) - manutenção do turgor dos tecidos vegetais através da diminuição do potencial osmótico (ψ_{os}).

A densidade e profundidade das raízes são um importante fator na capacidade das cultivares em extraírem água do solo (BURCH et al, 1978). Segundo BOYER et al (1980), as diferenças de densidade de raízes encontradas entre as velhas e novas cultivares de soja pode ser uma das justificativas para o aumento de produtividade desta cultura. No feijoeiro as observações de GUIMARÃES & PORTES E CASTRO (1982 b), mostram que a densidade radicular média do feijoeiro, da superfície a 120cm de profundidade, foi de apenas 0,68cm/cm³ de solo, enquanto o caupi (*Vigna unguiculata* L.), planta mais adaptada às condições de deficiência hídrica, apresentou um sistema radicular mais rigoroso e uma densidade radicular média de 1,22cm/cm³ e de 0,25cm/cm³ de solo: da superfície a 120cm, e de 180 a 200cm de profundidade, respectivamente. Portanto, esta é uma linha de pesquisa que poderia elevar o rendimento da cultura do feijoeiro.

A manutenção do potencial de turgor nos tecidos vegetais, através da diminuição do potencial osmótico, é realizado pela osmoregulação. MEYER & BOYER (1981), investigando a relação de crescimento com a acumulação e partição de solutos durante a osmoregulação, observaram que seedlings de soja utilizaram a glicose, frutose, sacarose, aminoácidos livres e íons de Ca^{++} e Cl^{-} para diminuir o ψ_{os} . Estes solutos acumularam-se nas raízes, após o ajustamento osmótico, promovendo a proliferação das mesmas e causando, por conseguinte,

um aumento da razão raiz/parte aérea que é, propriamente, o mecanismo de tolerância ao estresse hídrico (MEYER & BOYER, 1981; SHARP & DAVIES, 1979).

A osmoregulação está intimamente ligada ao potencial osmótico. ZIMMERMANN (1978), discute esta relação do ponto de vista biofísico.

O ajustamento osmótico pode também ser observado em folhas de diversas espécies: MUNNS et al (1979), observaram que os açúcares e aminoácidos livres foram os maiores solutos que se acumularam, em folhas de trigo; ACEVEDO et al (1979), verificam o ajustamento osmótico em milho e sorgo; CUTLER et al (1980), em arroz; e TURNER et al (1978 b) em sorgo e girassol. Todavia, na cultura do feijoeiro nenhum ajustamento osmótico, tanto na raiz como nas folhas, foi observado (PARDOSSI et al, 1992).

2.4.2 - Síntese de Proteínas e ativação enzimática

A síntese de proteínas nos vegetais é realizada através dos poliribossomos que são complexos sintetizadores de proteínas constituídos de ribossomos, ácido ribonucléico (RNA) e várias enzimas que atuam pelo RNA mensageiro (HSIAO & ACEVEDO, 1974).

Segundo HSIAO (1973), a síntese de proteínas é tida como o terceiro processo físico-metabólico vegetal mais afetado pelo déficit hídrico, onde um dos primeiros relatos que mostram a redução de sua síntese, debaixo de estresse hídrico, foi

conduzido com plantas de beterraba (SHAH & LOOMIS, 1965).

Trabalhando com seedlings de milho, HSIAO (1970), verificou que níveis, de poliribossomos caíram rapidamente, passando para formas monoméricas, quando ocorria uma pequena mudança do status hídrico do tecido vegetal. Logo, a redução da síntese de proteínas parece ser uma consequência da degradação enzimática provocada pelo estresse hídrico. Numa análise dos efeitos do déficit hídrico sobre a estrutura das organelas celulares e atividade enzimática, SILVA (1976)) explica que a destruição da célula vegetal é realizada pela descompartimentalização e aumento de atividade de enzimas hidrolíticas ligadas ao complexo lipoprotéico (lisossomos). Estes resultados estão em concordância com TODD (1972), que observou várias enzimas hidrolíticas como a ribonuclease e a amilase, aumentarem no tecido vegetal durante a ocorrência de um hídrico severo (redução do Ψ_h de -10 a -15 bar).

A diminuição da quantidade do RNA ribossomal parece ser o primeiro efeito da atividade da ribo-nuclease (HSIAO, 1970); MARIN & SILVA, 1972). Todavia, resultados obtidos com algodão, mostram que o nível de RNA só é afetado quando houver uma perda igual ou superior a 10% do conteúdo de água das células (MARIN & SILVA, 1972).

O estresse hídrico, a nível enzimático, também reduz a atividade de outras enzimas. Das 25 enzimas listadas por TODD (1972), que são afetadas pelo déficit hídrico, a nitrato redutase (N Rase) é considerada uma das mais sensíveis. HUFFAKER et al (1970), verificaram que uma redução no Ψ_h foliar de -3 a -4 bars, reduz rapidamente a assimilação de N - NO_3 , mostrando que a

nitrito redutase é muito sensível a pequenas intensidades de estresse hídrico. Estes resultados estão de acordo com MORILLA et al (1973), que observaram quedas de 60 a 70% na atividade da nitrito redutase em folhas de milho desidratadas a níveis de -6 a -8 bars.

Uma outra enzima que parece ser sensível ao estresse hídrico é a Ribulose Bifosfato Carboxilase (RuBPase). Trabalhando com feijoeiro, OTOOLE et al (1976), encontraram que a atividade da RuBPase diminui com o aumento do estresse hídrico interno das folhas do feijoeiro. Segundo eles, esta enzima pode ser usada como um indicador bioquímico não estomático que afeta a fotossíntese líquida debaixo de condições de estresse hídrico. Estes dados discordam com os de HUFFAKER et al (1970), que não encontraram mudanças na atividade dessa enzima após três dias de deficiência hídrica em plantas de cevada.

É interessante salientar que estes resultados acentuam o efeito do estresse hídrico sobre a síntese de proteínas. Segundo HSIAO (1973), com a redução da síntese de proteínas, o conteúdo de amido e aminoácidos livres tendem a aumentar no tecido vegetal, onde a acumulação de prolina tem sido a mais pronunciada, podendo atingir até 1% da matéria seca total da folha.

O primeiro trabalho mostrando a acumulação de prolina foi apresentado por KEMBLE & Mc PHERSON (1954), ao estudar a composição de aminoácidos em plantas de ryegrass perene (*Lolium perenne*) debaixo de condições de estresse hídrico. A partir daí, vários trabalhos têm detectado o acúmulo de prolina em diversas espécies; em plantas de feijão, pode-se citar: (STEWART, 1972;

RENA & MASCIOTTI, 1976; MACHADO et al, 1976).

A acumulação de prolina pode funcionar como uma fonte de energia metabólica e de nitrogênio durante o período imediato pós-estresse (SINGH et al, 1973). Segundo PALFI & JUHÁSZ (1971), o nível de acumulação de prolina apresenta relação positiva com a resistência a seca, podendo ser um indicador sensível ao estresse hídrico. Estes resultados são contestados por WALDERN et al (1974), que observaram que a prolina não acumulou significativamente em folhas de soja estressadas até valores de potencial hídrico de -20 bar. Além disso, à - 15 bar, ocorreu o fechamento estomático, mostrando que este efeito fisiológico é mais preciso do que o nível de prolina acumulada.

2.4.3 - Ácido Abscísico (ABA) e outros hormônios

O crescimento vegetal é regulado por mecanismos intrínsecos, onde a regulação hormonal desempenha um importante papel no desenvolvimento e adaptação dos vegetais. Exemplos comuns de fotoperiodismo, dormência, florescimento e abscisão de folhas, flores e frutos envolvem uma combinação de hormônios que respondem à variações ambientais.

O estresse hídrico exerce um profundo efeito na distribuição hormonal, principalmente sobre o conteúdo do ácido abscísico (ABA) e citocinina (LIVNE & VAADIA, 1972). Os demais hormônios reguladores são também afetados pelo déficit hídrico, embora não tão marcadamente (HSIAO & ACEVEDO, 1974). MORGAN et al (1990), trabalhando com feijão, algodão e roseira, verificaram que a produção de etileno só é detectada em folhas destacadas.

Em plantas intactas, o etileno não foi observado.

A razão citocinina/ABA afeta grandemente o balanço hídrico interno dos vegetais: Com a ocorrência de um estresse hídrico, a atividade da citocinina diminui, enquanto a do ABA aumenta. Este aumento do ABA reduz a abertura estomática, ao passo que a citocinina exerce um efeito oposto (LIVNE & VAADIA, 1972). Por este fato, é que vários autores salientam que o ABA é o principal fator responsável nas respostas adaptativas das plantas ao estresse hídrico, o ABA é um fitohormônio que se acumula em folhas de todas as espécies vegetais, independentemente do tipo de estresse ocorrido (DAIE & CAMPBELL, 1981).

O primeiro trabalho sobre o ABA, refere-se a um inibidor B que se acumulava num período de uma hora ou menos em folhas de trigo, quando estas perdiam 6% do seu peso fresco (WRIGHT, 1969). Sua síntese pode ser realizada na raiz, frutos e na parte basal das folhas, sendo que sua degradação ocorre nos internódios de caules e parte apicais das folhas (WOLF et al, 1990). Segundo SHARKEY & RASCHKE (1980)) a remoção de ABA das folhas ocorre pelo catabolismo do fitohormônio pelos ácidos hidrofásicos e fásicos, os quais possuem pequenos efeitos sobre os estômatos.

Com o déficit hídrico, a raiz serve de fonte para um aumento rápido de ABA nas folhas (CORNISH & ZEEVAART, 1985). O seu transporte da raiz é acompanhada pela síntese do fitohormônio nas células do mesófilo foliar e nas células guardas (CORNISH & ZEEVAART (1986), entrando no apoplasto, provavelmente, devido ao gradiente de pH entre o citosol e o apoplasto (HARTUNG et al,

1988). Segundo KAISER & HARTUNG (1981), a redistribuição de ABA entre os espaços apoplásticos e pelas vias simplásticas parece ser por processos de difusão regidos pelos gradiente de pH. Enquanto seu transporte do apoplasto para as células guardas é realizada através da transpiração (BRAY & ZEEVAART, 1986). Todavia para estudar o eleito do ABA no estresse hídrico, deve-se distinguir entre o conteúdo de ABA total da planta (localizado no simplasto) e do ABA disprendido para o apoplasto.

Numa análise quantitativa do processo de síntese e transporte de ABA, debaixo de condições de estresse salino, WOLF et al (1990), mostram que em *Lupinus albus*, grande parte do fitohormônio é sintetizado na raiz (28% de ABA foi encontrado no xilema de plantas controles, e 55% em plantas estressadas). O restante foi sintetizado na parte aérea. O ABA, oriundo das folhas, entram pelo floema e é transportado para a raiz, sendo, posteriormente, redistribuído para as partes aéreas via xilema.

Tem-se afirmado que o fechamento estomático movido pelo estresse hídrico é um efeito direto do aumento da concentração de ABA (KRIEDEMANN et al, 1972). Porém, a influência do ABA apoplástico sobre o funcionamento dos estômatos depende de sua ação sobre a plasmalema (HORNBERG & WEILER, 1984). KRIEDEMANN et al (1972) verificaram que a aplicação de $8,9 \text{ picomoles/cm}^2$ de ABA em folhas de feijão, induziu o fechamento estomático após terem sido transcorridos 8 minutos; sendo que aos 30 minutos, promoveu fechamento completo dos estômatos. O fechamento estomático provocado pelo déficit hídrico foliar foi mostrado por STALFET (1955), e parece estar associado com a diminuição na

concentração de solutos nas células guardas. Trabalhando com *Vicia faba*, HSIAO (1973), mostra que a perda de K^+ das células guardas coincidiu com o fechamento rápido dos estômatos.

Vários são os trabalhos que relacionam o ABA como um mecanismo fisiológico vegetal atenuador aos diferentes tipos de estresse. Segundo LUDEWIG et al (1988), o ABA exógeno eleva a condutividade hidráulica em raízes de girassol, submetidas ao esfriamento, aumentando assim sua tolerância ao frio. PARDOSSI et al (1992), trabalhando com feijão, verificaram que o ABA endógeno diminui os efeitos do estresse hídrico durante o frio, através do fechamento estomático e pelo aumento da resistência de difusão foliar, é necessário mais ABA a 3°C do que a 20°C para amenizar os efeitos do estresse hídrico.

O fechamento dos estômatos, devido ao estresse hídrico, afeta a taxa de crescimento. MILLAR & GARDNER (1972), verificaram uma redução de 47% na taxa de produção de matéria seca, devido ao movimento estomático. Contudo, numa revisão recente realizada por MAKEEV et al (1992), ainda não está bem definido que o ABA inibe a fotossíntese somente pelo fechamento estomático, Acredita-se haver algum mecanismo adicional de ação do ABA não relacionado a redução da abertura estomática.

2.4.4 - Comportamento Estomático Durante o Estresse Hídrico

Os estômatos exercem um importante papel no controle das trocas de vapor d'água e CO_2 entre as plantas e o ambiente (SCHULZE, 1986). Segundo TROUGHTON (1969) e CHAVES (1991),

o fechamento dos estômatos e a redução da absorção de CO₂ pelas plantas, são os primeiros efeitos ocasionados pela diminuição do potencial hídrico da folha.

A abertura estomática é diretamente proporcional a pressão de turgor das células-guardas (FISCHER, 1973). Com a redução do conteúdo de água do solo, o Ψ_h da folha decresce; e, conseqüentemente, as células-guardas perdem o turgor, ocasionando o fechamento dos estômatos (GOLLAN et al, 1985). Para STALFELT (1955), a redução de turgor das células-guardas, que ocasiona o mecanismo de fechamento estomático, é determinado pela perda de solutos das referidas células, principalmente por íons de potássio.

Trabalhando com seedlings de trigo, PASSIOURA (1980), através de um método elegante, no qual mantém o Ψ_h foliar ou o turgor das folhas próximo de 0 MPa, vem a mostrar que mesmo as folhas nunca terem experimentado um estresse hídrico, os estômatos fecharam com o déficit hídrico desenvolvido no solo. Segundo JONES & TURNER (1978), o fechamento estomático pode ocorrer em diferentes níveis de potenciais hídricos, o que determina é a pressão osmótica e o ajustamento osmótico da folha durante o estresse hídrico.

Num experimento realizado com soja e sorgo, TURNER et al (1978), verificaram que a hidratação do tecido é máxima quando a medição do Ψ_h é feita no predawn (antes do amanhecer). Ao meio-dia, entretanto, o Ψ_h foliar das plantas estressadas é mais negativo do que as plantas irrigadas. REICOSKY & DEATON (1979) e LARSON et al (1981), já não encontraram nenhuma diferença, ao meio dia, nos valores de Ψ_h foliar entre plantas

de soja irrigadas e estressadas. Enquanto VIEIRA et al (1989 a), observaram uma elevação temporária nos valores de Ψ_h em folhas de feijoeiro próximo ao meio-dia, durante alguns dias do período de estresse hídrico. Segundo eles, isto pode ser decorrente da variabilidade espacial do potencial da água entre as plantas; do movimento paraheliotrópico; de parâmetros do meio, como: ventos e déficit de saturação da atmosfera e ainda da própria planta (regulação hormonal), visto que os valores de resistência estomática à difusão de vapor d'água não se mostraram sistemáticos à variação do Ψ_h foliar.

Em geral, o Ψ_h foliar diminui durante o dia e no período de estresse hídrico; e aumenta durante à noite e após a irrigação (WIEBE & PROSSER, 1977). Portanto, a resistência ao movimento de água, tanto no solo como na planta, aumentam com a diminuição do Ψ_h do solo e com o aumento da temperatura atmosférica (YANG & JONG, 1972). Este resultado está de acordo com GOLLAN et al (1985), que verificaram que o status hídrico do solo pode controlar a condutância foliar (inverso de resistência difusiva foliar),

Os estômatos também respondem à estímulos luminosos. EHRLER & Van BAVEL (1968), comprovaram que a abertura estomática é menor no escuro e muito maior com o aumento da iluminação. Quanto maior a intensidade de luz, menor a resistência estomática.

Assim, a abertura dos estômatos e, portanto, a resistência por eles imposta ao fluxo de vapor d'água é função de diversos fatores internos e externos à folha. (HENNESSEY & FIELD, 1991 e BERGAMASCHI, et al, 1991). Segundo SLATEYER (1967),

os processos fotoquímicos que influenciam na abertura dos estômatos são determinados por diversos fatores: densidade de fluxo quântico, diferença de tensão de vapor d'água folha-ar, temperatura da folha, concentração de anidrido carbônico, velocidade do vento e estado hídrico da folha.

Em resumo, com decréscimo da disponibilidade hídrica no solo, o potencial hídrico foliar decresce, levando à perda da turgescência e ao fechamento dos estômatos. Com isto, aumenta a resistência à difusão gasosa, o que determina menor perda de água por transpiração, mas, também, menor fotossíntese pela menor troca gasosa (anidrido carbônico-oxigênio), indispensável a este processo.

Durante o estresse hídrico, o fechamento estomático (em se mostrado diferente entre e dentro das espécies vegetais. Algumas, fecham seus estômatos mais fortemente que outras (SANCHEZ-DIAZ & KRAMER, 1971). Plantas que conseguirem fechar rapidamente, seus estômatos durante o estresse hídrico, podem manter o potencial hídrico foliar em valores próximos do controle; desenvolvendo assim, um mecanismo de resistência a seca (JONES, 1974), Por outro lado, plantas que apresentarem respostas lentas dos estômatos podem causar sua morte em condições semiáridas (RLUM, 1974). Desta forma, diferenças genotípicas na sensibilidade estomatal e resistência difusiva entre as espécies vegetais pode ser determinante para sua sobrevivência e produtividade.

Em experimento com feijoeiro, a campo e em câmara de crescimento, KANEMASU & TANNER (1969 a), mostraram que os estômatos da face ventral (adaxial) e da face dorsal (abaxial)

comportam-se diferentemente quando o feijoeiro é submetido ao estresse hídrico. Segundo eles, os estômatos da superfície abaxial(o qual possui 7 vezes mais estômatos que a superfície adaxial) não apresentaram alteração quando o Ψ_h foliar foi de -11 bars. No entanto, abaixo deste potencial a resistência foliar aumentou rapidamente. Por outro lado a resistência da superfície adaxial aumentou significativamente, quando o Ψ_h

foliar passou de -8 bars, havendo uma sensível resposta da resistência estomática. Estes resultados estão em concordância com VIEIRA et al (1989 a), que verificaram que os valores de resistência à difusão de vapor d'água, durante o período de estresse hídrico, foram maiores na face adaxial do que na face abaxial de duas cultivares de feijão. E, segundo eles, a diferença de resistência estomática e densidade do fluxo transpiratório é em função de características genéticas: diferença do sistema hidráulico de condução, disposição diferencial das células do mesófilo foliar, número e tamanho dos estômatos nas variedades e do movimento foliar de fotonastismo igual para heliotropismo.

A idade da folha do feijoeiro parece também causar um efeito no aumento da resistência estomática (DAVIS et al, 1990). E é possível que outros processos associados à idade, tal como a mudança hormonal e níveis da atividade enzimática podem melhor caracterizar esta variação. Segundo DAVIS (1977), a resistência estomática abaxial é constante, enquanto a resistência estomática adaxial é variável.

2.4.5 - Fotossíntese e Transpiração

Vários mecanismos bioquímicos, fisiológicos e/ou anatômicos podem interferir na taxa fotossintética e no uso eficiente de água das plantas em seus possíveis ambientes (MARTIN & RUIZ-TORRES, 1992).

Baseando-se no comportamento semelhante entre fotossíntese líquida e transpiração, em condições de deficiência hídrica, O'TOLLE et al (1977) concluíram que a abertura estomática em folhas de feijoeiro, é o fator controlador da fotossíntese. No entanto, o aumento da resistência do mesófilo e o decréscimo da atividade da ribulose 1,5 - difosfato carboxilase (RuDPc), em condições de baixos potenciais hídricos, sugerem que fatores não estomáticos estejam envolvidos na redução da fotossíntese líquida (O'TOLLE et al, 1976). Estas informações concordam com as observações de BOYER (1971 a), que verificaram que a redução da fotossíntese a baixos potenciais hídricos, pode ser determinada pelo comportamento estomático ou pela capacidade dos cloroplastos em fixar o CO₂ atmosférico, sendo este efeito mais expressivo do que o aumento da resistência difusiva do CO₂ (MATTHEWS & BOYER, 1954; BOYER, 1971 a).

A taxa de fotossíntese varia grandemente entre as plantas com metabolismo tipo C₄, C₃ e CAM de fixação de CO₂ atmosférico. As plantas C₄ são consideradas mais eficientes fotossinteticamente, dentre as quais se destacam milho, cana-de-açúcar, sorgo e capins tropicais. As plantas C₃, menos eficientes, incluem arroz, feijão, trigo, soja, algodão, batata,

amendoim . Entre as do tipo CAM estão abacaxi e sisal. Mesmo para plantas de uma espécie, a taxa de fotossíntese varia com a cultivar.

Num experimento comparando o comportamento fotossintético entre milho e soja, espécies que possuem diferentes vias de fixação de CO_2 atmosférico, BOYER (1970), observou que o milho teve uma taxa fotossintética maior que soja. No entanto, reduziu a fotossíntese à valores de potencial hídrico maior do que a soja: -3,5 e -11 bars, respectivamente. Concluindo, finalmente, que a via C_4 . não garante habilidade particular durante o estress e hídrico, No entanto, as plantas que apresentarem alta taxa fotossintética e aumento da resistência estomática, têm a capacidade de adaptar-se melhor às condições de seca, pois mantendo os estômatos relativamente fechados para diminuir a perda de água pela transpiração, conseguirão realizar alguma fixação fotossintética (PIMENTEL, Comunicação pessoal).

O déficit hídrico causa redução na taxa fotossintética (SMIRNOFF, 1993). Segundo MILLAR & GARDNER (1972), a taxa de produção de matéria seca e a transpiração decresceram com a redução do potencial hídrico do solo. Quando o Ψ_h do solo decresceu de -0,28 para -0,40 bar, observou-se uma redução de 47% na taxa de produção de matéria seca. Isto foi assumido pelo mecanismo estomático operado pela pressão de turgor. O fechamento estomático, devido ao estresse hídrico, afetou a taxa de crescimento mais do que a transpiração. Além disso, a resistência estomática adaxial aumentou quando o Ψ_h foliar foi mais negativo do que -8 bar. Enquanto a resistência estomática

abaxial, permaneceu constante até que o Ψ_h foliar diminuiu dos -11 bars.

SMIRNOFF (1993), aprofundando e explanando a teoria dos resultados anteriores, mostra que o estresse hídrico suave (conteúdo hídrico relativo acima de 70%) limita a absorção de CO_2 pelo fechamento estomático. Enquanto o estresse hídrico severo limita a fixação de CO_2 através da exposição dos cloroplastos à elevada energia de excitação, Segundo ele, muita dessa energia pode ser dissipada por vários mecanismos fotoprotectivos, tais como: dissipação do calor via carotenóides, fotorespiração, vias metabólicas CAM, movimento foliar e outros caracteres morfológicos, os quais minimizam a absorção de luz. No entanto, quando a energia de excitação não é dissipada, a taxa de formação de oxigênio ativo (peróxido) aumenta nos cloroplastos, criando radicais livres e destruindo as enzimas protectivas antioxidantes, como: superoxide, dismutase e glutathione redutase.

A influência do comportamento estomático no processo fotossintético está, portanto, determinado pela intensidade do estresse hídrico atingido. BOYER (1970 a), trabalhando com soja e milho, verificou que diferenças na fotossíntese dessas espécies somente pode ser atribuída pela diferença no comportamento estomático quando os valores de Ψ_h alcançados foram, respectivamente, -16 bars e -10 bars. Em potenciais hídricos inferiores houve aumento da resistência do mesófilo.

Alguns trabalhos tem mostrado também diferenças nas respostas estomatais, através da medição de assimilação de

carbono marcado - $^{14}\text{CO}_2$) em diversas espécies durante a ocorrência de um estresse hídrico. SHARKEY & SEEMANN (1989), submetendo plantas de feijão ao estresse hídrico, observaram fechamento estomático heterogêneo. Apenas algumas porções da folha foram fotossinteticamente ativas; em outras os estômatos estavam fechados.

Estes resultados não concordam com os de GUNASEKERA & BERKOWITZ (1991) e (1992), que verificaram fechamento estomático em folhas de feijoeiro e mandioca. Segundo eles, a assimilação de CO_2 somente foi heterogênea quando ocorreu uma depressão do Ψ_H foliar de menos 1,1 MPa durante 4 dias de estresse hídrico,

Baseando-se nesta mesma técnica, DAI et al (1992) e SHARKEY (1984), verificaram que os estômatos podem ter fechamento desuniforme até em plantas irrigadas adequadamente. Isto acontece quando o déficit de pressão de vapor d'água está muito elevado, o que causa superestimativas no cálculo de CO_2 interno da folha pela análise de trocas, gasosas. Estes resultados está de acordo com BLACK & SQUIRE (1979), que observaram fechamento estomático independente de mudanças no potencial hídrico da folha e até acompanhado por aumento no teor de água, indicando boa relação entre a resistência estomática e o déficit de saturação de vapor d'água do ar.

Para ACKERSON & HEBERT (1981), déficits hídricos repetidos diminuem a sensibilidade da fotossíntese. Esta aclimação da fotossíntese a baixos Ψ_h tem sido correlacionado à respostas estomatais alteradas nos déficits hídricos subsequentes. Trabalhando também com algodão, BROWN et al (1976), verificaram que os estômatos de plantas aclimatadas fecharam à

valores de Ψ_h muito baixos, enquanto os estômatos das plantas controle fecharam à valores mais elevados.

Em resumo, embora haja diferenças na sensibilidade dos estômatos, fica claro seu papel como regulador nos processos da fotossíntese e transpiração, Quando o estresse hídrico desenvolve, o ponto de compensação de CO_2 aumenta. Este aumento na concentração intracelular de CO_2 pode influenciar o sistema de feedback químico do ARA, ocasionando o fechamento dos estômatos (RASCKE, 1975 e MEIDNER & MANSFIELD, 1968).

2.5 - Perspectivas de Adaptação do feijoeiro ao estresse hídrico

Segundo a definição de LASCHER, o fenômeno de adaptação é uma propriedades inerente de sistemas metabólicos de complexa dinâmica e descreve o ajuste de catalizadores enzimáticos e transportadores proteicos da membrana, às mudanças do ambiente interno de uma célula. As plantas através de organização própria comandada pelo potencial genético, respondem às variações ambientais com ajustamentos funcionais e estruturais, fazendo com que a performance do metabolismo seja otimizada (PAHLICH, 1993).

Esta definição está em concordância com PEREIRA (1989), que integrando a fotossíntese e a respiração, segundo modelo de Mc Cree e Thornley, mostra que as produtividades obtidas com o feijoeiro e para outras culturas estão em consonância com suas potencialidades genéticas.

A descrição de modelos recentes desenvolvidos por FERNANDEZ & Mc CREE (1991), permite visualizar melhor tais interações complexas que ocorrem nas plantas, como também, selecionar os efeitos dos atributos morfológicos e fisiológicos sobre a performance vegetal otimizada debaixo de condições de estresse hídrico. Alguns desses atributos poderiam ser:

- Rápido fechamento estomático. Conforme CHAVES (1991), o fechamento estomático é o efeito primário quando ocorre um estresse hídrico. Desta forma, plantas que conseguirem fechar seus estômatos, rapidamente, podem manter o potencial de turgor de suas células próximo do controle, desenvolvendo assim, um mecanismo de tolerância a seca (JONES, 1974).

- Já para DAVIES et al (1990), O sucesso na pesquisa de adaptação das plantas ao estresse hídrico passa pela importância a relativa dos processos radiculares e aéreos na determinação das respostas vegetais ao déficit hídrico. Diferenças significativas de crescimento e produção em plantas de feijão comum submetidas ao estresse hídrico deve-se ao genótipo do sistema radicular. Além disso, o efeito do genótipo aéreo foi pequeno quando comparado com o genótipo radicular (WAITE & CASTILHO, 1992). Estes resultados estão de acordo com os de PASSIOURA (1988), que verificaram que a expansão foliar é controlada pelos sinais das raízes em solos secos e que o sinal das raízes é um importante fator de controle do crescimento foliar maior que o potencial de turgor das folhas. Além disso, plantas de feijoeiro que em condições de estresse hídrico, promoverem maior crescimento radicular em detrimento da parte aérea, poderá explorar um volume de solo maior e obter mais água

(BOYER, 1978)

- Incorporação de genes resistentes de outras espécies de feijão em cultivares de *Phaseolus vulgaris*. Segundo FEDERICI et al (1990), o *Phaseolus acutifolius* é bem adaptado em condições quentes e áridas pode ser uma valiosa fonte de genes para ciliar cultivares de *Phaseolus vulgaris* resistente à seca CASTONGUAY & MARKHART (1992), testando as diferenças de trocas gasosas visando o uso eficiente de água entre essas duas espécie verificaram que debaixo de estresse hídrico, o *Phaseolus acutifolius* teve maior eficiência de carboxilação a baixa pressão de CO₂ interno do que *Phaseolus vulgaris*. Esta característica bioquímica, segundo eles, é melhor do que caracteres anatômicos foliares e contribui para a adaptação do feijoeiro comum à condições de seca

- Melhoramento da eficiência fisiológica do feijoeiro combinada com os atributos anteriores. ISQUIERDO & HOSFIED (1983), avaliando 9 cultivares de feijão, atribuíram à maior duração do enchimento dos grãos as diferenças de produtividade observadas. Segundo eles, as cultivares mais produtivas apresentaram maior capacidade de satisfazer a demanda do dreno metabólico, por manter as folhas verdes e fotossinteticamente ativas por mais tempo, Estes dados estão de acordo com os encontrados por CRUZ et al (1993), que observaram que a duração do período e a taxa de enchimento de grãos (g.m⁻².dia⁻¹) podem ser características importantes para auxiliar os melhoristas a selecionar e desenvolver cultivares mais superiores Além do mais, esta fase não é a de todas, considerada muito crítica a ocorrência de um estresse hídrico.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Localização do Experimento

O experimento foi conduzido no período de março a julho de 1993, sendo instalado num local levemente inclinado da área experimental do Departamento de Fitotecnia do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em Itaguaí-RJ, situada a uma altitude aproximada de 33m e coordenadas geográficas. 22°45' de latitude sul e 43°41' de longitude oeste.

3.2 - Clima da Região

O clima da região está classificado, segundo Köppen, pertencente ao grupo AW. Considerando dados de 10 anos, o local apresenta uma média de 75,1% de umidade relativa, 1.191,4mm de precipitação anual média e temperatura média de 24,2°C, com mínima de 20,2°C e máxima de 30,0°C.

Os dados pluviométricos, os de umidade relativa e as temperaturas médias, máximas e mínimas diárias do período do

experimento encontram-se no Quadro 1.

3.3 - Solo

O solo do local foi classificado como Podzólico Vermelho Amarelo - Série Silvicultura (JACCOUD, 1971).

Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras do solo, retiradas a uma profundidade de 0-20cm, onde se localiza 85% do sistema radicular do feijoeiro (VILHORDO et al, 1988). O objetivo foi o de verificar as características químicas e a possível quantidade de calcáreo a ser utilizada para a devida correção da acidez.

As análises foram realizadas pelo Laboratório de Análises de Fertilidade de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, cujos resultados encontram-se no Quadro 2. Tais valores analíticos refletem uma condição de um solo eutrófico por manejo, produto de cultivo de *Crotalaria* efetuados neste local.

3.4 - Preparo do Solo

O preparo do solo, feito um mês antes do plantio, constituiu-se de uma aração numa faixa de 20cm de profundidade e uma gradagem. Uma semana antes do plantio, realizou-se uma capina motora, feita com Tóbatã, para eliminar e incorporar as plantas invasoras que iniciavam o seu crescimento.

Em seguida, foi demarcado as parcelas do delineamento experimental escolhido.

Quadro 1 - Médias diárias de temperaturas médias, máximas e mínimas, unidade do ar e precipitação pluviométrica no período do experimento, do posto meteorológico próximo da área onde foi instalado o ensaio.

ANO	MÊS	ESTÁDIO	DAP	TEMPERATURAS EM °C			UNIDADE (%)	PRECIPITAÇÃO	
				MÉDIA	MÁX.	MÍN.		TOTAL (mm)	DURAÇÃO (h)
1994	MAIO	U4	20	23,4	31,1	19,8	52,3		
			21	25,0	32,4	20,5	51,7		
			22	23,7	28,8	20,4	75,3		
			23	19,2	22,5	19,2	87,0	4,0	02:25
			24	18,9	20,8	16,8	90,7		
			25	20,2	22,8	17,0	80,7	1,7	02:05
			26	20,2	25,2	16,0	85,3		
			27	20,7	26,7	15,5	70,7		
			28	19,5	27,0	14,8	68,7		
			29	19,5	26,5	13,5	63,3		
			30	19,1	26,8	13,2	76,0		
			31	19,8	26,5	14,5	65,0		
		R5	32	19,6	25,3	13,7	69,7		
			33	19,8	26,1	15,5	75,5		
			34	21,2	27,5	16,0	71,7		
			35	22,8	29,5	17,3	68,3	1,1	00:50
			36	18,3	22,5	16,2	88,7	5,1	01:35
			37	18,9	23,7	15,2	74,3		
			38	21,5	26,8	15,5	62,3	10,6	03:09
		R6	39	21,3	24,4	18,5	78,3		
			40	20,5	23,5	18,7	73,3	1,4	01:15
			41	18,3	20,5	17,0	78,5	3,0	02:34
			42	19,4	20,5	17,0	76,7	1,4	00:55
			43	22,8	23,5	16,4	56,0		
			44	21,7	28,5	18,7	69,3		

CONT INUAÇÃO

ANO	MÊS	ESTÁDIO	DAP	TEMPERATURAS EM °C			UMIDADE (%)	PRECIPITAÇÃO	
				MÉDIA	MÁX.	MÍN.		TOTAL (mm)	DURAÇÃO (h)
1994	MAIO	R7	45	23,4	30,3	19,0	84,7	10,1	03:12
			46	22,6	28,7	19,0	76,3	2,4	01:05
			47	21,2	26,9	18,0	60,3		
			48	20,1	22,0	17,0	58,7	2,5	01:40
			49	20,0	24,1	18,0	86,0	26,9	05:50
			50	18,0	21,5	17,5	73,0	6,5	03:00
			51	17,5	21,5	15,1	75,2	0,7	00:10
	JUNHO	R8	52	17,9	23,0	12,5	74,0		
			53	19,1	26,5	14,1	59,7		
			54	18,7	25,2	13,2	65,7		
			55	20,1	26,5	15,0	63,3		
			56	20,6	26,0	16,8	75,7		
			57	18,8	22,1	17,0	72,7		
			58	18,4	22,3	14,6	72,0		
			59	17,9	24,5	12,6	63,0		
			60	19,4	27,9	15,0	56,0		
			61	20,4	28,5	15,1	60,7		
			62	20,4	29,3	15,4	56,3		

* Dados fornecido pelo Posto da Estação Experimental de Itaguaí-RJ.

Quadro 2 - Resultados das análises químicas de solo, a 20cm de profundidade, do local onde foi instalado o ensaio.*

pH H2O	Ca	meq/ 100cm3			ppm			Gorg. %	meq/ 100cm3		V %
		Mg	Al	H+Al	Na	K	P		5	T	
5,4	3.6	1,0	0,0	2.1	0.06	116	30	1.72	4,96	7.06	70

x Análise realizada pelo Laboratório de Análises do Solo - Departamento de Solos - Instituto de Agronomia - UFRRJ,

3.5 - Cultivares

As duas cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) utilizadas, enquadram-se na classificação de ciclo curto e crescimento determinado - Tipo I (VILHORDO et al, 1988). são elas:

* "XODÓ", criada no Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT. Colômbia (GASTIM, Comunicação pessoal), uma das mais- importantes e mais cultivada no Estado do Rio de Janeiro pela última década.

* CNF 430, conhecida como ouro negro e recém-criada pelo Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - CNPAF - Brasil, podendo, neste experimento, ser comparada ou até apontada como substituta da cultivar anterior.

As sementes de ambas cultivares foram obtidas via Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

3.6 Adubação

Pela interpretação dos resultados contidos no Quadro 2, recomendou-se, neste trabalho, apenas a adubação nitrogenada, realizada com uréia (45% de N) numa dosagem de 40Kg de N/ha (ALMEIDA et al, 1988).

A uréia foi distribuída em duas aplicações iguais de 20Kg de N/ha, em cobertura, aos 20 dias após plantio (DAP) e aos 40 DAP. A adubação nos 20 DAP foi seguida de amontoa, para minimizar a volatilização do nitrogênio, não sendo necessário

executar esta mesma operação nos 40 DAP devido as ruas de feijão estarem relativamente fechadas.

3.7 - Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado, foi em faixas, devido a necessidade de submeter por um determinado tempo do ciclo da cultura, parte do número total das parcelas irrigadas e a outra parte não irrigada. Desta formas aproveitando-se da ligeira inclinação do local, foram locadas na parte superior da área do experimento, as parcelas que constituíram a faixa não-irrigada; e, na parte inferior, as parcelas da faixa irrigada.

Afim de melhor definir os tratamentos utilizados, ficou determinado que a faixa não-irrigada, refere-se ao tratamento com estresse hídrico e a faixa irrigada ao tratamento sem estresse hídrico. As duas cultivares foram submetidas aos referidos tratamentos três vezes dentro de cada faixa, através de sorteio, totalizando nas duas faixas 12 parcelas.

Em cada parcela, de dimensão 4,00m x 2,00m, foram demarcadas 5 linhas de plantio, distanciadas entre si de 0,5 m, dais quais foram utilizadas para análise do experimento apenas as 3 linhas intermediária.

3.8 - Instalação e Condução do Experimento

O experimento foi devidamente instalado no dia 23

de abril de 1993. utilizando a densidade de plantio de 12 sementes/metro linear dentro das parcelas predeterminadas.

O controle das ervas invasoras foi efetuado duas vezes, uma aos 1.0 DAP e outra 25 DAP, por meio de capinas manuais. Neste período, a competição com as ervas invasoras é crítica, afetando seriamente a produção e ocasionando perdas de 50-70 % (VIEIRA, 1970).

Não foi detectado, em escala significativa, nenhuma doença e praga. Exceto, presença de saúvas que foram combatidas in situ com brometo de metila.

Visando atender os objetivos deste experimento, procurou-se manter a umidade do solo próxima do equivalente tensiométrico de sua capacidade do campo (JACCOUD, 1971). Logo, irrigações foram feitas toda vez que o potencial hídrico do solo ultrapassava $-0,2\text{MPa}$.

Quando 80% das plantas de feijão emitiram o segundo par de folíolos trifoliolados (estádio V3 - FERNANDEZ et al, 1989), foram instalados os psicrômetros de solo (afim de não afetar o sistema radicular das mesmas) que, a posterior, monitoraram a temperatura e o potencial hídrico (Ψ_h) do solo durante o experimento propriamente dito.

Aos 20 DAP, com o aparecimento do estágio V4, (FERNÁNDEZ et al. 1985), compreendido pela emissão do terceiro par de folhas trifolioladas em 80% das plantas de feijão, foi suspensa a irrigação somente na faixa, previamente definida, como com estresse hídrico, iniciando assim o experimento.

A princípio, este estado de ausência de irrigação deveria também perdurar até o final da floração (RG) e ou início

de formação da vagem (estádio R7 - FERNANDEZ et al, 1985), quando se reidrataria a referida faixa até o final do ciclo de vida da cultura. No entanto, a ocorrência inesperada de chuvas, no final do estágio R5 e durante os estádios R6 e R7, conforme quantificadas no Quadro 1, interromperam as observações que vinham sendo feitas desde o início do estágio V4; e prorrogou-as assim, para após o término das chuvas, o que coincidiu com o início do estágio R8 (52 DAP), indo, portanto, o experimento, até o início do estágio R9 (FERNANDEZ et al. 1985). É interessante ressaltar ainda, que após a suspensão da irrigação realizada aos 20 DAP, a faixa não irrigada ficou na dependência de chuvas.

Completada a maturação procedeu-se a colheita para a obtenção dos componentes de produção.

Aos 29 DAP (fase vegetativa V4), mais precisamente, quando 80% das plantas de feijão sem estresse hídrico emitiram o quarto par de folhas trifolioladas (V.4.4 - FERNANDEZ et al, 1985), fez-se observações com a finalidade de verificar o comportamento estomático no decorrer do dia.

3.9 - Avaliações

Baseando-se no item 2.2 da revisão de literatura, as observações realizadas neste experimento podem ser agrupadas em três fases: durante o estresse hídrico, no estágio V.4.4 e na colheita.

Durante as fases do feijoeiro, onde ocorreu o

estresse hídrico, ou seja, estádios V4, R5 e R8, fez-se as seguintes observações diárias:

- Medição do potencial hídrico foliar (Ψ_H). Foi determinado durante todos os dias do experimento, antes do amanhecer (predawn), nos dois tratamentos de ambas cultivares. O aparelho utilizado foi um Microvoltímetro HR 33T - da Wescor - Método Higrométrico com câmaras Wescor C-52.

- Medição da temperatura e do potencial hídrico do solo. Determinou-se juntamente com as medições do potencial hídrico foliar nas faixas sem e com estresse hídrico, usando o mesmo Microvoltímetro e Psicômetros de solo (sensor PT-55) pré-instalados.

- Medição de Condutância estomática adaxial e abaxial com suas respectivas intensidades luminosas. Da mesma forma como as medições anteriores, foi determinada em todos os dias do experimento nos horários de 9:00h, 12:00h e 15:00h. O aparelho usado foi um Porômetro AP4 (DELTA-P, INGLATERRA), que expressam os valores medidos em, respectivamente, cm/s e $K1ux/cm^2$.

As observações no estádio V.4.4 compreendem todas as mencionadas acima, acrescidas ainda, da temperatura do ar ($^{\circ}C$), que foi determinada com o auxílio de um termômetro de máxima e mínima. Todas essas observações foram realizadas nos horários de 6:00h, 8:00h, 10:00h, 12:00h, 14:00h, 16:00h e 17:00h, sendo que as medições com o porômetro foram efetuadas de 6:00h à 17:00h, com intervalo de uma hora.

OBS: Os dados do Microvoltímetro usado na medição do potencial

hídrico foliar e do solo são expressos em microvolts/bar (MV/bar). Logo dividiu-se os mesmos pela constante - 7,5 para obter os referidos potenciais hídricos em Megapaschal (MPa).

Já na colheita, foram avaliados os componentes de produção das plantas sem e com estresse hídrico. Os parâmetros escolhidos foram:

- a) N° de vagens/planta.
- b) N° de grãos/planta.
- c) Peso de grãos/planta.

3.10 - Análises Estatísticas

Os resultados foram submetidos a análise de variância, e para os testes de comparações múltiplas, utilizou-se o teste de Tukey, considerando um nível aceitável de 5% de probabilidade.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de facilitar a exposição e o entendimento dos resultados apresentados neste capítulo apresenta-se na figura 1, as 10 etapas de desenvolvimento de uma planta de feijão observadas neste trabalho, as quais estão delimitadas por eventos fisiológicos importantes. O conjunto das dez etapas forma a ESCALA DE DESENVOLVIMENTO DA PLANTA DE FEIJÃO. Cada etapa começa com um evento do desenvolvimento da planta, com cujo nome se identifica; e termina, aonde se inicia a etapa seguinte. E assim, sucessivamente. A identificação de cada etapa se dá com base num código que é formado por uma letra e um número. A letra corresponde à inicial da fase da qual pertence a etapa. É assim que, (V) pertence a fase vegetativa, (R) pertence a fase reprodutiva. O número de 0 a 9 indica a posição da etapa na escala (Figura 1).

Neste capítulo, discute-se os parâmetros observados no período de cada fase de desenvolvimento do feijoeiro, na qual ocorreu o estresse hídrico, ou seja, V4, R5 e R8. Vale salientar que a fase R5 é considerada uma das mais sensíveis ao estresse hídrico do feijoeiro (ROBINS & DOMINGO, 1956). Estas fases estão claramente definidas nos gráficos sempre que for necessário para a devida compreensão do que é discutido. Notar-se-à ainda, que mesmo dentro dessas fases, a ocorrência de chuvas foi inevitável.

No entanto, por se tratar de um fenômeno corriqueiro ocorrido no cultivo das plantas em condições ambientais, utilizou-se deste fato, para incrementar este trabalho.

V0	V1	V2	V3	V4	R5	R6	R7	R8	R9
FASE VEGETATIVA					Formação de estruturas reprodutivas				
					FASE REPRODUTIVA				

Semeadura

1º botão floral
ou
1º racimo

15% de umidade
da semente

Legenda:

V0 = Germinação.

R5 = Pré-floração.

V1 = Emergência.

R6 = Floração.

V2 = Folhas Primárias.

R7 = Formação de vagens.

V3 = 1ª Folha Trifoliolada.

R8 = Enchimento de vagens.

V4 = 3ª Folha Trifoliolada.

R9 = Maturação.

Fig. 1 - Etapas de desenvolvimento de uma planta de feijão (FERNANDEZ et al, 1985).

A ocorrência e duração das chuvas durante as fases de desenvolvimento do feijoeiro, submetidas ao estresse hídrico, pode ser verificada através do Quadro 1. Nota-se que as interrupções do estresse hídrico provocado pelas chuvas, dentro das fases avaliadas, ocorreram apenas nas fases V4 e R5 (22 e 34

DAP, respectivamente e durante as fases R6 e R7). Nas duas primeiras fases, as suspensões momentâneas do estresse hídrico deram-se após o terceiro dia de seus respectivos inícios. No entanto, a duração da chuva em cada fase foi diferenciada. Assim, na fase V4, a chuva perdurou por 3 dias consecutivos; enquanto na fase R5, a duração da chuva foi de 2 dias. Todavia, deve-se salientar, que o estado de ausência de irrigação deveria perdurar até o final da floração(R6) e/ou início de formação de vagens (R7), quando se reidrataria a referida faixa. No entanto, devido à ocorrência de chuvas, só foi possível realizar observações após o término das mesmas (início do estágio R8, 52 DAP), indo o experimento, até o início do estágio R9.

4.1 - Efeito do estresse hídrico nos parâmetros avaliados

O comportamento de cada parâmetro avaliado, durante o estresse hídrico, pode ser verificado nas figuras de 2 a 8.

Os resultados obtidos para o efeito do estresse hídrico na temperatura do solo (Figura 2), mostram que no tratamento sem estresse hídrico, os valores da temperatura do solo mantiveram-se inferiores aos do tratamento com estresse hídrico. Este fato, deve-se ao resfriamento do solo provocado pela evaporação da água, visto que, no tratamento sem estresse hídrico procurou-se manter o solo próximo da sua capacidade do campo. por outro lado, com a diminuição da hidratação do solo no tratamento com estresse hídrico (Figura 3), a temperatura deste, apresentou uma tendência a elevar-se (Figura 2). Deve-se

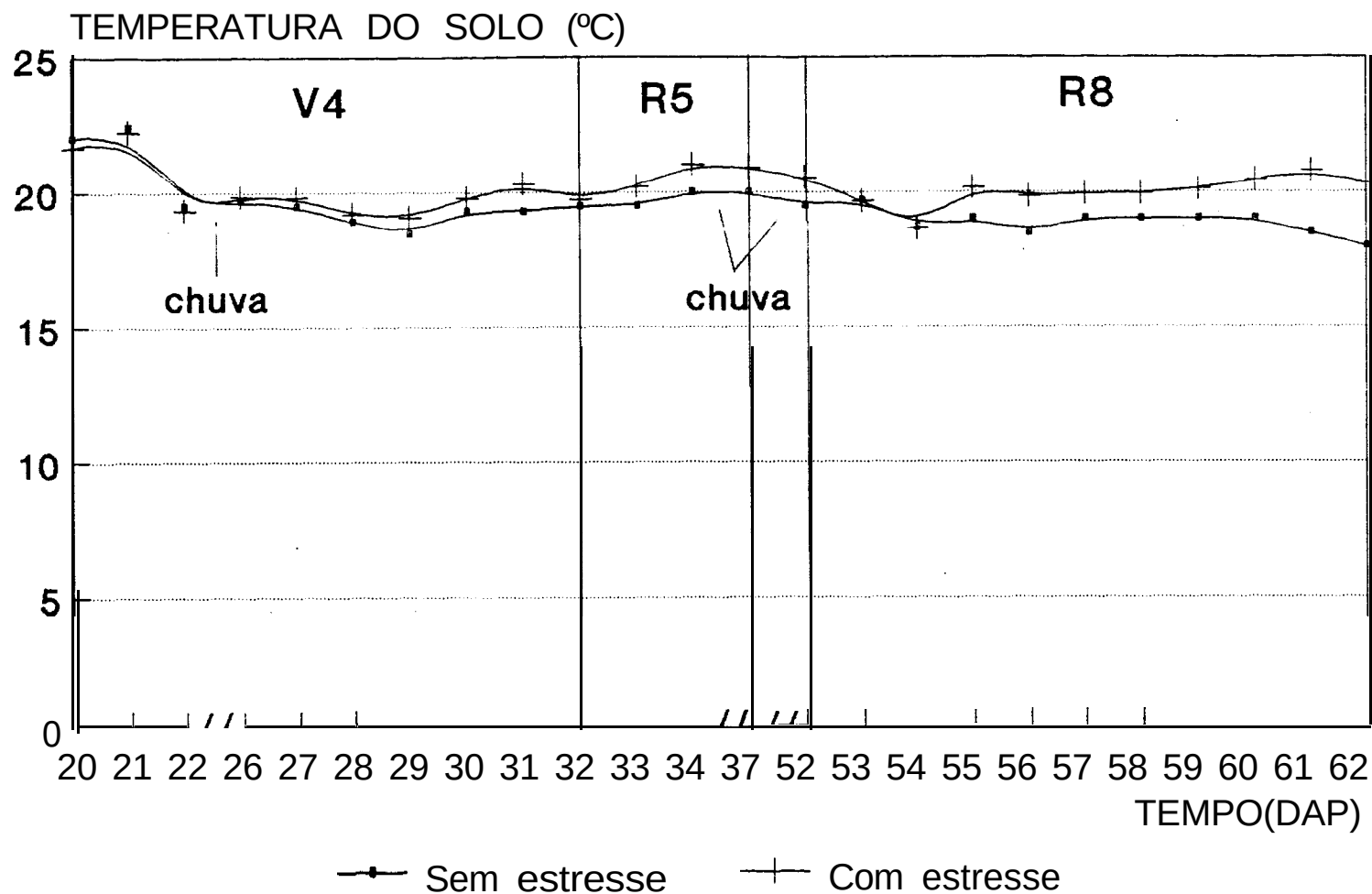


Fig 02 - Efeito do estresse hídrico sobre a temperatura do solo, nos estádios V4, R5 e R8. (média de duas repetições)

ressaltar, que embora as diferenças de temperatura entre os dois tratamentos serem pequenas (1,5 °C), pode-se esperar que além do estresse hídrico, pode ocorrer também um estresse térmico nas raízes (PIMENTEL et al, 1990).

As diferenças da temperatura do solo nos referidos tratamentos, exibiram um comportamento crescente a medida que progredia o esgotamento de água no solo. Todavia, a variação entre os valores da temperatura do solo em ambos tratamentos, indica que a temperatura do solo parece ter respondido à temperatura do ar, como pode ser verificado pe los dados meteorologicos contidos no Quadro 1.

Estes resultados estão de acordo com HANKS & ASHCROFT (1976), que relatam que a temperatura do solo é afetada por diversos fatores, dentre os quais, destacam-se: o conteúdo de água do solo e a radiação solar.

No que se refere ao status energético da água no solo, o potencial hídrico do solo (Figura 3), demonstrou ser um bom indicador da intensidade do estresse hídrico. A figura 3 mostra que, no tratamento sem estresse hídrico, os valores do potencial hídrico do solo mantiveram-se constantes; enquanto que, no tratamento com estresse hídrico, os valores sofreram um abaixamento gradativo até o 34° e 62° DAP (desidratação máxima) dos estádios V4-R5 e R8, respectivamente. Além disso, durante o período de estresse hídrico V4-R5, pode-se observar que o esgotamento de água no solo foi interrompido devido a ocorrência de chuvas, como está ilustrado também no gráfico. Vê-se, ainda, na figura 3, que o potencial hídrico do solo permaneceu estável até o 5° dia do estádio V4, para os dois tratamentos utilizados,

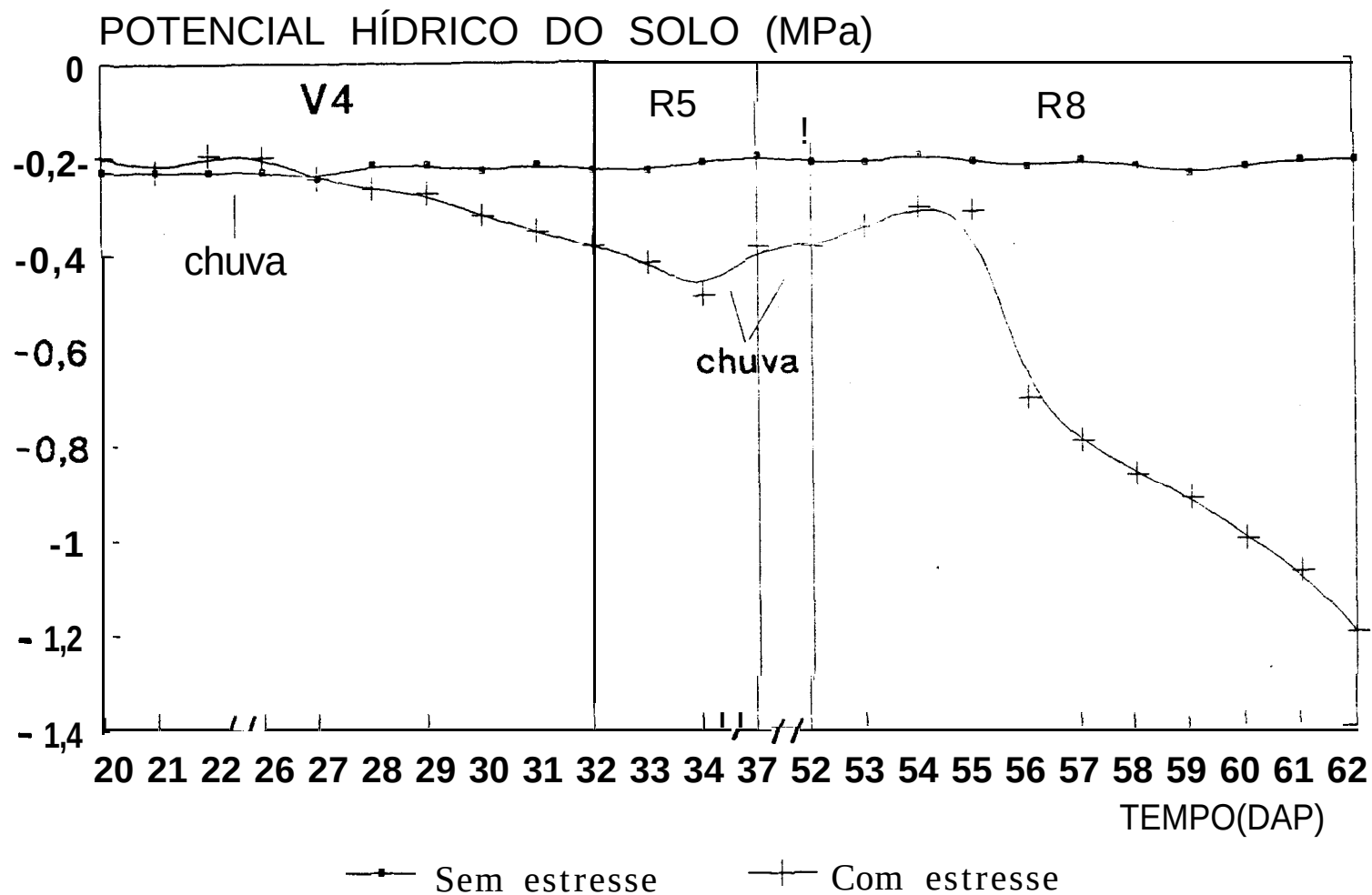


Fig03 - Efeito do estresse hídrico no potencial hídrico do solo nos estádios V4, R5 e R8. (média de duas repetições)

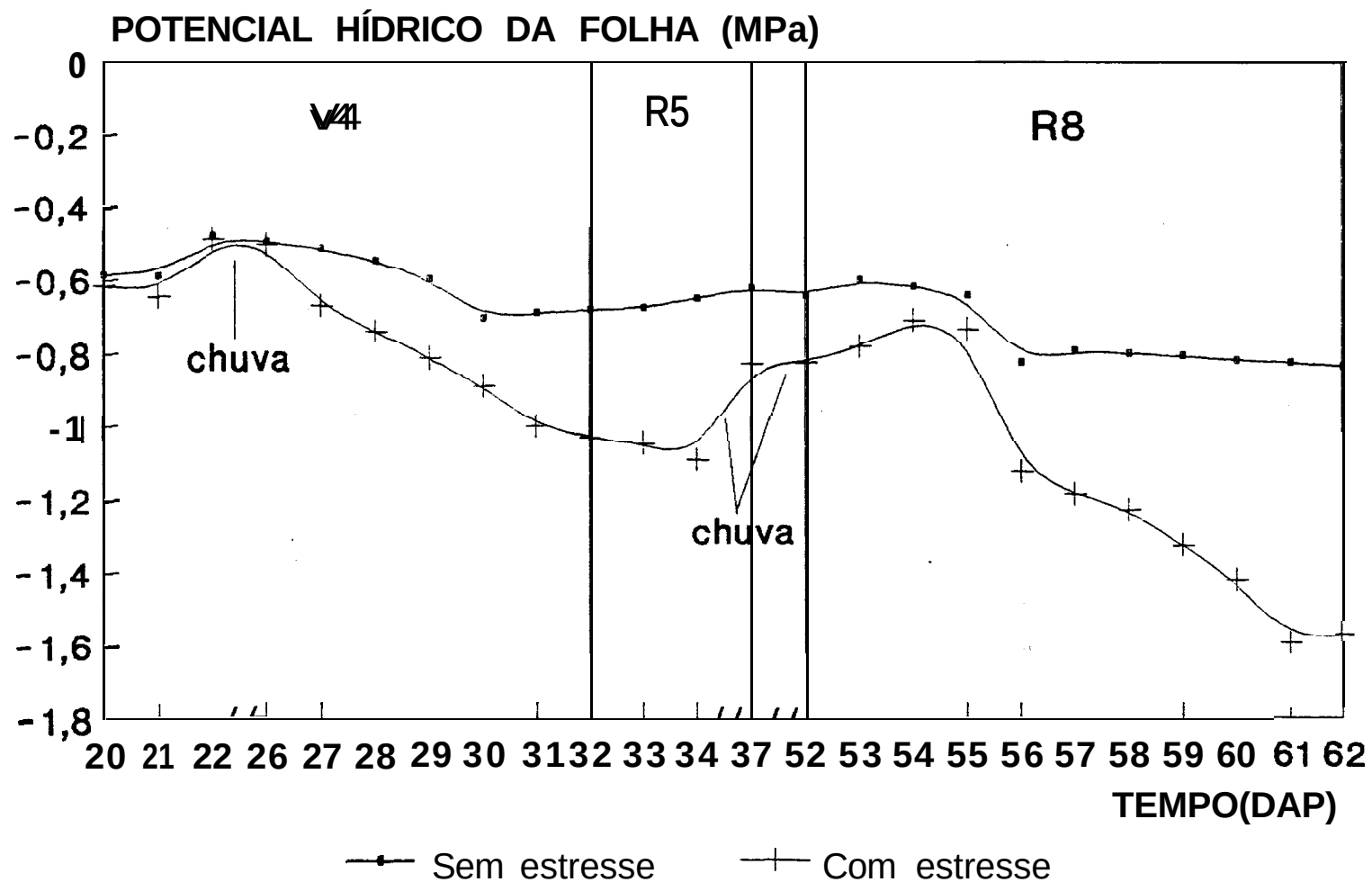


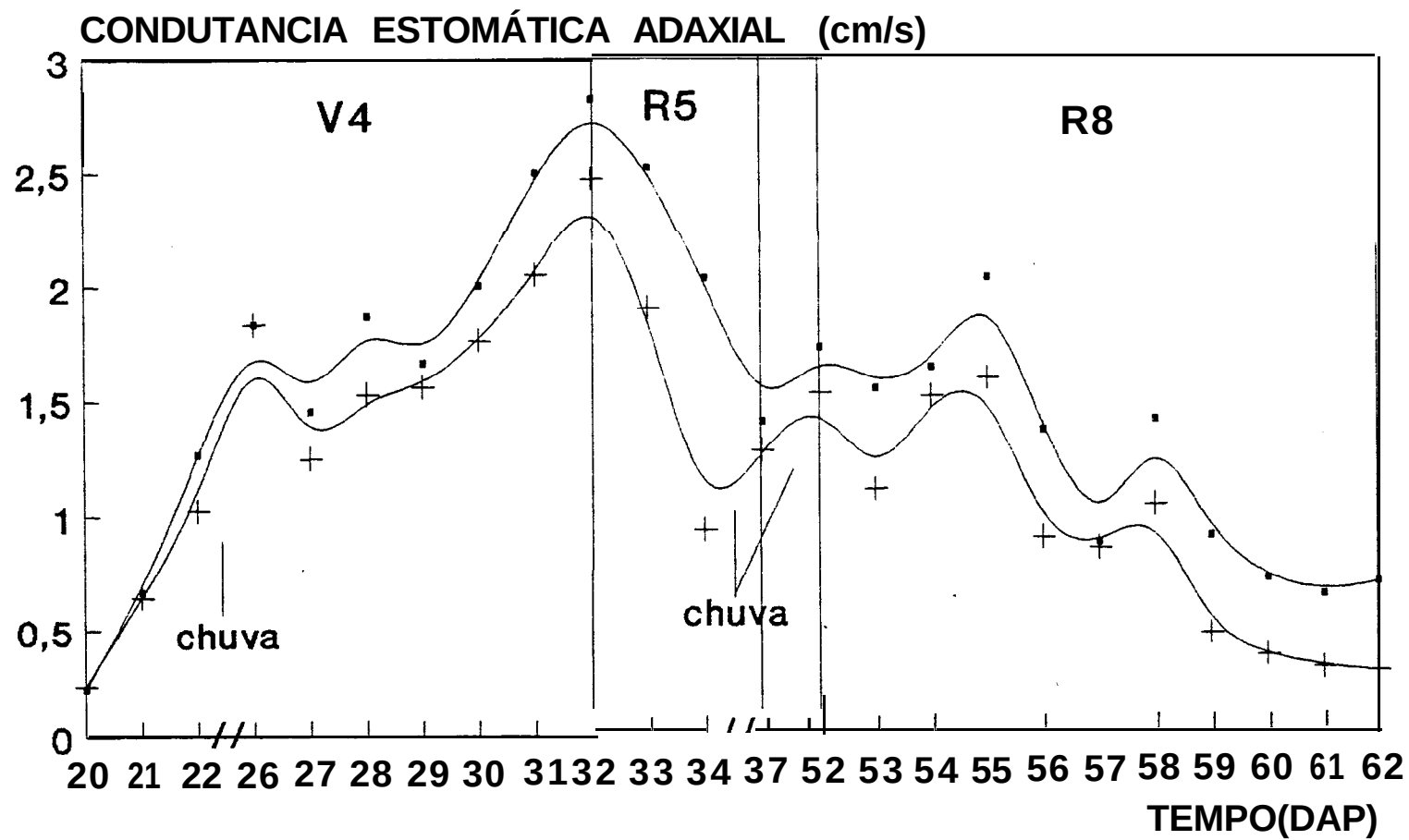
Fig04 - Efeito do estresse hídrico no potencial, hídrico foliar durante os estádios V4, R5 e R8. Média de duas cultivares)

onde os valores do potencial hídrico do solo, para o tratamento sem estresse hídrico, foram, relativamente, maiores do que o controle neste período. Estes resultados comprovam, que quando o solo possui alto teor de umidade (razão da pressão de vapor d'água e/e^o próxima de 1), este método de avaliação do status hídrico do solo não é muito apropriado, sendo mais indicado para situações onde prevaleçam baixos índices de umidade (WIEBE & BROWN, 1979).

Já com relação aos parâmetros utilizados para a avaliação do status hídrico vegetal, o potencial hídrico da folha (Figura 4) e as condutâncias estomáticas adaxial e abaxial (Figuras 5 e 6), apresentaram-se sensíveis à variação do estado hídrico do solo.

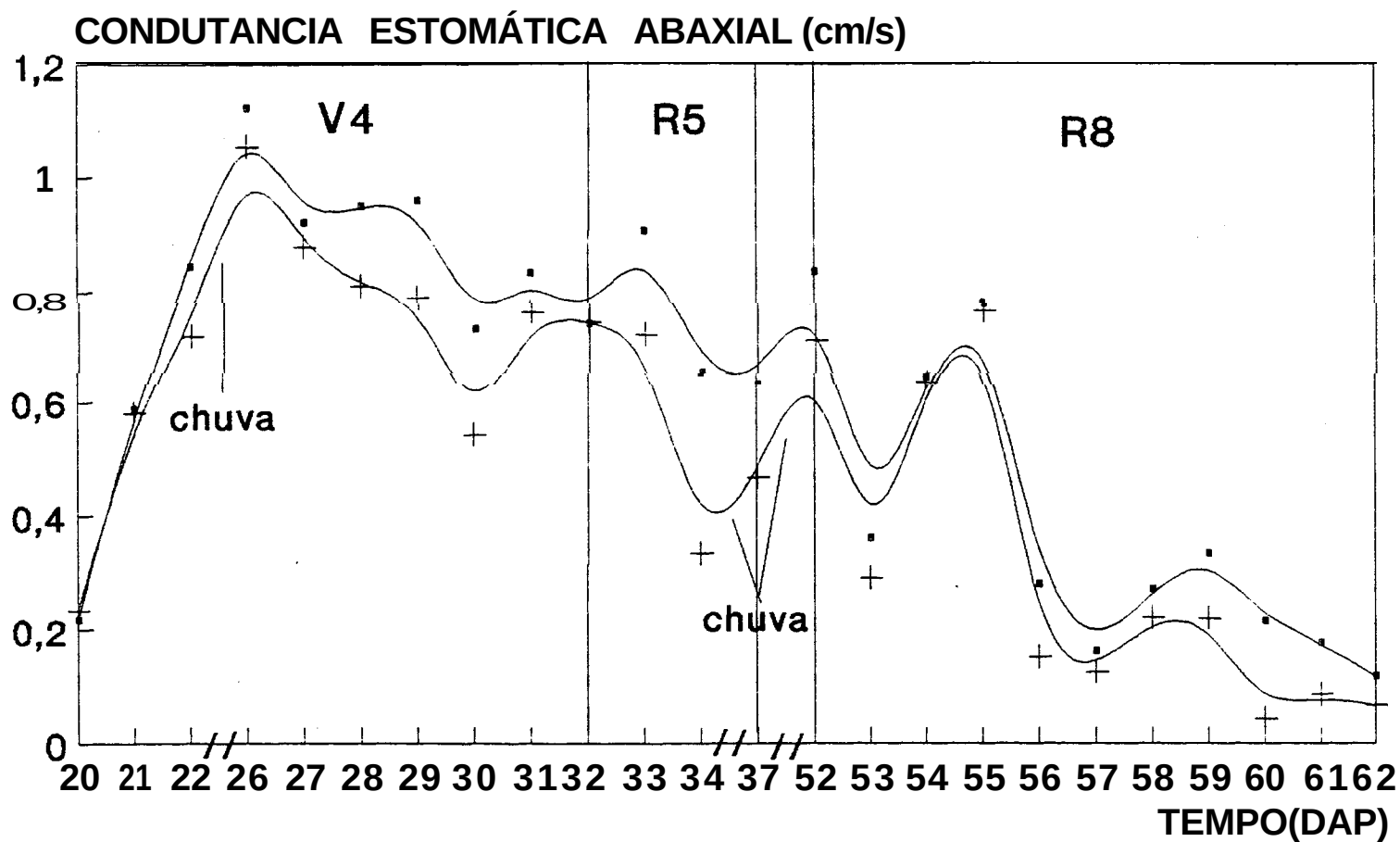
Como visto na revisão bibliográfica deste trabalho, vários são os fatores que atuam conjuntamente para manter o balanço hídrico favorável nas plantas quando ocorre um período de deficiência hídrica. Nas condições climáticas locais (Quadro 1), comparando os dados observados nas figuras de 3 a 6, acredita-se que o decréscimo na disponibilidade de água no solo (tratamento com estresse hídrico), durante os dois períodos de estresse hídrico (V4-RS e R8), pode ter induzido à queda do potencial hídrico da folha, levando à perda da turgescência do tecido foliar e, ocasionando, conseqüentemente, uma menor condutância estomática nas duas superfícies foliares. Além disso, após 48 horas da ocorrência de chuvas no estágio R5 (37° DAP), os valores de condutâncias estomáticas e de potencial hídrico da folha não recuperaram-se totalmente, estando, estes resultados em concordância com os relatos de MEIDNER & MANSFIELD (1968).

A análise dessas figuras, permite verificar ainda,



--- Sem estresse —+— Com estresse

Fig05 - Efeito do estresse hídrico na condutância estomática adaxial durante os estádios V4, R5 e R8. (média de duas cultivares)



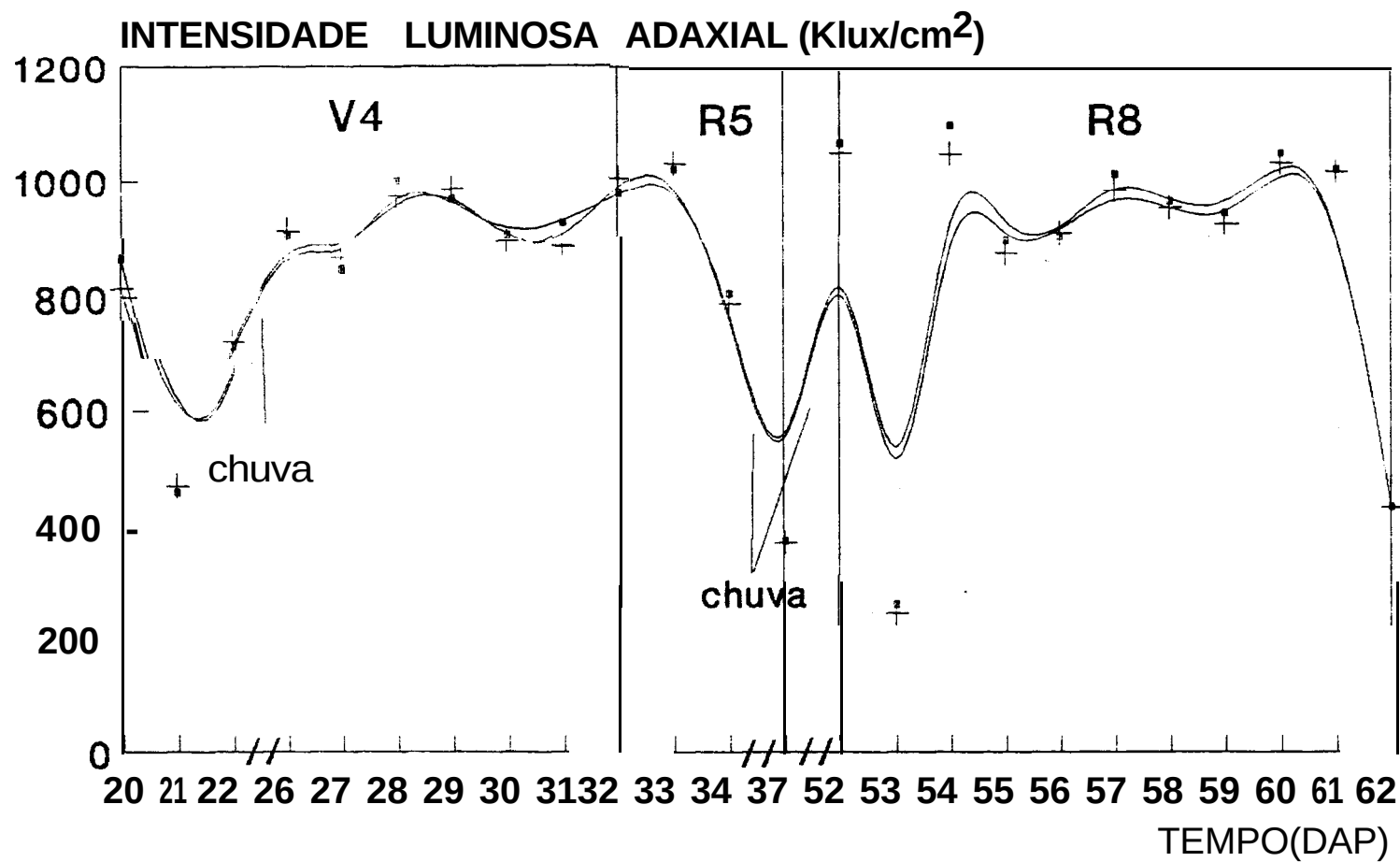
--- Sem estresse + Com estresse

Fig06 - Efeito do estresse hídrico na condutância estomática abaxial durante os estádios V4, R5 e R8. (média de duas cultivares)

duas tendências do comportamento estomáico, em relação ao efeito: não estresse x estresse.

A primeira tendência, mostra que, independente do efeito do estresse hídrico do solo nos parâmetros avaliados, o comportamento estomático (Figuras 5 e 6) apresentou duas diferenças peculiares durante as fases observadas do desenvolvimento do feijoeiro. O primeiro comportamento diferencial notado, evidencia-se pelos valores exibidos entre as condutâncias adaxial e abaxial das folhas. Pode-se verificar que, durante todos os estádios de desenvolvimento, as condutâncias da superfície adaxial foram sempre maiores que as da superfície abaxial nos dois tratamentos implantados. Estes resultados, discordam de SALAROVA et al (1977), que estudando, isoladamente, o comportamento das superfícies superiores e inferiores de folhas primárias de feijão, submetidas ao estresse hídrico, verificaram que a condutância da superfície abaxial é sempre maior que a da superfície adaxial. Esta característica, provavelmente, vai induzir uma maior taxa transpiratória para a planta.

Os resultados obtidos neste trabalho, mostram que, apesar da densidade estomatal das superfícies inferiores ser maior que as das superfícies superiores (KANEMASU & TANNER, 1969 b), a abertura estomática das folhas do feijoeiro acompanhou a disponibilidade de luz (Figuras 7 e 8), visto que, as variações nas condutâncias estomáticas nas duas superfícies foram influenciadas, proporcionalmente, e respectivamente, pelas variações das intensidades luminosas. Em experimento com feijoeiro, a campo e em câmara de crescimento, KANEMASU &



--- Sem estresse + Com estresse

Fig07 - Variação da intensidade luminosa adaxial durante os estádios v4, R5 e R8, (média para as duas cultivares)

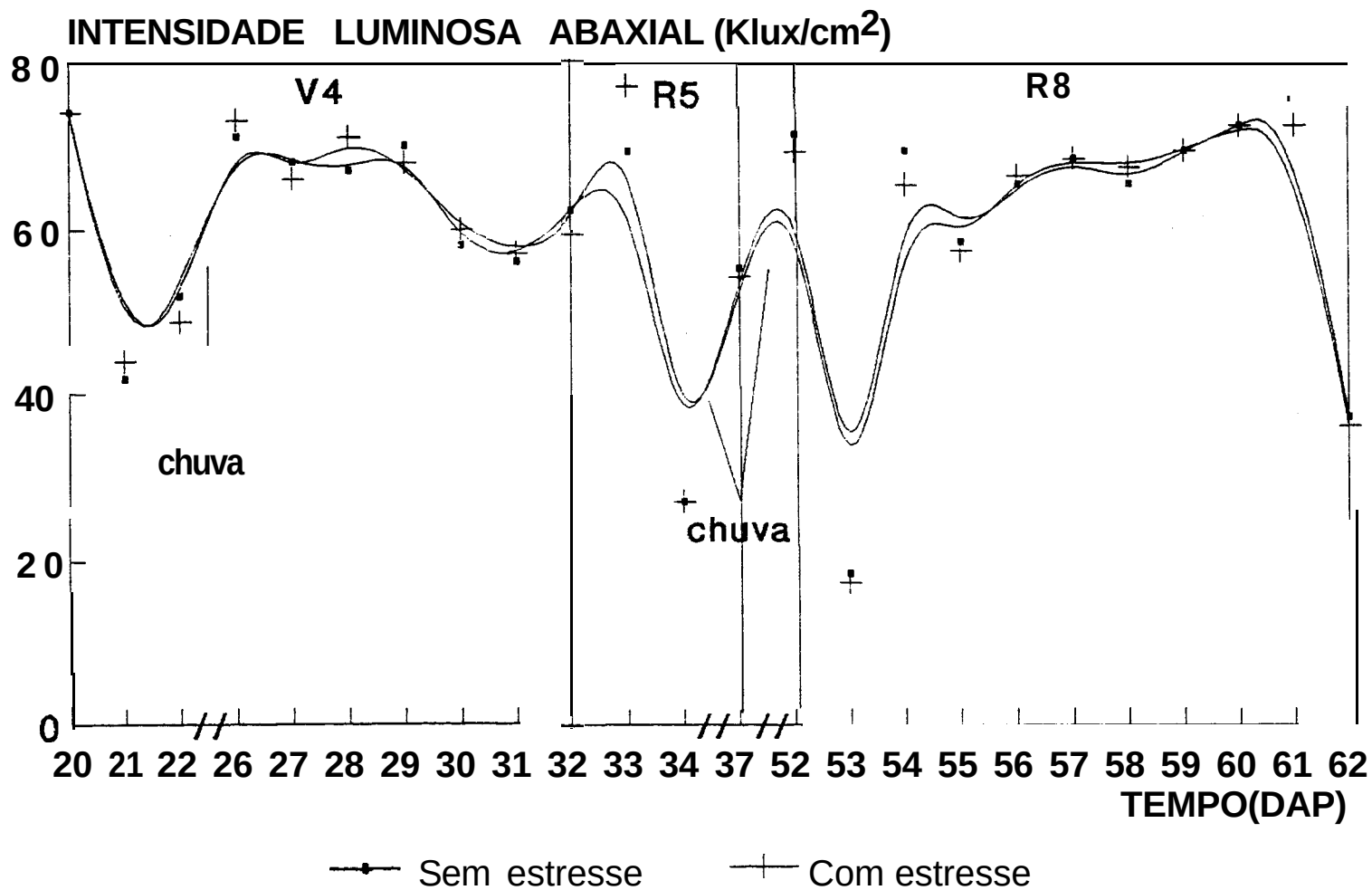


Fig08 - Variação da intensidade luminosa abaxial durante os estádios V4, R5 e R8. (média para as duas cultivares)

TANNER (1969 b), mostraram que os estômatos da face adaxial necessitam mais luz para sua abertura e são muito mais influenciados pelo sombreamento, do que os da face abaxial. Entretanto, sabe-se que, em condições adequadas de potencial hídrico da folha, de concentração de CO_2 e de temperatura, o comportamento estomático é afetado pela intensidade luminosa.

O segundo comportamento diferencial, vem complementar a observação anterior. Entretanto, devido a sua importância, coube-lhe uma posição de destaque.

Nota-se que, embora os valores da condutância estomática adaxial superarem os da condutância estomática abaxial, durante todos os estádios observados do desenvolvimento do feijoeiro, houve uma disparidade curiosa entre os valores das duas condutâncias durante os referidos estádios, principalmente, no estágio V4.

Durante este estágio, os dados médios de condutância estomática adaxial demonstraram acréscimos gradativos até chegar ao seu valor máximo, o que coincidiu com o 1º dia do estágio R5 (32 DAP). Contrariamente, os valores obtidos de condutância estomática abaxial alcançaram o seu valor máximo após o 4º dia de observação do estágio V4 (26 DAP), quando, a partir daí, apresentaram decréscimos gradativos. Estes resultados permitem supor que, antes da pré-floração, deve existir um comportamento estomático compensatório entre as duas superfícies foliares, afim de maximizar a atividade fotossintética e, conseqüentemente, a reserva de fotossintatos a serem utilizados na próxima fase propriamente dita. No entanto, deve-se ressaltar, que os aumentos das duas condutâncias estomáticas

verificados no período do 207 ao 260 DAP, certamente, justificam-se pela adubação nitrogenada realizada aos 20 DAP (1ª parcela).

Na fase da pré-floração (R5), as reduções observadas nos valores das duas condutâncias estomáticas, provavelmente devem-se, aos respectivos decréscimos das intensidades luminosas (Figuras 7 e 8). Acredita-se, baseando-se em experimento de casa de vegetação (dados não apresentados), que se não fosse a ocorrência de nuvens, seguidas de chuvas neste período, os valores das condutâncias estomáticas também acompanhariam as intensidades luminosas sem interferência de nuvens.

A ocorrência deste fator meteorológico, beneficiou o status hídrico interno das plantas como pode ser verificado pelos valores do potencial hídrico da folha (Figura 4). No entanto, a discussão deste comportamento e sua influência nos valores das condutâncias estomáticas será realizada no item seguinte.

Analisando a fase de enchimento das vagens do feijoeiro(RS), nota-se que, mesmo havendo disponibilidade adequada de luz, os valores das condutâncias estomáticas adaxial e abaxial apresentaram paulatinamente, decréscimos graduais. Estes resultados, aliados aos valores exibidos pelo potencial hídrico da folha neste período, salientam os decréscimos na habilidade de movimentação dos estômatos à medida que se aproxima o final do ciclo de vida do feijoeiro, o que vai acarretar baixa atividade fotossintética para garantir o enchimento final dos grãos.

Em resumo o comportamento estomático nas duas

superfícies foliares em respostas a disponibilidade de água e luz, parece ter sido determinado por características genéticas próprias destas superfícies, dentro de cada estágio do desenvolvimento do feijoeiro. GUIMARÃES et al (1982), trabalhando em boas condições climáticas, verificaram que o consumo de água é variável durante o ciclo do feijoeiro. Eles observaram que aos 10 dias após a emergência foram gastos 2,2mm de água; aumentando para 7,0mm diários durante a floração; e, voltando a cair depois da floração, atingindo 1,6mm no período de maturação. Estes dados, embora obtidos em condições climáticas diferentes, reforçam a discussão anterior, visto que, a perda de água é controlada principalmente pelos estômatos.

A segunda tendência verificada no comportamento estomático, trata-se das diferenças de sensibilidade entre as condutâncias estomáticas adaxial e abaxial das folhas do feijoeiro durante a redução do status hídrico da folha. Observa-se, inicialmente, que embora as duas condutâncias estomáticas terem demonstrado sensibilidade à redução do potencial hídrico da folha (Figura 4), constatou-se diferenças em suas respectivas sensibilidades.

Com a redução do potencial hídrico da folha, no período de estresse V4-R5, nota-se que os decréscimos nos valores de condutância estomática adaxial foram, gradativamente, mais acentuados do que os decréscimos na condutância estomática abaxial, o que é desejável para diminuir a transpiração. Além disso, diferenças estatísticas significativas ao nível de 5% foram obtidas após o 31º e 33º DAP, para as condutâncias estomáticas adaxial e abaxial, respectivamente. Estes resultados,

estão de acordo com os encontrados por KANEMASU & TANNER (1969 a) e MILLAR & GARDNER (1972), os quais verificaram que a resistência estomática da superfície adaxial é afetada pela redução do potencial hídrico da folha, antes da resistência estomática abaxial. Além disso, KANEMASU & TANNER (1969 a), concluíram que a resistência estomática média das duas superfícies foliares age como um sistema de prevenção ao estresse hídrico severo (potencial hídrico da folha inferior a -1,0 a -1,2 MPa),

A outra diferença na sensibilidade estomática ao estresse hídrico, entre as duas superfícies foliares, pode ser verificada no período de estresse hídrico R8. Vê-se, claramente, que mesmo após a ocorrência de chuvas por um longo período (estádios R6 e R7), os valores da condutância estomática adaxial continuaram abaixo do controle. Já os valores da condutância estomática abaxial, aproximaram-se dos alcançados no tratamento sem estresse hídrico, voltando a cair depois da redução do potencial hídrico da folha. Pode-se verificar também, que as respostas estomáticas das duas superfícies foliares, não foram, proporcionais à intensidade da redução do potencial hídrico da folha neste período. Este fato, como já discutido, provavelmente deve-se, as mudanças fisiológicas e morfológicas das folhas do feijoeiro devido ao início do processo de senescência das mesmas. Além disso, estes resultados reforçam a maior sensibilidade das superfícies foliares superiores do feijoeiro.

4.2 - Efeito on set da chuva no estágio R5

A interferência de chuvas durante o experimento (estádio R5), impossibilitou a avaliação do efeito do estresse hídrico nas fases mais críticas das cultivares do feijoeiro, estágio R5 a R6 (MAGALHÃES et al, 1979). Por outro lado, a sua ocorrência permitiu avaliar as respostas dos parâmetros utilizados na avaliação do status hídrico interno das plantas, no momento seguinte da sua interrupção (48 horas).

Analisando-se, primeiramente, a figura 3 do item anterior(estádio R5), verifica-se que 48 horas após a reidratação do solo (370 DAP), houve uma elevação do potencial hídrico do solo de -0,49 MPa para -0,39 MPa. Este retorno nos valores do potencial hídrico do solo foi acompanhado pela recuperação do status hídrico da folha. A figura 4 mostra, que neste interim, o potencial hídrico da folha passou de -1,10 MPa para -0,82 MPa.

A relação obtida neste trabalho entre o potencial hídrico do solo e o da folha, confirma os resultados obtidos por SIVURAMAR & SHAW (1978); e KRAMER (1963). Além disso, a recuperação hídrica das plantas foi acompanhada por aumentos das condutâncias estomáticas adaxial e abaxial (Figuras 5 e 6), o que se confirma também com os resultados apresentados por SIVUKAMAR & SHAW (1978), que concluíram que as variações diárias de potencial hídrico da folha e resistência estomática estão estreitamente relacionadas às variações no potencial hídrico no solo. Comportamento semelhante entre o potencial hídrico da folha e resistência estomática tinha anteriormente sido observado e relatado para plantas de soja com e sem irrigação (CARLSON et al,

1979) > e para plantas de fava (MULLER et al, 1986), ambas também Cultivadas no campo. No entanto, corivém salientar que a relação acima citada, foi obtida em condições de reduzido déficit de saturação (dias nublados), o que provocou na planta um fluxo de água suficiente para satisfazer a demanda evaporativa.

Com relação a sensibilidade das condutâncias estomáticas entre as superfícies superiores e inferiores a este fenômeno, nota-se que as respostas estomáticas da superfície abaxial foram mais rápidas do que as da superfície adaxial. As diferenças dessas condutâncias entre as plantas irrigadas e estressadas, antes e depois da chuva, foram, respectivamente, 1,06 cm/s e 0,11 cm/s para a condutância adaxial e, 0,32 cm/s e 0,17 cm/s para a condutância abaxial. Estes resultados confirmam e reforçam a discussão do item anterior, a respeito da sensibilidade estomática.

4.3 - Efeito do estresse hídrico nas cultivares

Os resultados obtidos para o efeito do estresse hídrico em cada cultivar, podem ser verificados nas figuras de 9 a 14.

As variações nos potenciais hídricos da folha, dos tratamentos sem e com estresse hídrico, das cultivares XODÓ e CNF-480, são mostradas pela figura 9. Verifica-se, que as duas cultivares, por ocasião do estresse hídrico nos períodos V4-R5 e R8, sofreram reduções significativas nos valores dos potenciais hídricos da folha em relação ao controle. Nota-se, também, a

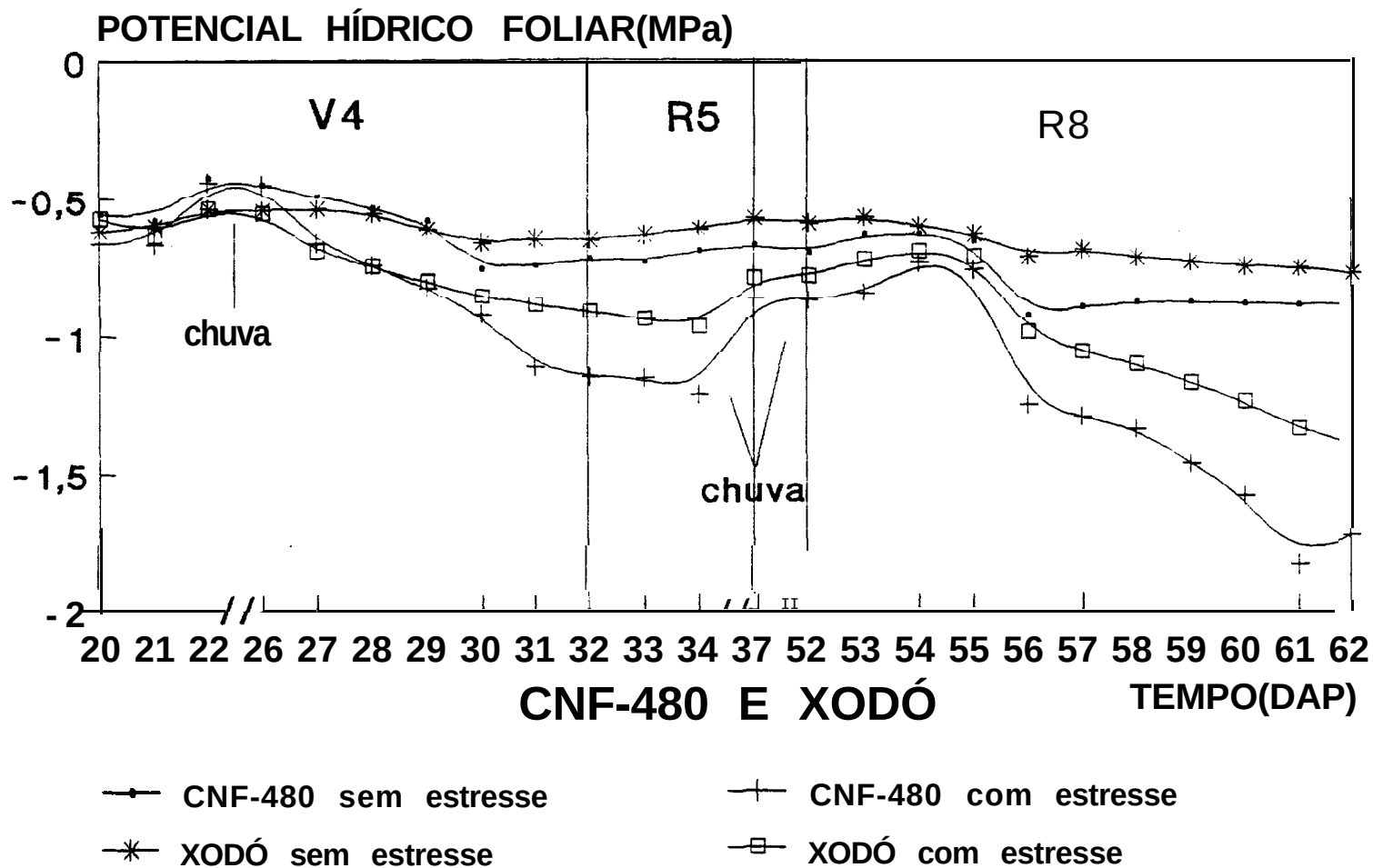


Fig09 - Efeito do estresse hídrico no potencial hídrico foliar das duas cultivares durante os estádio V4, R5 e R8.
 (médias de três repetições)

recuperação hídrica das plantas das duas cultivares após a ocorrência de chuvas no estágio R5. Estes resultados confirmam o potencial hídrico da folha com um bom indicativo do status hídrico das plantas, estando de acordo com os resultados obtidos por BOYER (1978).

Comparando as duas cultivares, observa-se, que a cultivar XODÓ apresentou os menores decréscimos nos valores do potencial hídrico da folha, do que a cultivar CNF-480, tanto no período de estresse V4-R5 como no R8. Este fato, deve-se ao melhor controle da abertura estomática da cultivar XODÓ. Pode-se verificar nas figuras 11 e 13, que a cultivar XOD6, por influência do estresse hídrico, apresentou, respectivamente, as menores condutâncias estomáticas adaxial e abaxial em relação a cultivar (NF-480. Esta característica, como revista na literatura, é determinante para a sobrevivência vegetal, sendo de grande interesse fisiológico para locais de baixa pluviosidade, pois garante a estabilidade de produção (JONES, 1974; CHAVES, 1991).

As figuras 10 e 11, e, 12 e 13, comparam, respectivamente, os comportamentos estomáticos obtidos pelas superfícies superiores e inferiores das cultivares XODÓ e CNF-480 submetidas aos tratamentos sem e com estresse hídrico. Através dessas figuras, pode-se verificar as diferenças entre as duas cultivares a respeito das tendências dos comportamentos estomáticos ao efeito não estresse x estresse, observados no item 4.1. Desta forma, independente do efeito do estresse hídrico e do comportamento estomático peculiar entre as duas superfícies foliares em cada estágio observado do desenvolvimento do

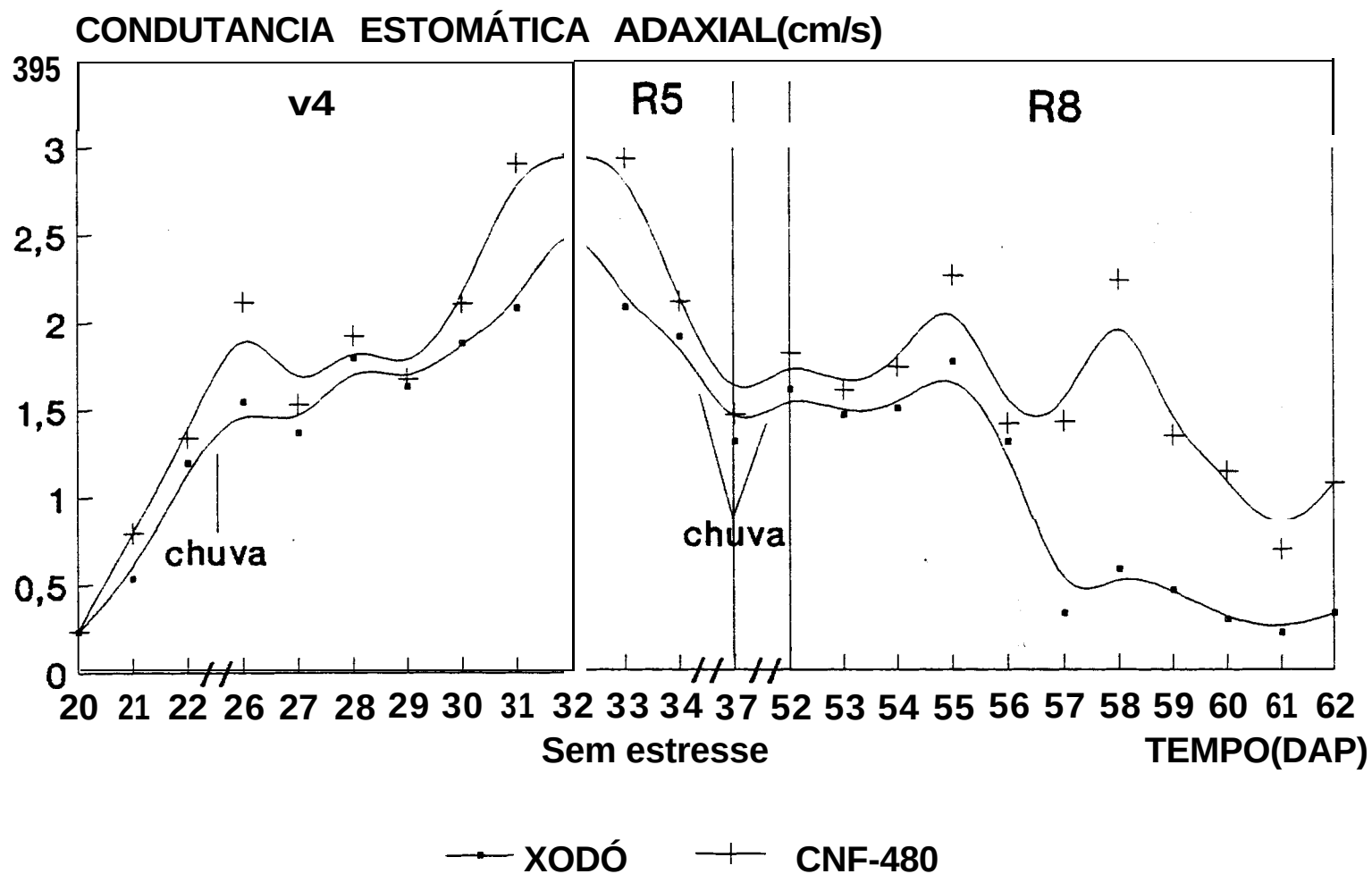
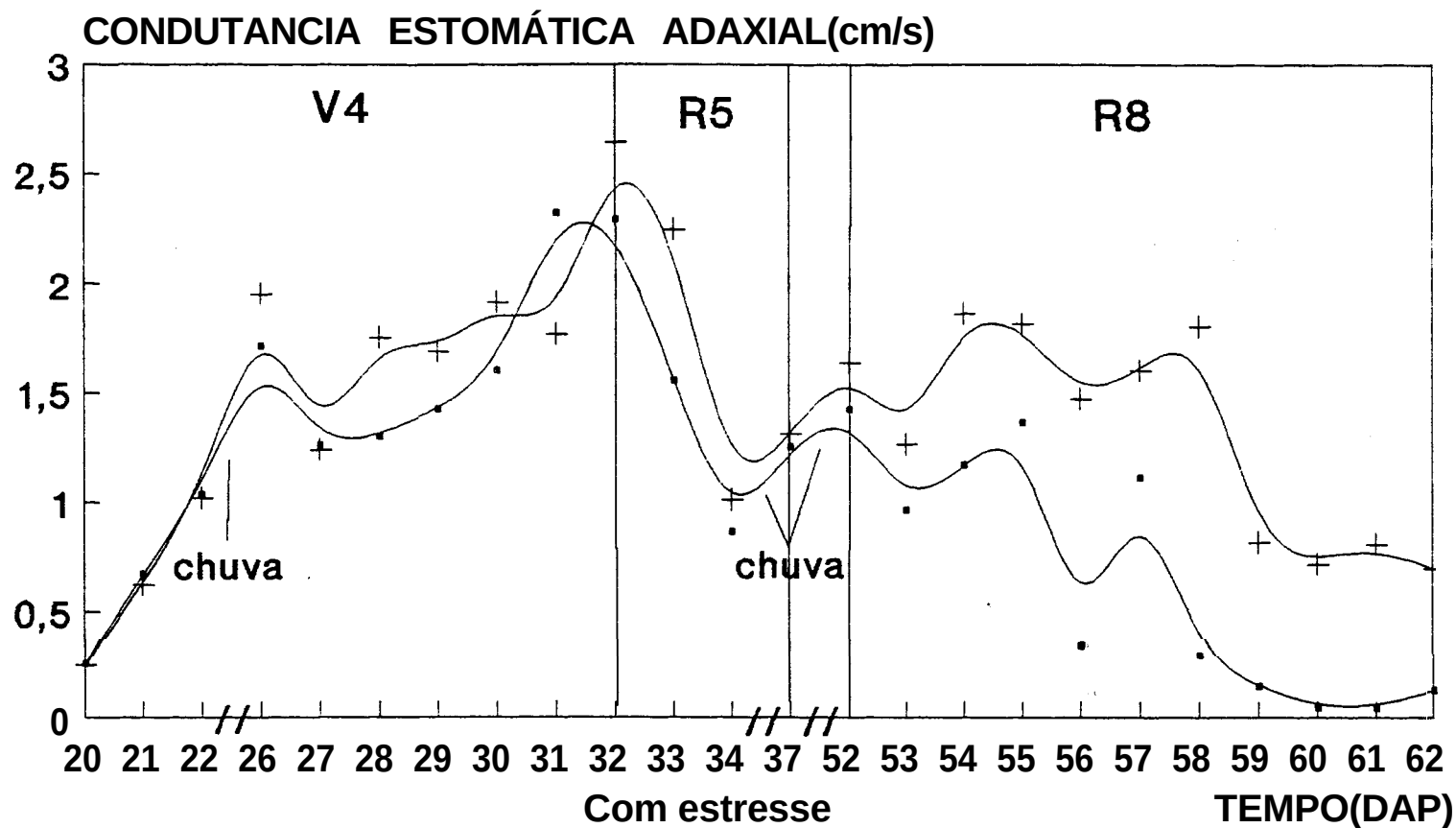


Fig10 - Variação da condutancia estomática adaxial das duas cultivares durante os estádios V4, R5 e R8. (média de três repetições)



—●— XODÓ —+— CNF-480
Fig11 - Efeito do estresse hídrico na condutancia estomática adaxial das duas cultivares nos estádios V4, R5 e R8.
 (média de três repetições)

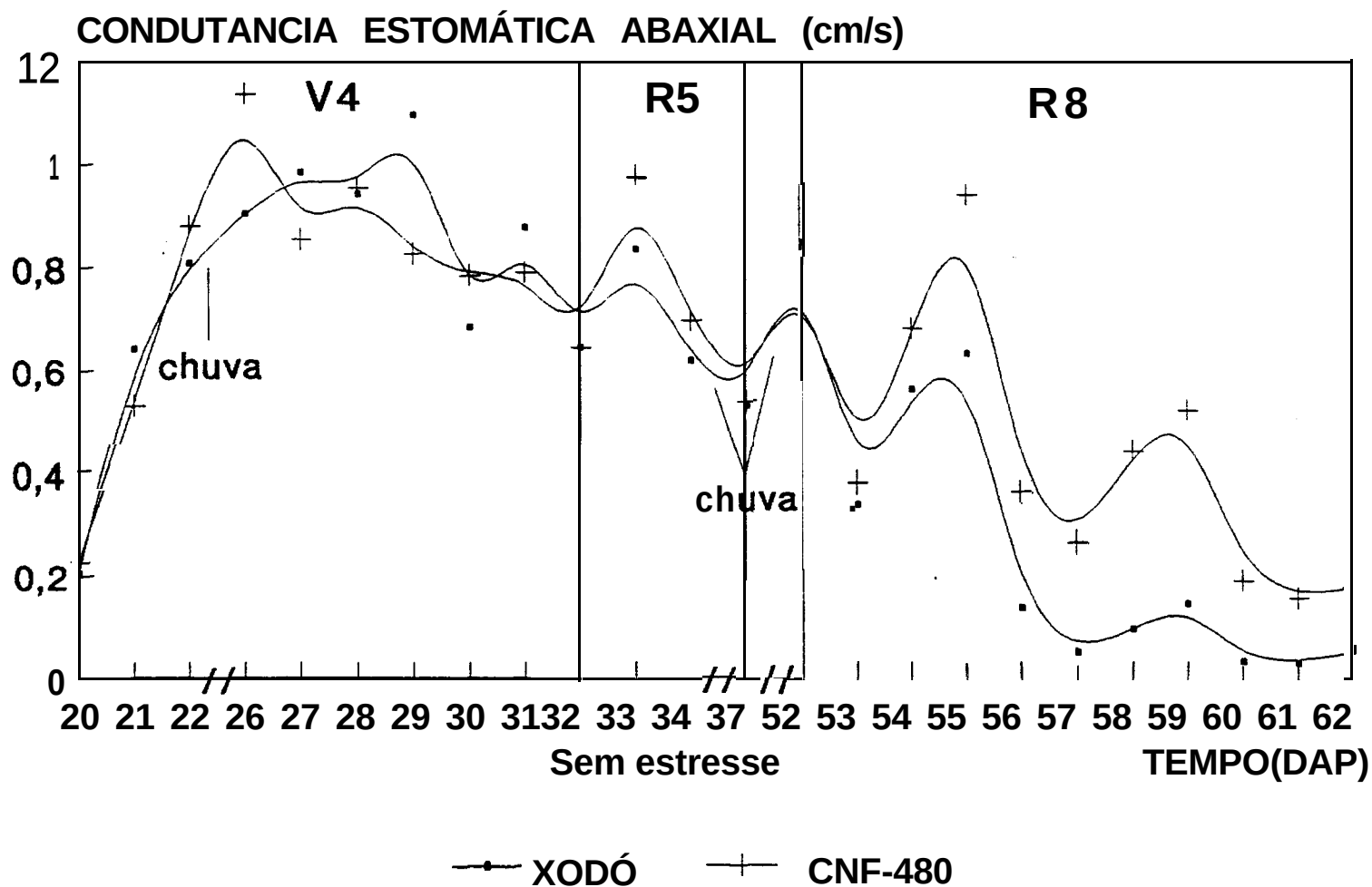


Fig12 - Variação da condutancia estomática abaxial das duas cultivares durante os estádios v4, R5 e R8. (média de três repetições)

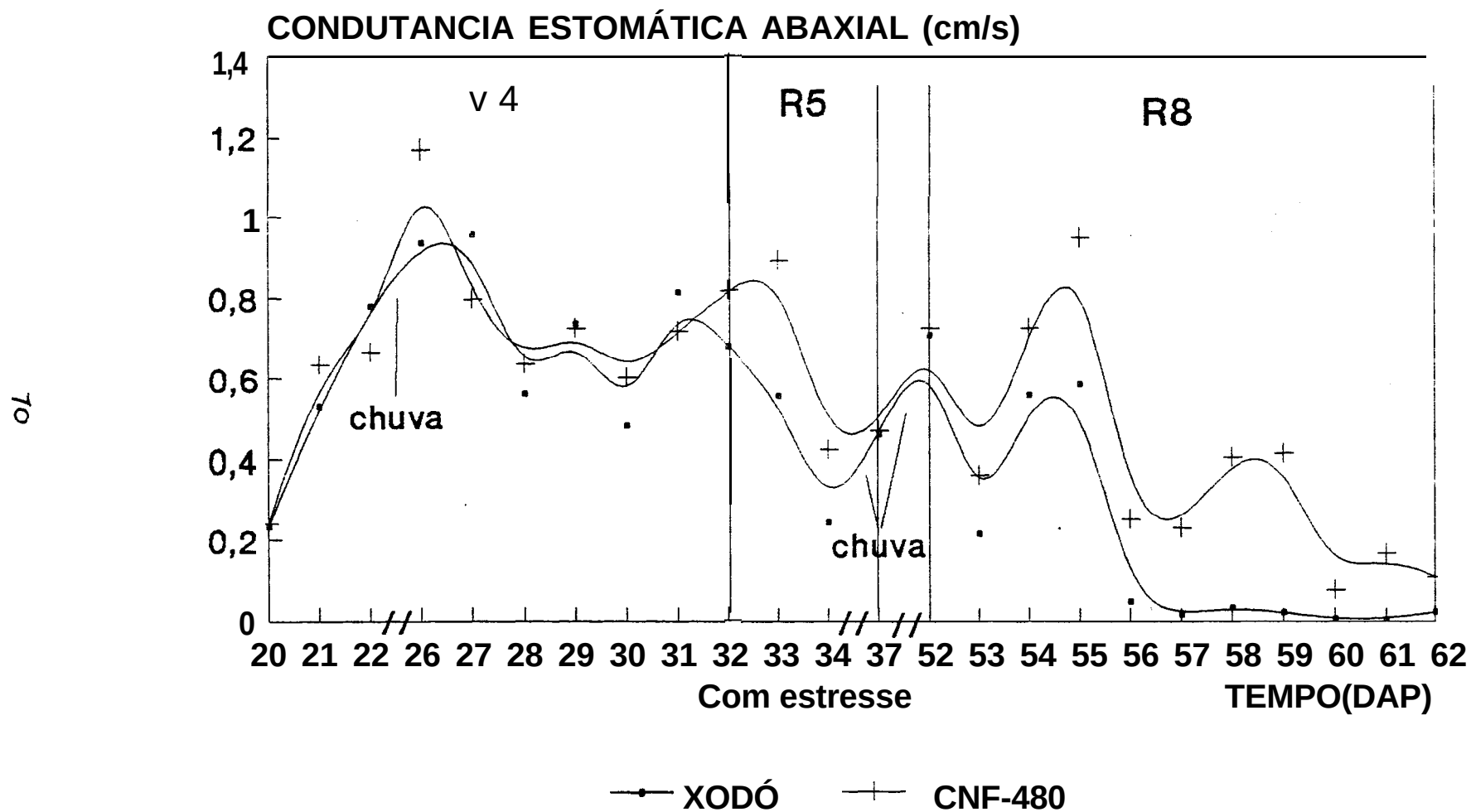


Fig13 - Efeito do estresse hídrico na condutancia estomática abaxial das duas cultivares durante os estádios V4, R5 e R8. (média de três repetições)

feijoeiro pode-se comprovar, que durante todos os estádios de desenvolvimento do feijoeiro, os valores exibidos pelas condutâncias da superfície adaxial nas duas cultivares foram superior às das condutâncias da superfície abaxial. Entretanto, nota-se, que a cultivar CNF-480 apresentou os maiores valores de condutâncias adaxial e abaxial em relação a cultivar XODÓ. Este tipo de observação permite esperar que, em condições adequadas de umidade do solo, a cultivar CNF-480 deve apresentar um potencial produtivo superior a da cultivar XODÓ, pois possuindo uma maior abertura estomática, poder-se-á ter uma maior taxa fotossintética, sem, contudo, sofrer os efeitos do estresse hídrico.

Com relação CIO efeito do estresse hídrico, a expectativa abordada acima não é, totalmente esperada. Comparando-se os gráficos 11 e 13 com 12 e 14, nota-se, que os paulatinos decréscimos nas condutâncias estomáticas adaxial e abaxial da cultivar CNF-480, em relação aos controles, não provocaram o mesmo efeito de amenização nas reduções do potencial hídrico da folha, como aqueles obtidos pela cultivar XODÓ (Figura 9). É importante salientar ainda, que diferenças estatísticas significativas ao nível de 5% de condutâncias adaxial e abaxial entre as duas cultivares, em relação ao controle, foram obtidas, respectivamente, apenas após o 31º DAP (período V4-R5), e a partir do 53º e 55º DAP (período R8). Isto de certa forma sugere, que o mecanismo de fechamento estomático da cultivar XODÓ parece ter sido mais eficiente no decorrer do estresse hídrico implantado, nas diferentes fases de desenvolvimento do feijoeiro, do que o da cultivar CNF-480. Além

disso, pode-se comprovar a maior sensibilidade dos estômatos das superfícies superiores das folhas em relação as das superfícies inferiores, quando as plantas de ambas cultivares são submetidas ao estresse hídrico.

A análise desses gráficos, permite verificar ainda, as diferenças de sensibilidade das condutâncias adaxial e abaxial entre as duas cultivares, após a interferência de chuvas no estágio R5. Nota-se, que depois de 48 horas do início das chuvas, os potenciais hídricos da folha das cultivares XODÓ e CNF-480, sob deficiência hídrica, passaram de -0,97 MPa para -0,78 MPa, e de -1,21 Mpa para -0,86 MPa, respectivamente. Estes resultados, apesar de numericamente favorecer a cultivar CNF-480, mostram que as duas cultivares apresentaram recuperações hídricas semelhantes a este fator meteorológico. Além disso, este tipo de comportamerito, foi acompanhado por aumentos de condutâncias estomáticas adaxial e abaxial. As figuras 11 e 13 mostram, que as diferenças das condutâncias adaxial e abaxial, obtidas antes e depois das chuvas, foram, respectivamente, 0,38cm/s e 0,21cm/s para a cultivar XODÓ e 0,30cm/s e 0,05cm/s para a cultivar CNF-480. Embora existentes, estas diferenças só foram estatisticamente significativas ao nível de 5% para as conclutâncias estomáticas da cultivar XODÓ. Esta outra característica apresentada pela cultivar XODÓ, de recuperação hídrica rápida acompanhada de maior abertura estomática, permite sugerir, definitivamente, que esta cultivar é dotada de mecanismos estomáticos mais eficientes do que a cultivar CNF-480, o que poderia refletir-se numa melhor estabilidade dos componentes de produção. Por outro lado, em boas condições de umidade do

solo, a cultivar CNF-480 apresentará um maior potencial produtivo.

4.4 - Efeito do estresse hídrico nas cultivares, dentro das 9h, 12h e 15h

O efeito do estresse hídrico nas cultivares, dentro das 9h, 12h e 15h, pode ser verificado através das figuras 14 a 21. Nota-se, que os resultados das condutâncias estomáticas adaxiais e abaxiais, referentes as cultivares XODÓ e CNF-480, sob deficiência hídrica, são antecedidas pelos seus respectivos controles, Os quais serão utilizados como modelos de comportamento estomáticos sempre que for necessário para estabelecer as devidas comparações desta referida discussão.

Analizando, primeiramente, as condutâncias estomáticas adaxial e abaxial das cultivares XODÓ e CNF-480, do tratamento sem estresse hídrico (Figuras 14, 15 e 16, 17, respectivamente), vê-se, que as plantas das duas cultivares apresentaram os seus maiores valores de condutâncias estomáticas numa ordem decrescente, nos horários das 12:00h, 9:00h e 15:00h. Este comportamento estomático, exibido pelas duas cultivares de feijoeiro irrigadas, deve-se as maiores intensidades luminosas alcançadas nestes respectivos horários (dados não apresentados), comprovando mais uma vez, que em condições adequadas de umidade no solo, a abertura estomática do feijoeiro parece obedecer as variações de estímulos luminosos.

A análise desses gráficos permite verificar ainda,

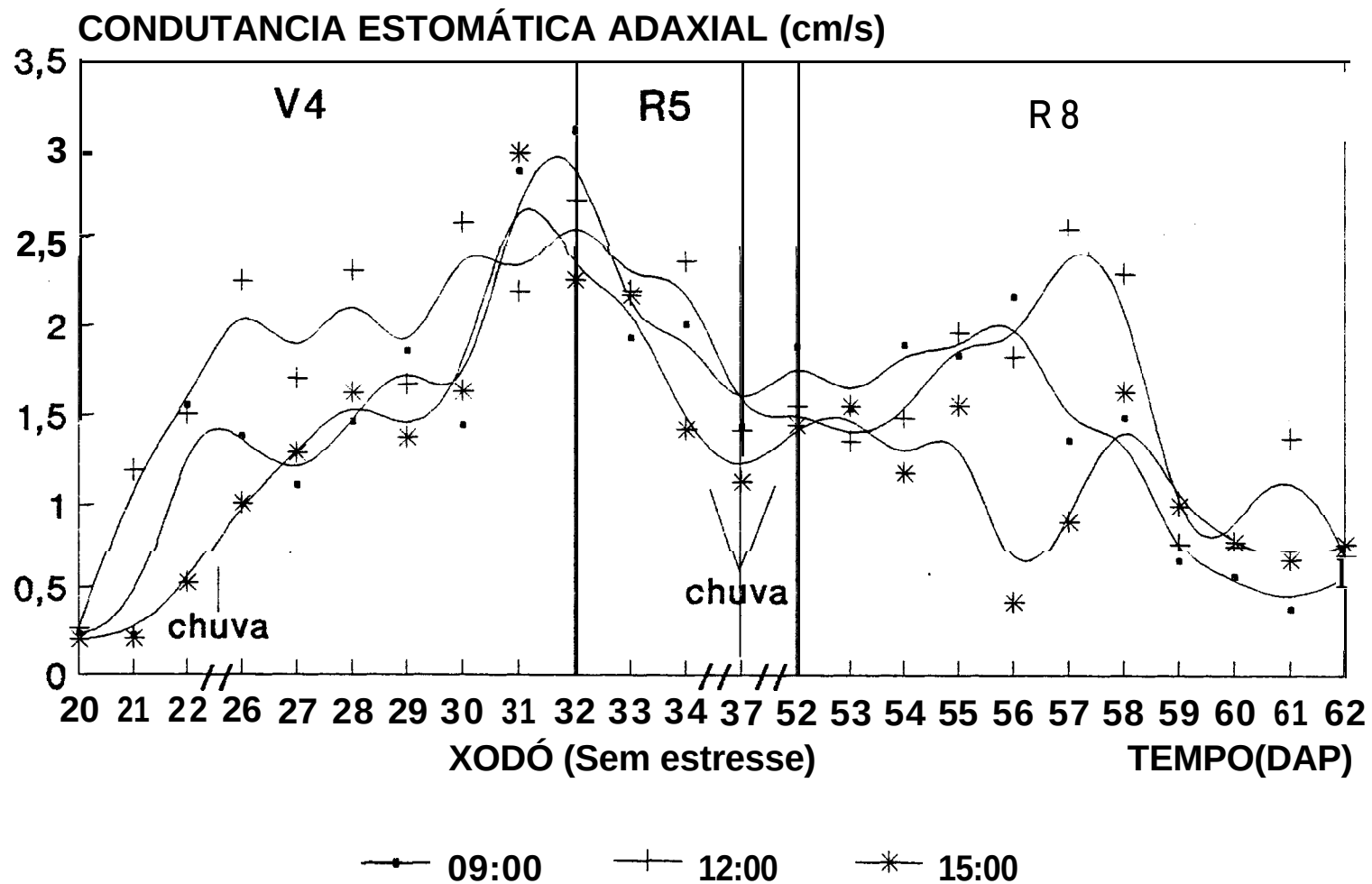


Fig14 - Variação da condutancia estomática adaxial da cultivar xodó as 09h, 12h e 15h nos estádios V4, R5 e R8. (média de três repetições)

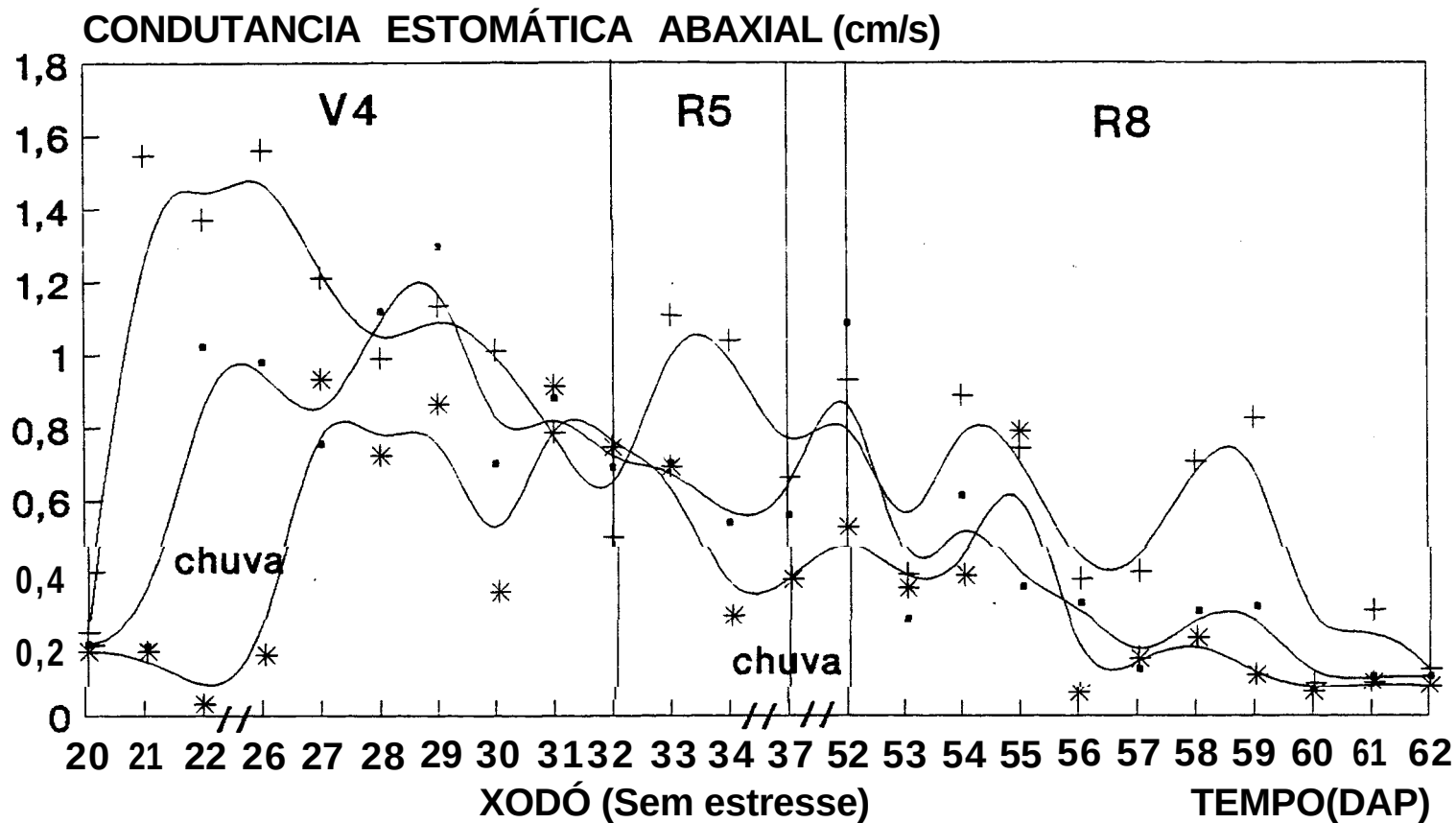


Fig15 - Variação da cond. estomática abaxial da cultivar xodó as 9h, 12h e 15h nos estádios V4, R5 e R8. (média de três repetições)

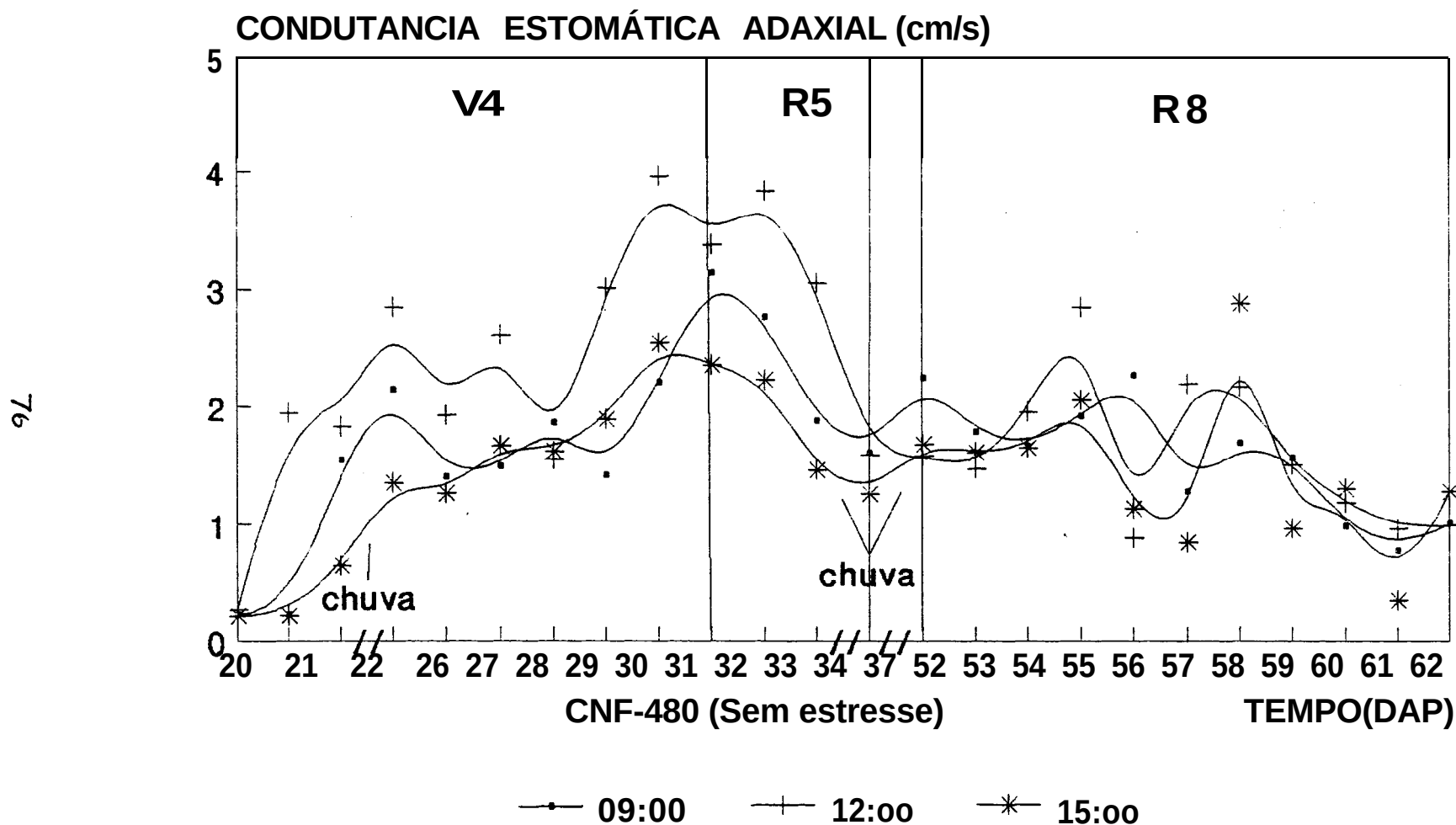


Fig16- Variação da cond. estomática adaxial da cultivar cnf-480 as 09h, 12h e 15h nos estádios V4, R5 e R8.
(média de três repetições)

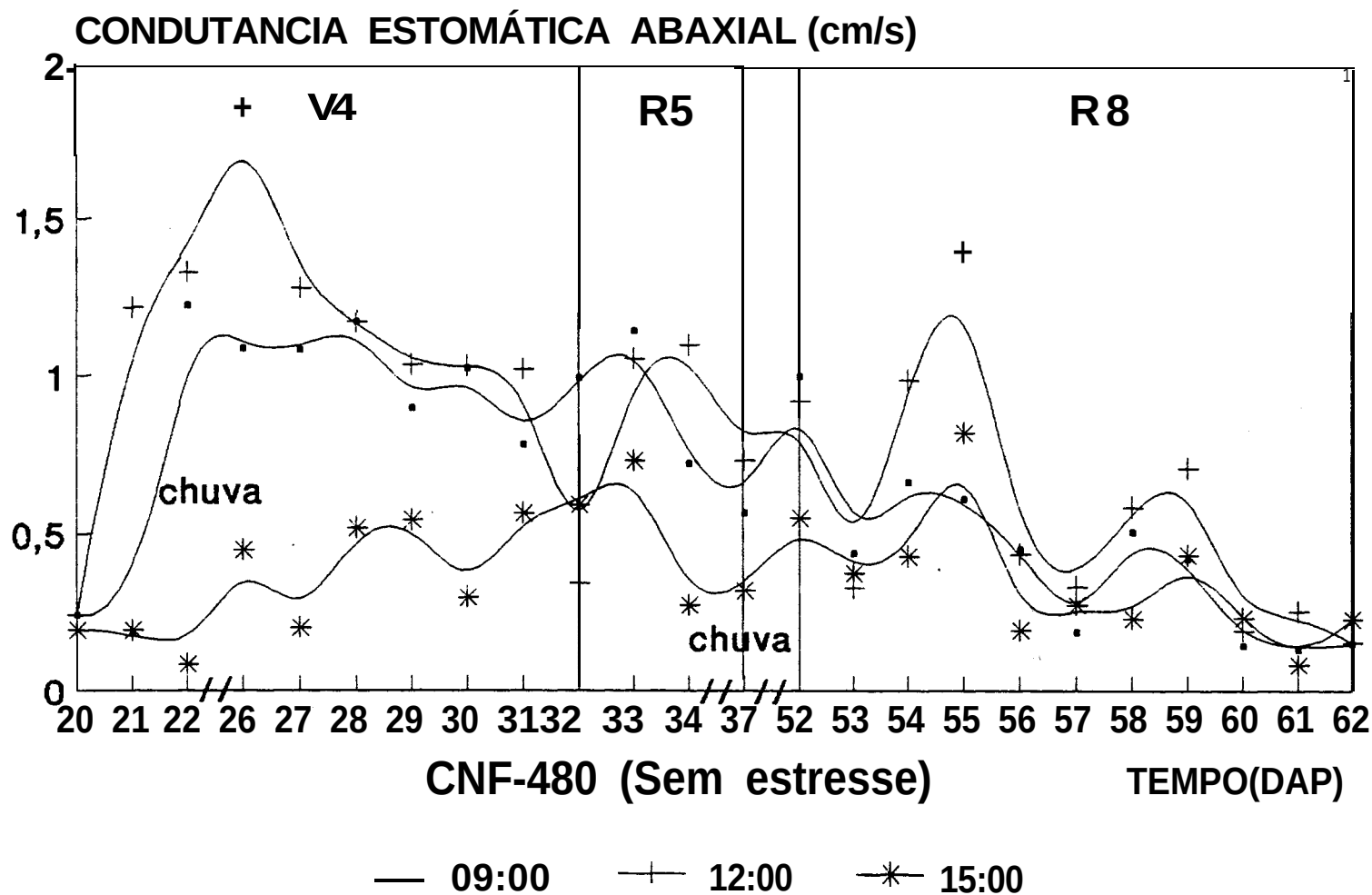


Fig17-Varição da condutancia estomática abaxial da cultivar cnf-480 as 9h, 12h e 15h nos estádios V4, R5 e R8. (média de três repetições)

o comportamento estomático compensatório no estágio V4, entre as duas condutâncias estomáticas nos referidos horários de observação. Nota-se, que os maiores valores de condutâncias estomáticas adaxiais, obtidos pelas duas cultivares às 9:00h, 12:00h e 15:00h, foram alcançados no 32º DAP, isto é, 1º dia do estágio R5. Por outro lado, os maiores valores de condutâncias estomáticas abaxiais foram conseguidos no início do estágio V4. Este tipo de observação, chama a atenção, pois parece confirmar, a maximização nas taxas fotossintéticas das plantas das duas cultivares para o advento de seus estádios reprodutivos iniciais.

É interessante salientar, que a superioridade das condutâncias estomáticas adaxiais das 9:00h no 31º e 32º DAP, principalmente na cultivar XODÓ (figura 14), provavelmente deve-se, às menores condutâncias adaxiais das 12:00h, devido a interferência de nuvens próximo deste horário nestes respectivos dias. A ocorrência deste fator, também influenciou, pelos mesmos motivos, os resultados das condutâncias estomáticas abaxiais das duas cultivares, onde a cultivar XODÓ foi a mais prejudicada. Esta maior sensibilidade estomática à estímulos luminosos, demonstrada pela cultivar XODÓ, reforça a discussão anterior a respeito da eficiência do mecanismo estomático, entre as duas cultivares, em resposta aos fatores físicos do ambiente: água e luz.

A influência do estresse hídrico nas condutâncias estomáticas adaxiais e abaxiais às 9:00h, 12:00h e 15:00h, referentes as cultivares XODÓ e CNF-480, é mostrado na mesma sequência a través das figuras 18, 19 e 20, 21, respectivamente. Nota-se, que o estresse hídrico promoveu reduções relativas das

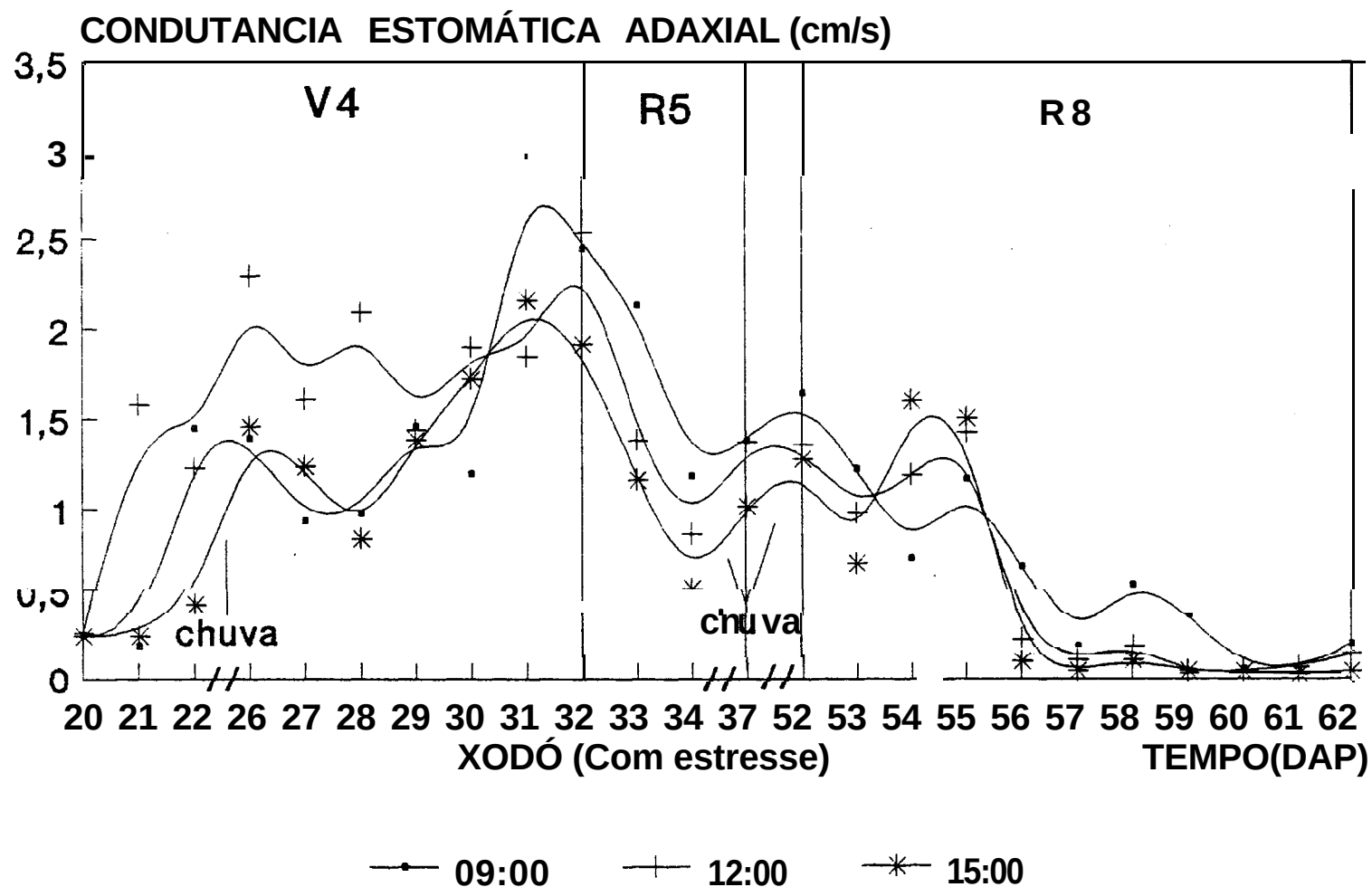


Fig18 - Efeito do estresse hídrico na cond. estomática adaxial da cultivar xodó as 9h, 12h e 15h nos estádios V4, R5 e R8.
(média de três repetições)

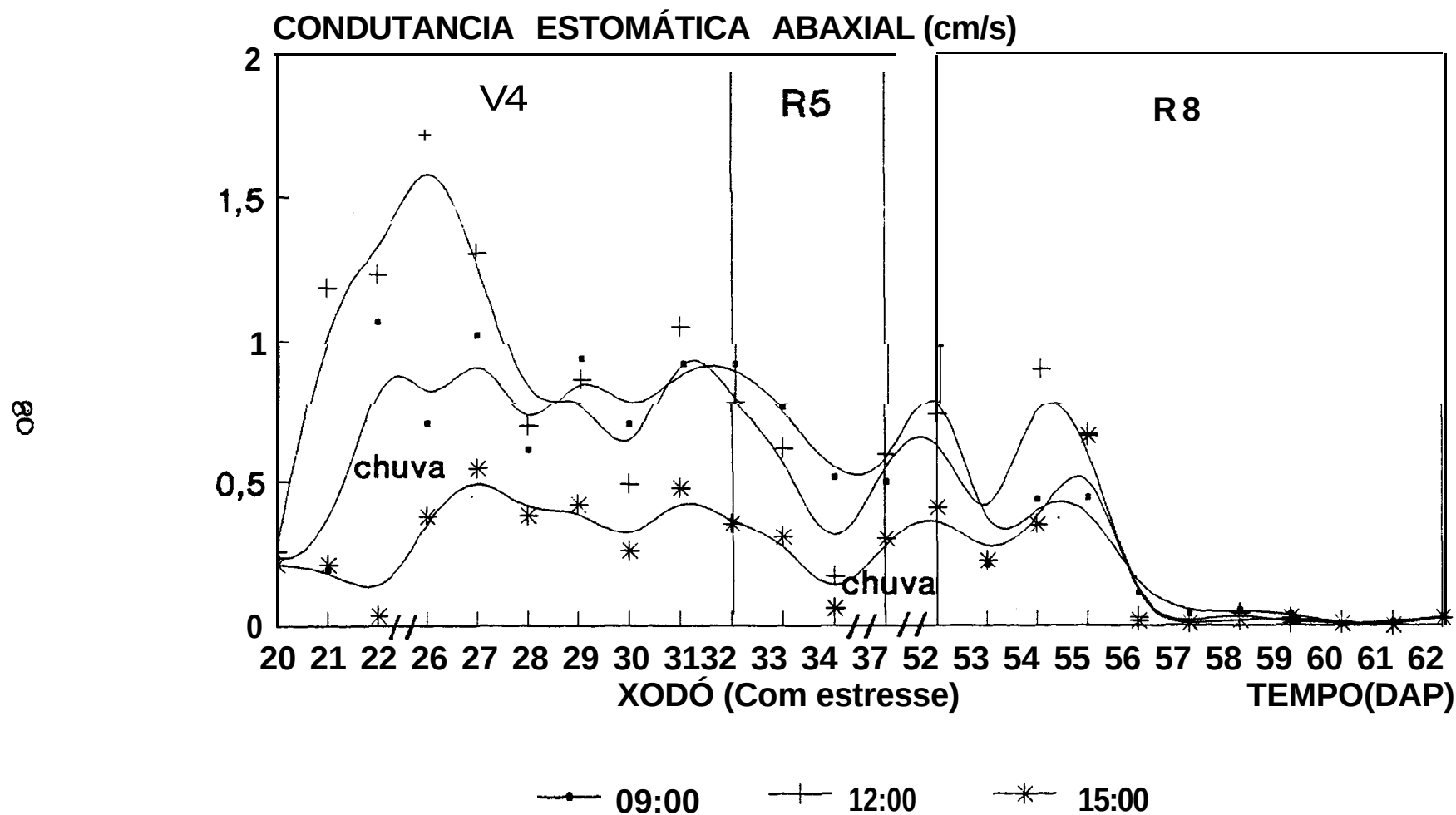


Fig19 - Efeito do estresse hídrico na cond. estomática abaxial na cultivar xodó as 09h, 12h e 15h nos estádios V4, R5 e R8. (média de três repetições)

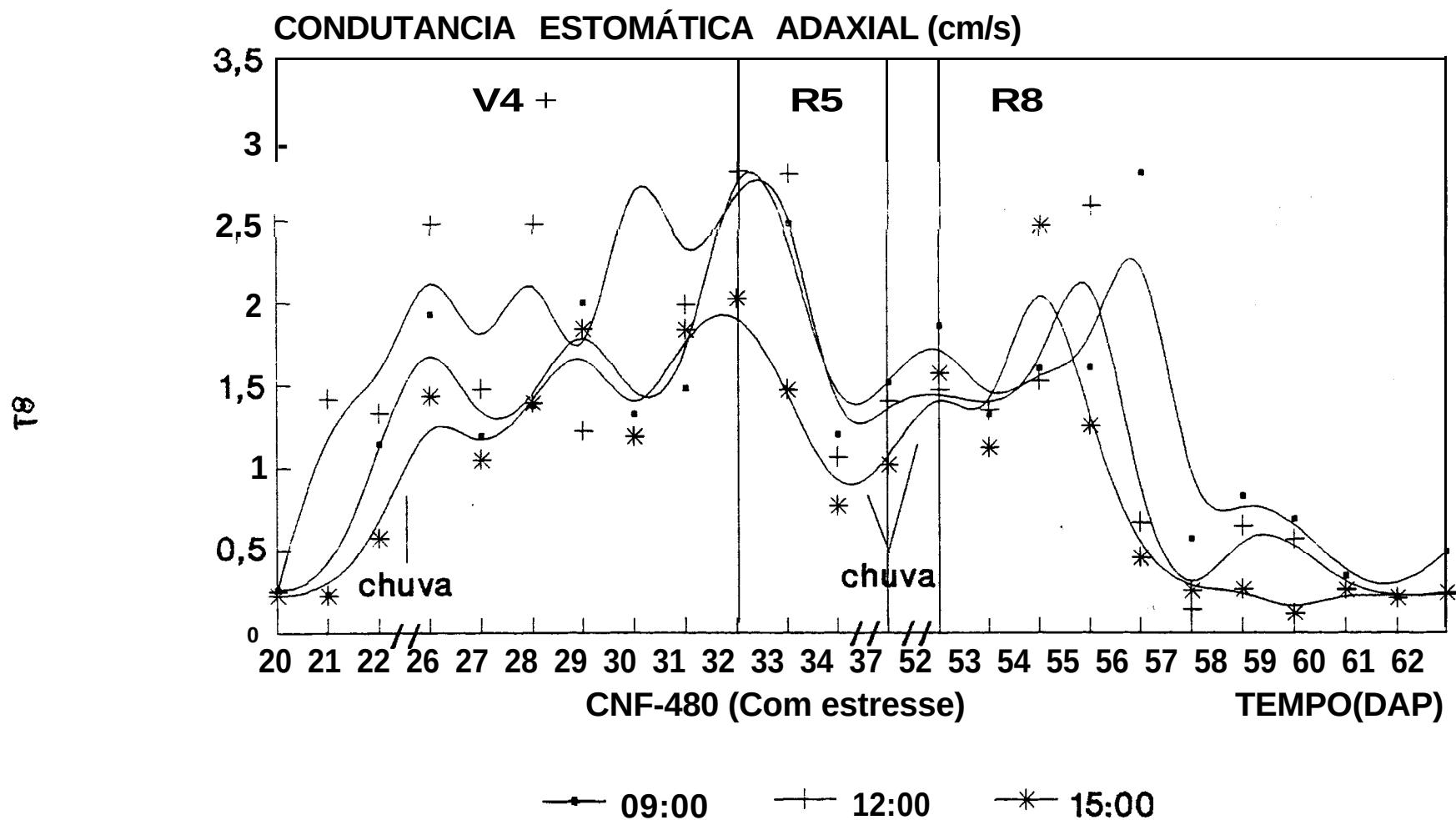


Fig20-Efeito do estresse hídrico na cond. estomática adaxial na cultivar cnf-480 as 09h,12h,15h nos estádios V4,R5 e R8. (média de três repetições)

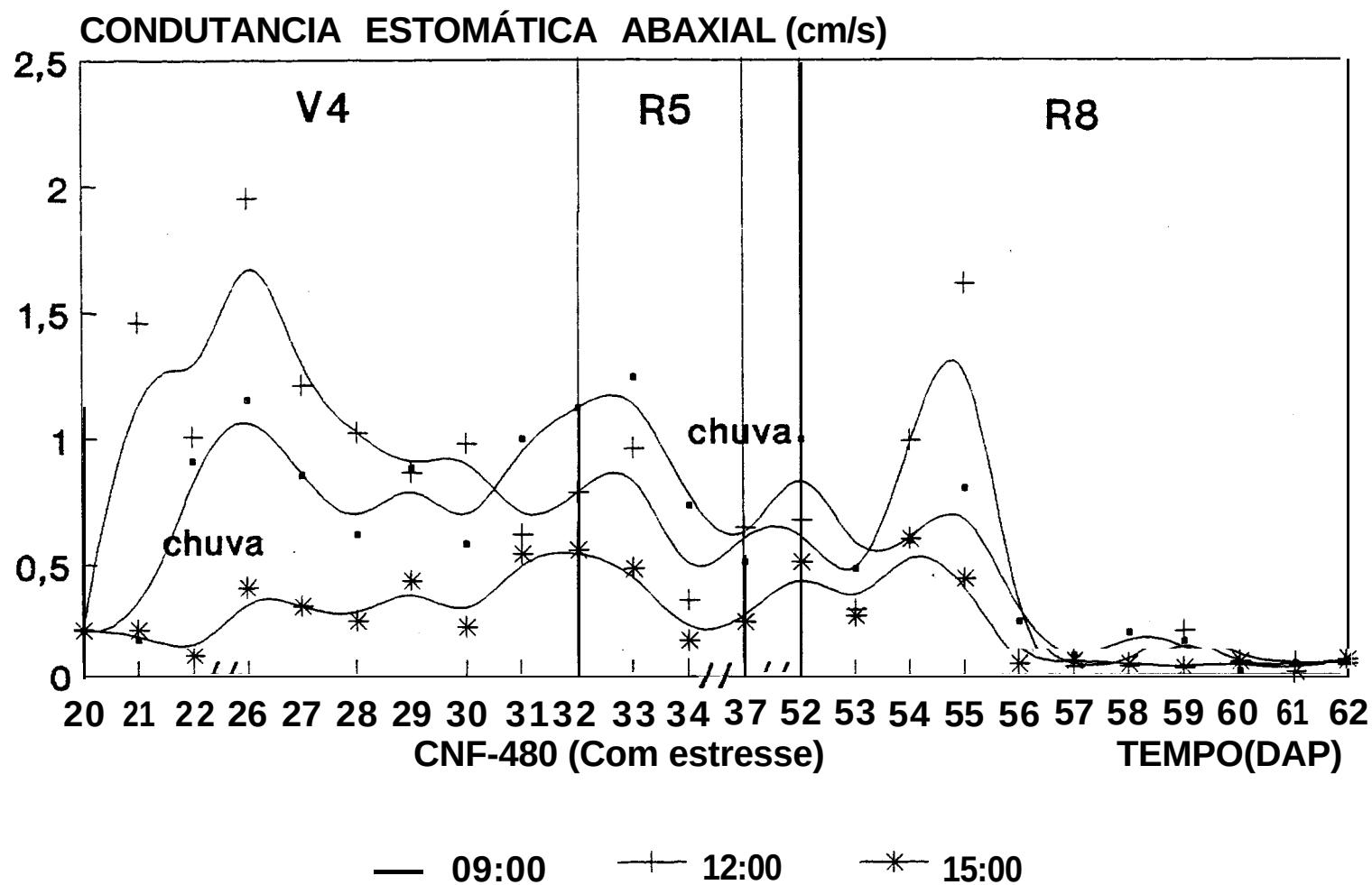


Fig21-Efeito do estresse hídrico na cond. estomática abaxial da cultivar cnf-480 as 9h, 12 e 15h nos estádios V4,R5 e R8.
(média de três repetições)

condutâncias estomáticas adaxiais e abaxiais das duas cultivares nos períodos de estresse hídrico V4-R5 e R8, sendo que este fato foi mais pronunciado nas condutâncias estomáticas adaxiais.

Os dados médios apresentados pelas condutâncias estomáticas adaxiais das cultivares XODÓ e CNF-480 sob deficiência hídrica (Figuras 18 e 20), mostram, em relação aos seus respectivos controles (Figuras 14 e 16), que o início e evolução do fechamento estomático parece ser determinado pelos horários de maior demanda evaporativa, os quais neste trabalho, seriam, numa ordem decrescente, às 12:00h, 15:00h e 9:00h. De fato, a duração e intensidade do estresse hídrico ocorrido, induziram, gradativamente, decréscimos nos valores de condutâncias estomáticas nesta referida sequência de horários. Verifica-se, que no período de estresse V4-R5, as primeiras reduções de condutâncias estomáticas adaxiais observadas na cultivar XODÓ, às 12:00h, 15:00h e 9:00h, deram-se nos dias 29, 31 e 32 DAP; enquanto que na cultivar CNF-480, estas reduções iniciaram no 31º, 33º e 34º DAP, respectivamente. Estes resultados mostram, que as plantas da cultivar XODÓ, ao pressentir o grau de deficiência hídrica, diminuíram a abertura estomática da superfície superior de suas folhas dois dias antes, nos referidos horários, em relação as plantas da cultivar CNF-480, sugerindo desta forma, que as diferenças de fechamento estomático manifestado entre as duas cultivares nestes horários, parece obedecer à valores críticos de potenciais hídricos da folha atingidos, ao longo de cada dia, neste período de estresse hídrico.

No período de estresse hídrico R8, as reduções das

condutâncias estomáticas adaxiais tiveram um comportamento similar do observado no período de estresse V4-R5, principalmente, a partir do 55° DAP. Entretanto, nota-se, que para as plantas da cultivar XODÓ os primeiros decréscimos, às 12:00h, 15:00 e 9:00h, deram-se no 53° DAP; enquanto nas plantas da cultivar CNF-480, estas reduções iniciaram no 55° DAP. É interessante salientar ainda, que a cultivar XODÓ apresentou, novamente, os maiores decréscimos de condutância estomática adaxial em relação a cultivar CNF-480; e que, os decréscimos de condutância estomática, demonstrados pelas plantas das duas cultivares neste estágio de desenvolvimento do feijoeiro, foram superiores ao período de estresse V4-R5, sugerindo haver diferenças de sensibilidade estomática entre os estádios de desenvolvimento do feijoeiro.

A influência do estresse hídrico nas condutâncias estomáticas abaxiais das cultivares XODÓ e CNF-480, pode ser verificada nas figuras 19 e 21. Nota-se, que em relação aos seus respectivos controles (Figuras 15 e 17), o estresse hídrico ocorrido no estágio R8, promoveu, praticamente, os mesmos efeitos daqueles mostrados na condutância estomática adaxial. Todavia, deve-se notar, que no período de estresse V4-R5, as plantas da cultivar CNF-480 apenas apresentaram reduções de condutâncias estomáticas no horário das 12:00horas, as quais deram-se no último dia antes da ocorrência de chuvas (34° DAP). As plantas da cultivar XODÓ, por outro lado, demonstraram as primeiras reduções de condutância estomática abaxial, referentes às 12:00h, 15:00h e 9:00h, nos dias 31, 32 e 33 DAP, respectivamente. Estes resultados, juntamente com os abordados acima, permitem confirmar

as diferenças de sensibilidade entre as condutâncias estomáticas das superfícies superior e inferior das folhas do feijoeiro, e sugerir, que este mecanismo diferencial de fechamento estomático, atua como uma medida de prevenção aos efeitos do estresse hídrico, estando mais, devidamente caracterizado, nas plantas da cultivar XODÓ.

Nestes gráficos, é possível também analisar os comportamentos estomáticos adaxiais e abaxiais das duas cultivares nos referidos horários, antes e depois da chuva, ocorridas no estágio R5. Verifica-se, que nas condutâncias adaxiais das duas cultivares e na condutância abaxial da cultivar XODÓ (maiores efeitos do estresse hídrico), houve acréscimos relativos das respectivas condutâncias nos três horários observados. Nota-se, ainda, que os maiores acréscimos foram observados nos horários mais atingidos pelo estresse hídrico, isto é, as 12:00h, 15:00h e 9:00h, bem como, na cultivar XODÓ e nas superfícies abaxiais. A ordem de recuperação manifestada justificam as discussões anteriores.

4.5 - Comportamento dos parâmetros avaliados durante um dia do estágio V.4.4

O monitoramento realizado nas duas cultivares de feijão sem estresse hídrico, na fase de maior expressão vegetativa, tem a finalidade de mostrar como se dá a variação de cada parâmetro no decorrer do dia. Dessa forma, a sequência de gráficos apresentados nas figuras de 22 a 28 representa o

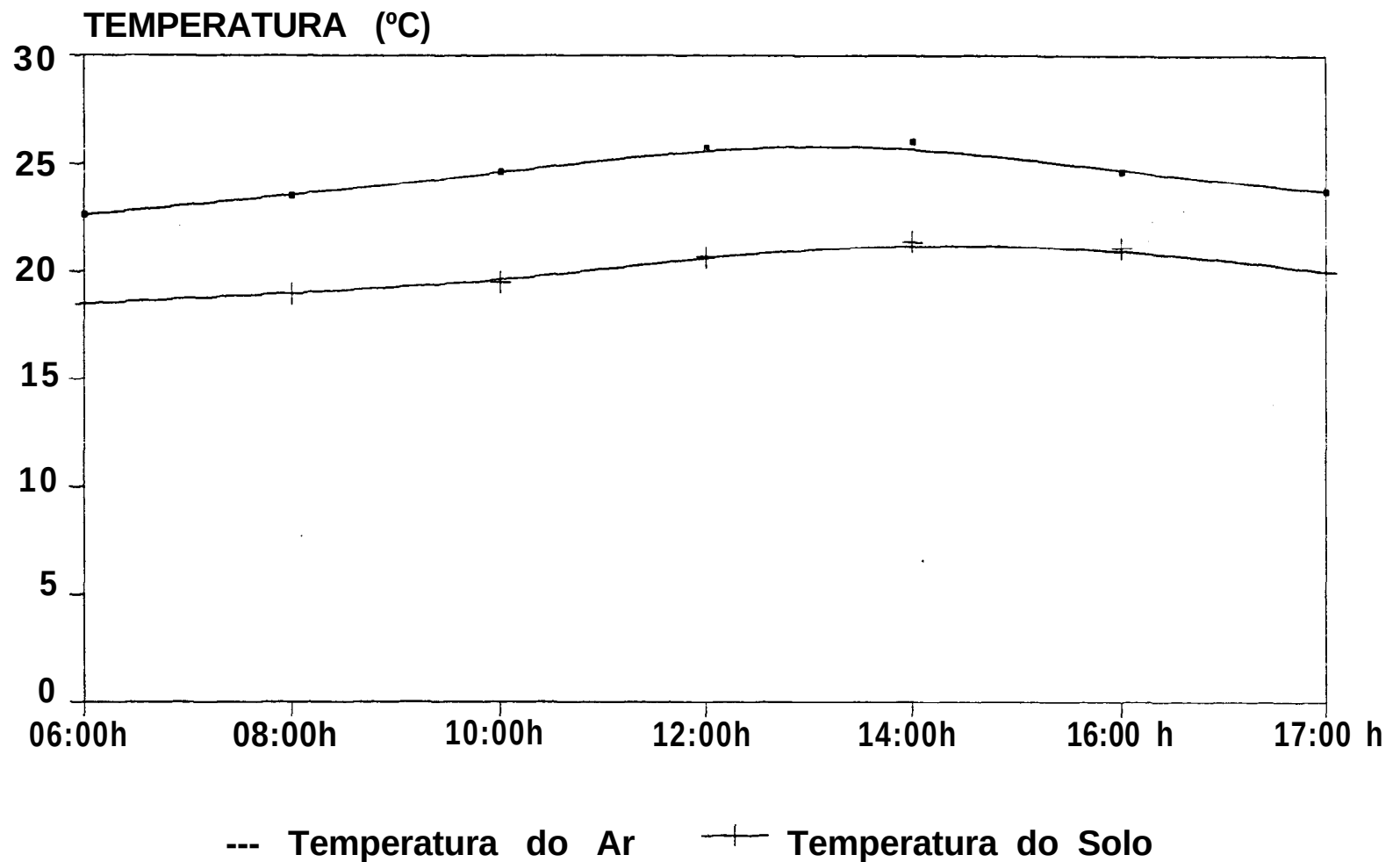
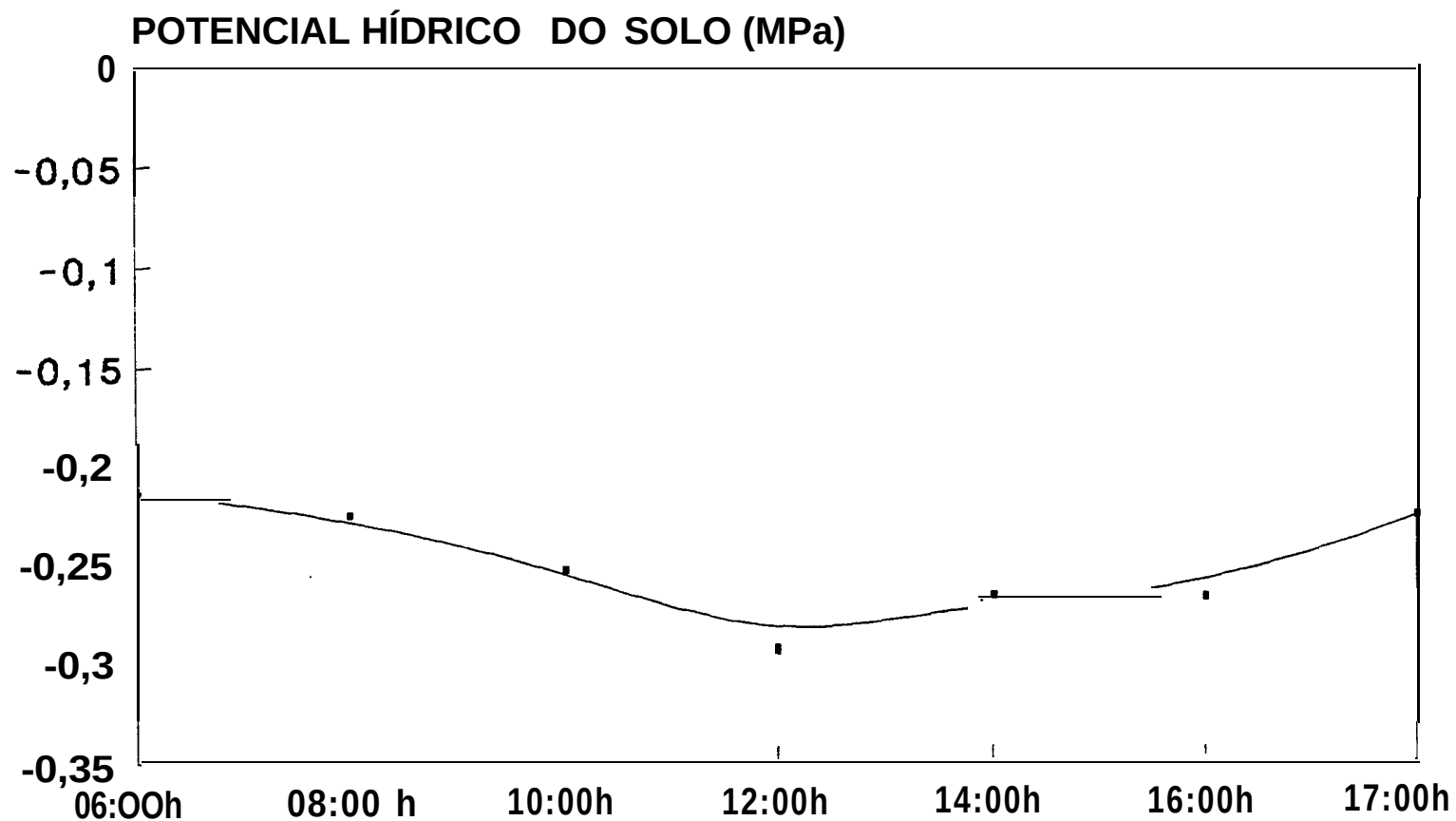


Fig22- Variação diária da temperatura do ar e do solo (°C) durante um dia do estádio V.4.4. (média de duas repetições)



--- Faixa sem estresse

Fig23- Variação diária do potencial hídrico do solo(MPa) durante um dia do estágio v.4.4 (média de duas repetições).

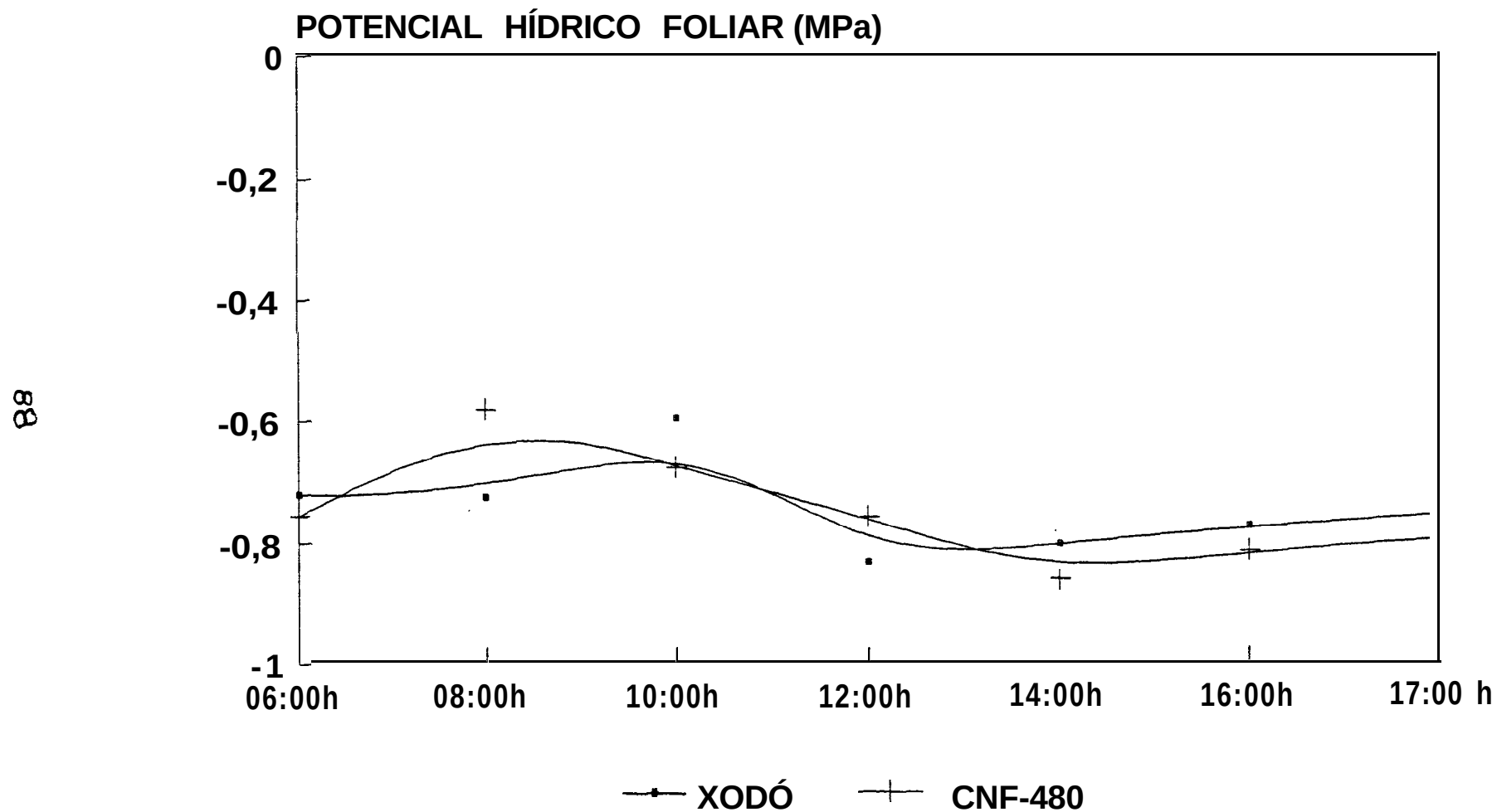


Fig24- Variação diária do potencial hídrico foliar (MPa) das duas cultivares durante um dia do estadio V.4.4. (média de três repetições)

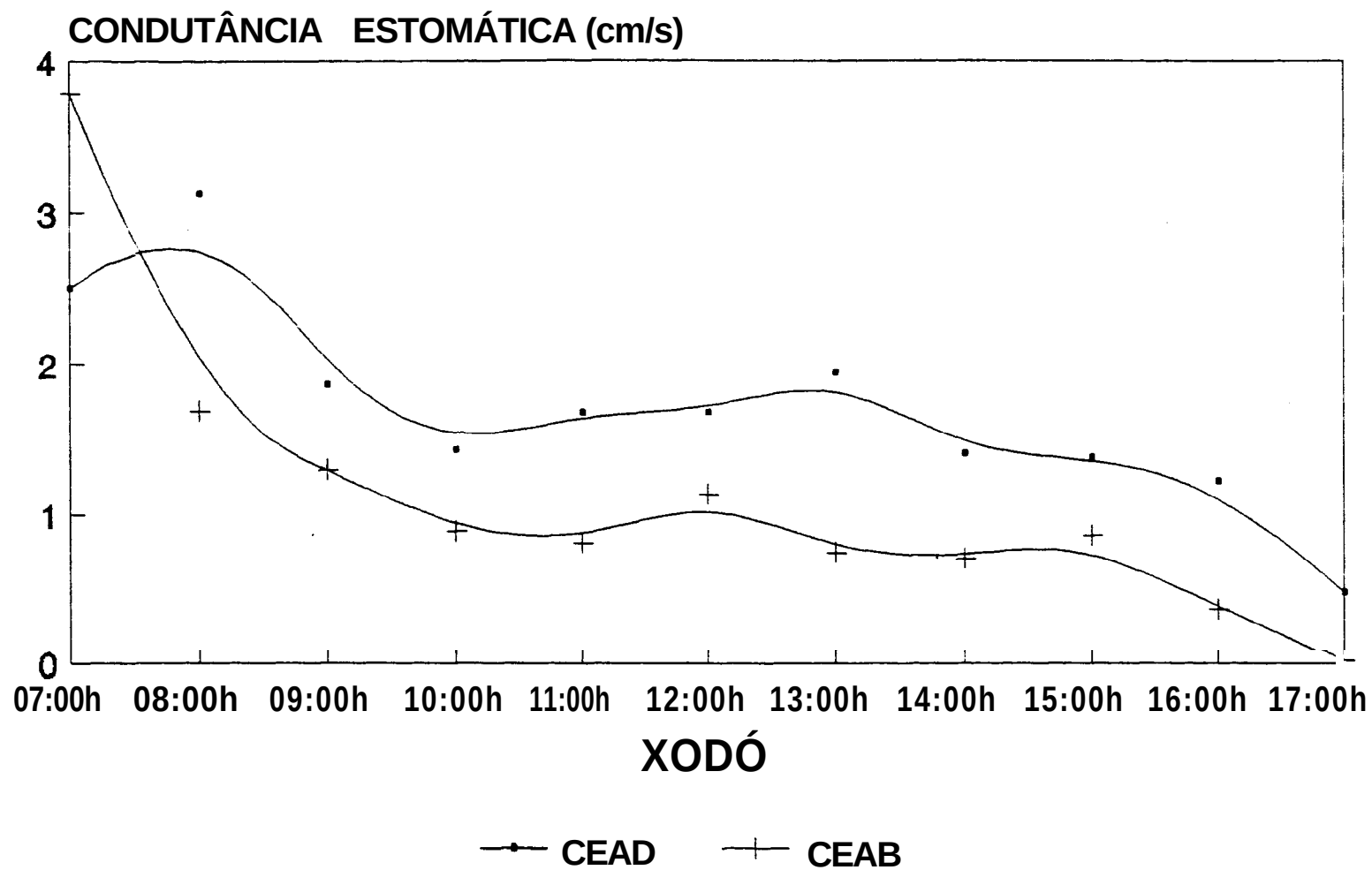


Fig25 - Variação da condut. estomática adaxial e abaxial da cultivar xodó durante um dia do estágio.V.4.4. (média de três repetições)

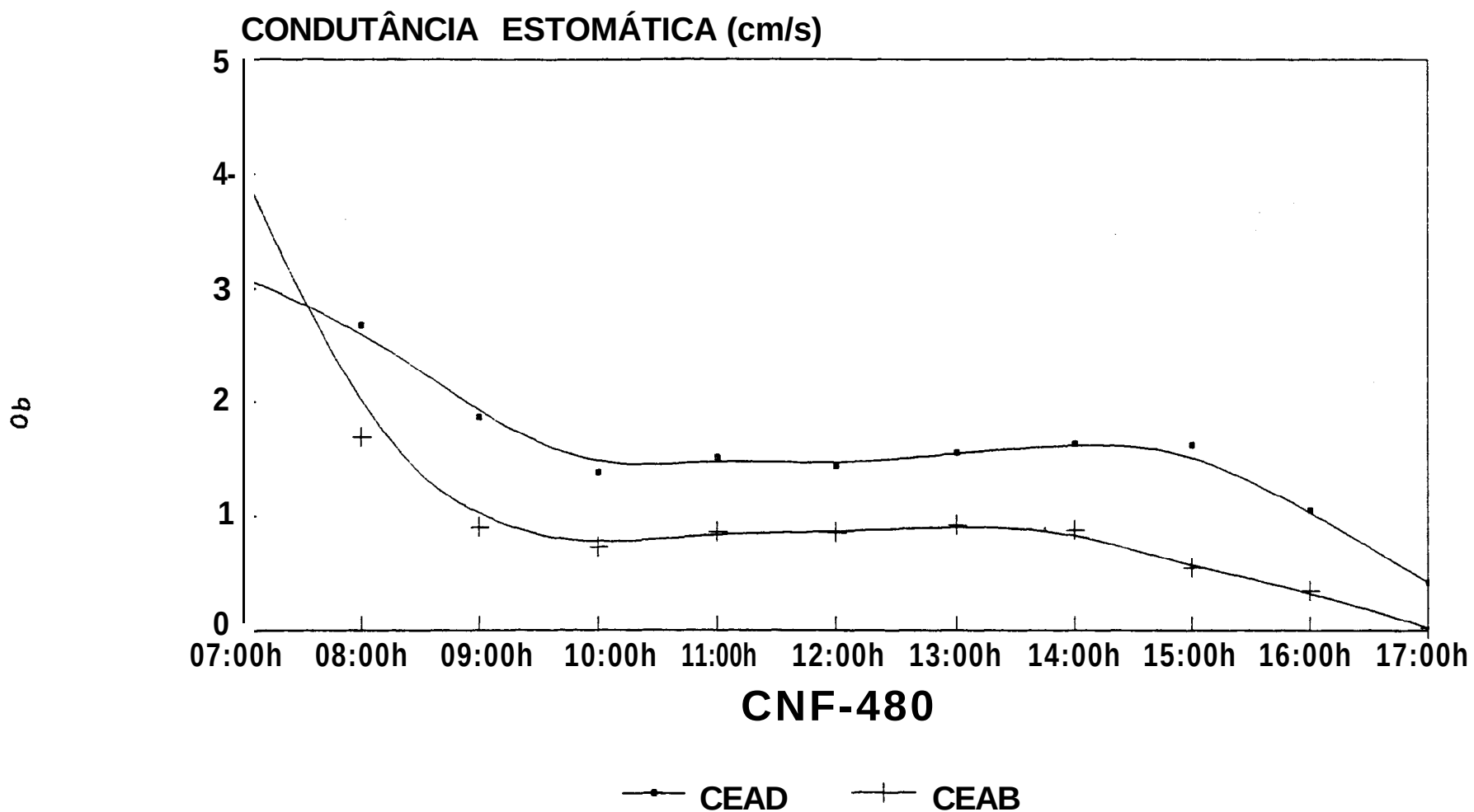


Fig26. - Variação da condut. estomática adaxial e abaxial da cultivar cnf-480 durante um dia do estágio V.4.4. (média de três repetições)

comportamento média de cada parâmetro durante um dia do estádio V.4.4.

Nota-se na figura 22, que a temperatura do solo foi influenciada, proporcionalmente, pela temperatura do ar, atingindo valores máximos, no horário das 12:00 às 14:00 horas. Além disso, o maior decréscimo do potencial hídrico do solo deu-se após a 12:00, como pode ser verificado na figura 23. Estes resultados, conforme já discutido, podem estar relacionados a elevada demanda evaporativa neste horário, devido à maior radiação solar e à falta temporária de água no solo.

Estas condições de temperatura e umidade do solo, produziram um estreito relacionamento entre o comportamento diário do potencial hídrico da folha (Figura 24) e das condutâncias estomáticas (Figuras 25 e 26), uma vez que, os gradativos decréscimos nos valores dos potenciais hídricos da folha, nas duas cultivares desde as primeiras horas da manhã até as 14:00h, traduziram-se em gradativos decréscimos nas condutâncias estomáticas adaxial e abaxial em ambas cultivares. Estes dados foram obtidos, quando as condições de intensidade luminosa, nas duas superfícies foliares, para as duas cultivares avaliadas, representara um dia ensolarado, com interferência de nuvens no horário próximo das 13:00 horas (Figuras 27 e 28). Isto de certa forma sugere que o comportamento estomático diário depende mais do potencial hídrico da folha e sua relação com o potencial hídrico do solo, do que de outros fatores do ambiente, o que se confirma com os resultados apresentados por SIVUKAMAR e SHAW (1978).

A partir das 14:00 horas, com a redução da demanda

evaporativa, verifica-se, que os paulativos acréscimos nos valores dos potenciais hídricos do Solo (Figura 23), resultaram, por conseguinte, em gradativos acréscimos nos valores dos potenciais hídricos da folha (Figura 24). Todavia, a recuperação hídrica das plantas, não foi acompanhada de aumentos nas condutâncias adaxial e abaxial nas duas cultivares, exceto, na condutância estomática adaxial da cultivar XODÓ, onde houve uma pequena elevação até o horário das 15:00 horas (Figuras 25 e 26). Os gradativos decréscimos exibidos das condutâncias estomáticas adaxial e abaxial, após este horário (15:00 horas), provavelmente, deve-se aos paulatinos decréscimos das intensidades luminosas adaxial e abaxial, como pode ser verificado nas figuras 27 e 28.

Desde as primeiras horas da manhã, quando na condição máxima de água no solo, as plantas das duas cultivares apresentaram os maiores valores de potenciais hídricos da folha, o que está de acordo com TAYLOR Kr KLEPPER (1978), que concluíram que o ponto de equilíbrio entre o potencial hídrico da planta e o potencial hídrico do solo é alcançado antes do amanhecer. Além disso, este tipo de observação possibilita confirmar o potencial hídrico matutino como indicador do estado e da recuperação hídrica das plantas após terem passado por um estresse hídrico.

A análise desses gráficos, permite verificar ainda, as diferenças, já discutidas, das sensibilidades hídrica e estomáticas entre as duas cultivares e entre as duas superfícies foliares das mesmas. Nota-se, que o fechamento parcial dos estômatos no longo do dia, dá-se, primeiro, nas superfícies superiores das folhas das duas cultivares; e, parece obedecer a um valor crítico de potencial hídrico da folha, que no caso

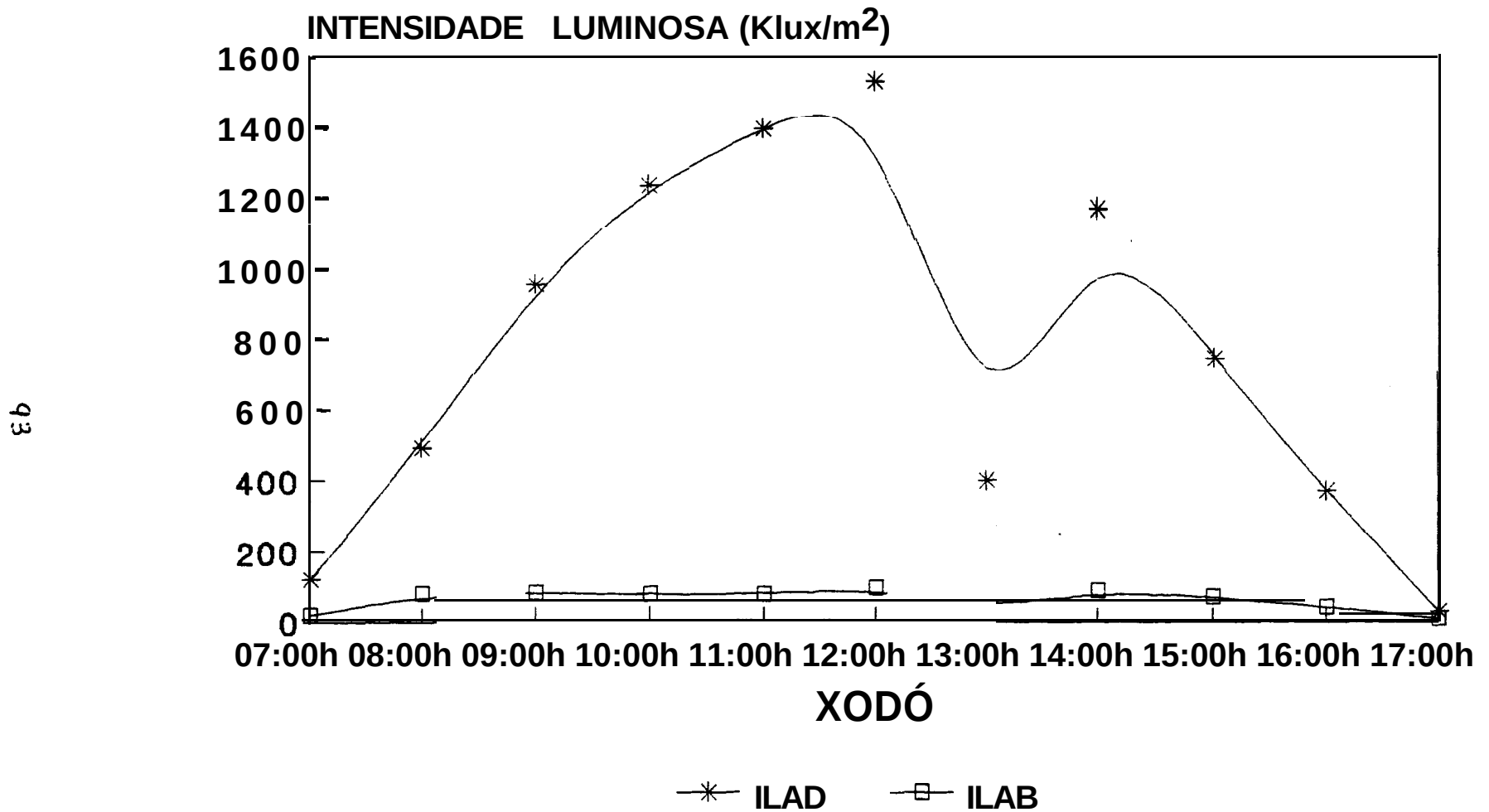


Fig27 - Variação da Intensidade luminosa adaxial e abaxial da cultivar xodó durante um dia do estágio-V.4.4. (média de três repetições)

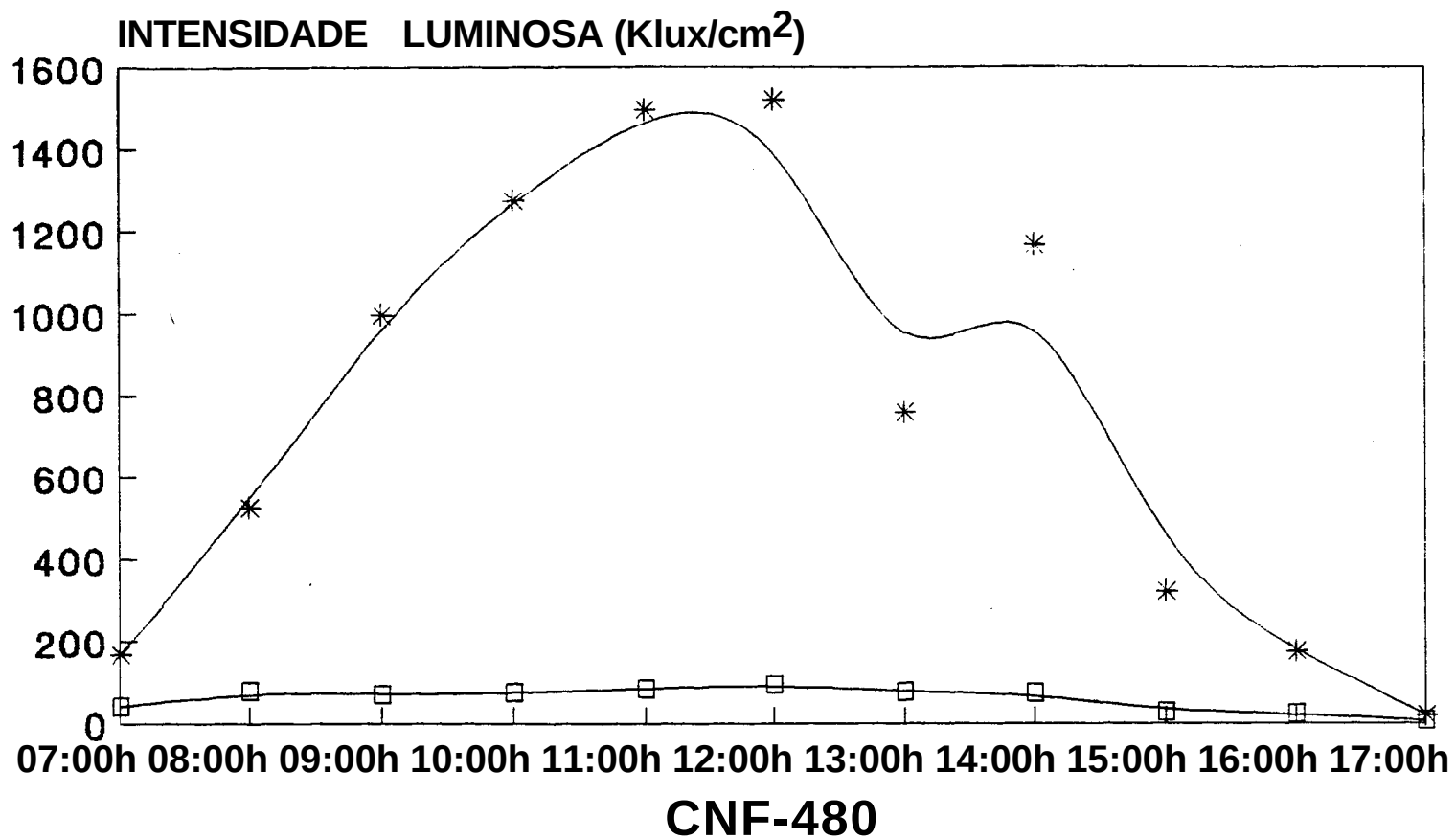


Fig28 - Variação da intensidade luminosa adaxial e abaxial da cultivar cnf-480 durante um dia do estágio V.4.4. (média de três repetições)

destas cultivares e sob as condições descritas está em torno de -0,6 MPa. Percebe-se que os decréscimos no potencial hídrico até próximo a 0,6 MPa resultam em reduções relativamente pequenas nas condutancias adaxial e abaxial para as duas cultivares. No entanto, ultrapassando-se esse valor, obteve acentuada resposta estomática, sendo o início e a uniformidade dessa resposta maior na cultivar XODÓ do que na cultivar CNF-480. Esta característica das plantas irrigadas da cultivar XODÓ, parece reforçar a discussão da ítem 4.3, a respeito do endurecimento ou adaptação desta cultivar, como resultado do estresse hídrico ocorrido em gerações passadas.

4.6 - Efeito do estresse hídrico nos componentes de produção

Os resultados das análises de variância para o número de vagens por planta, número de grãos po planta e peso de grãos por planta, abordando o efeito do estresse hídrico nos componentes de produção, são apresentados nas figuras 29, 30 e 31, respectivamente .

Estes dados médios vêm amostrar que, mesmo o estresse hídrico não ter ocorrido nas fases mais críticas do feijoeiro(estádios R5 e R6), o déficit imposto nos períodos de desenvolvimento vegetativo (V4) e enchimento de vagens (R8) reduziram significativamente todos os componentes de produção avaliados.

A princípio, estes dados confirmam os resultados obtidos por HOSTALÁCIO & VÁLIO (1984), que mostraram claramente

que o fator água é importante para o desenvolvimento da parte aérea e para o estabelecimento dos frutos do feijoeiro; qualquer redução na sua intensidade, compromete muito a produção final da cultura, Daí a necessidade de quantificar a exigência de água quanto às fases mais críticas das diferentes cultivares.

De fato, é compreensível que a ocorrência de déficit hídrico, em uma fase em que a planta se apresenta em pleno desenvolvimento vegetativo (V4), entrando três dias no período de pré-floração (RS) e em outra que compreende a fase de enchimento de grãos (R8), tenha reflexo direto no desenvolvimento vegetal, uma vez que a falta de água limita os vários processos fisiológicos (HSIAO, 1973).

A sensibilidade do feijoeiro ao déficit hídrico, na fase de crescimento, é contraditória entre os trabalhos verificados na literatura. RODINS & DOMINGO (1956) e MAGALHÃES et al(1979) verificaram reduções da ordem de 20 a 25% na produção de grãos, quando submeteram o déficit hídrico nesta fase. Entretanto, discordando de tal resultado, KATTAN & FLEMING (1956) verificaram que o estresse nesta fase não afeta o rendimento, desde que o restante do ciclo tenha sido provido de umidade adequada e o plantio feito com alto nível de umidade no solo. Estes relatos, de certa forma, justificam os resultados obtidos neste trabalho, devido a ocorrência do estresse hídrico em diferentes fases do ciclo do feijoeiro.

A comparação das médias do número de vagens por planta, em função do estresse hídrico (figura 29), mostra que houve um decréscimo no número de vagens por planta no tratamento com estresse hídrico. A maior ou menor produção de vagens é

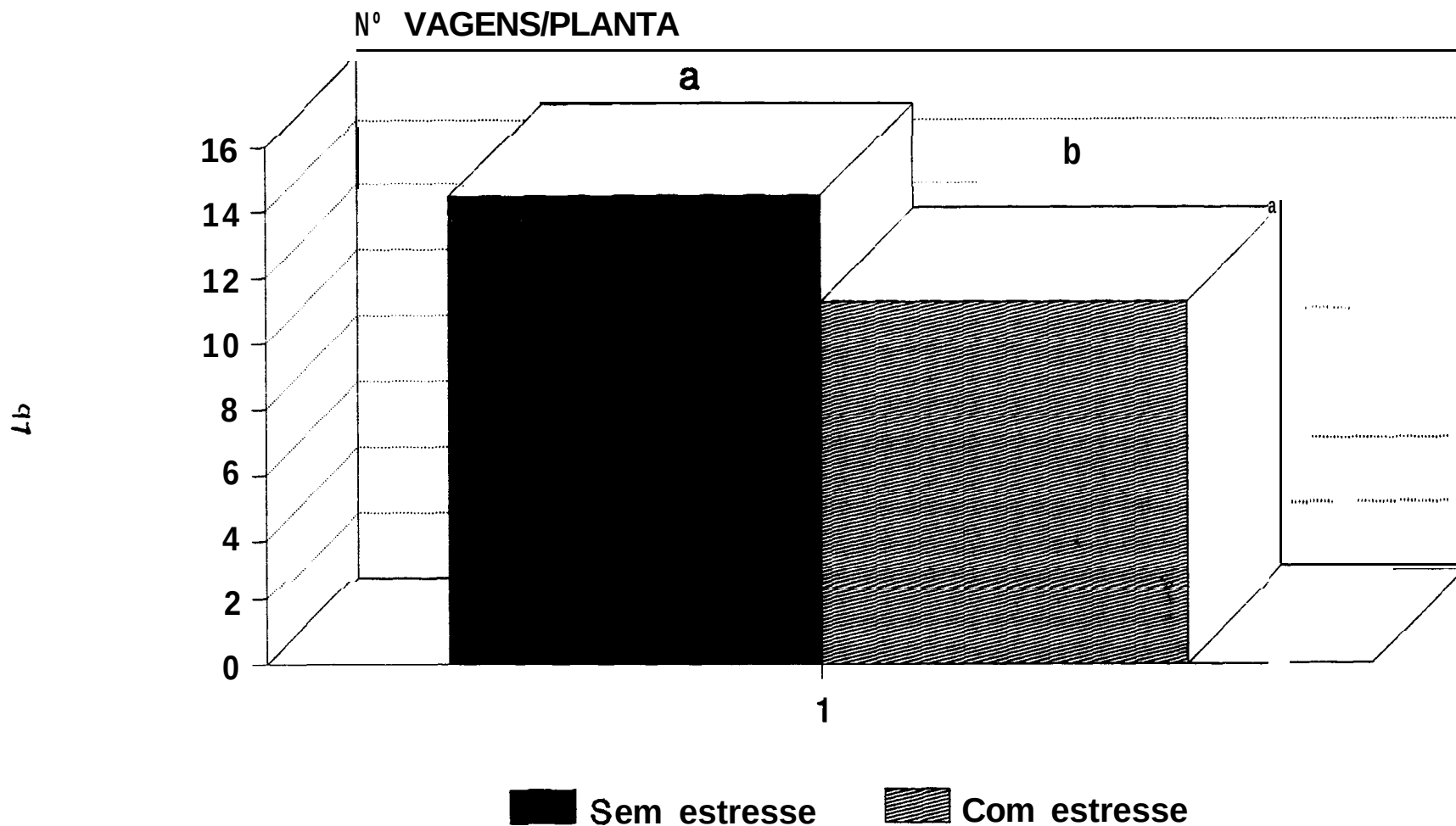
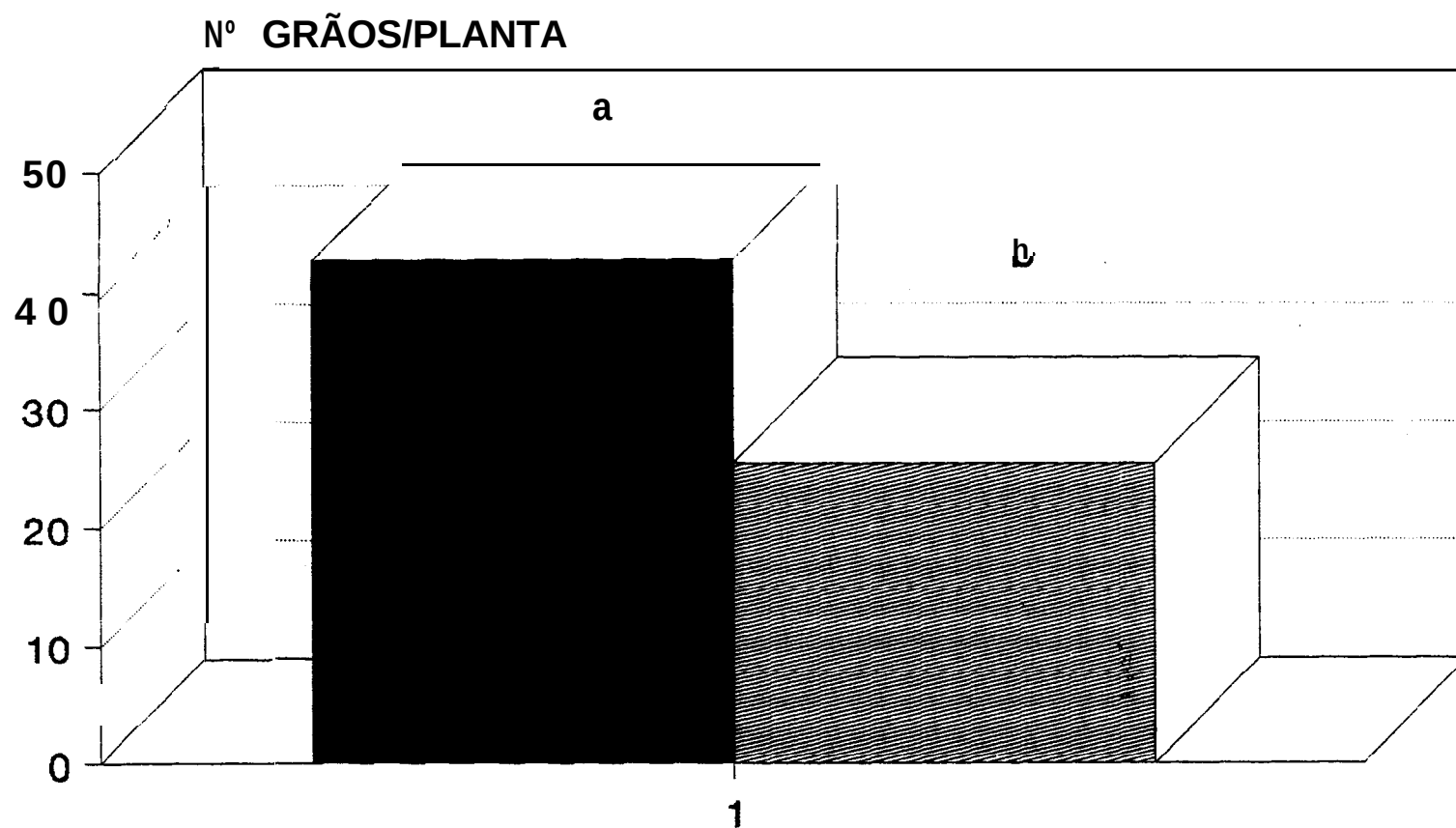


Fig29- Efeito do estresse hídrico no número de vagens por planta. (média das duas cultivares)
Letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey,



Sem estresse



Com estresse

Fig30- Efeito do estresse hídrico no número de vagens por Planta. (média das duas cultivares)
 Letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey,

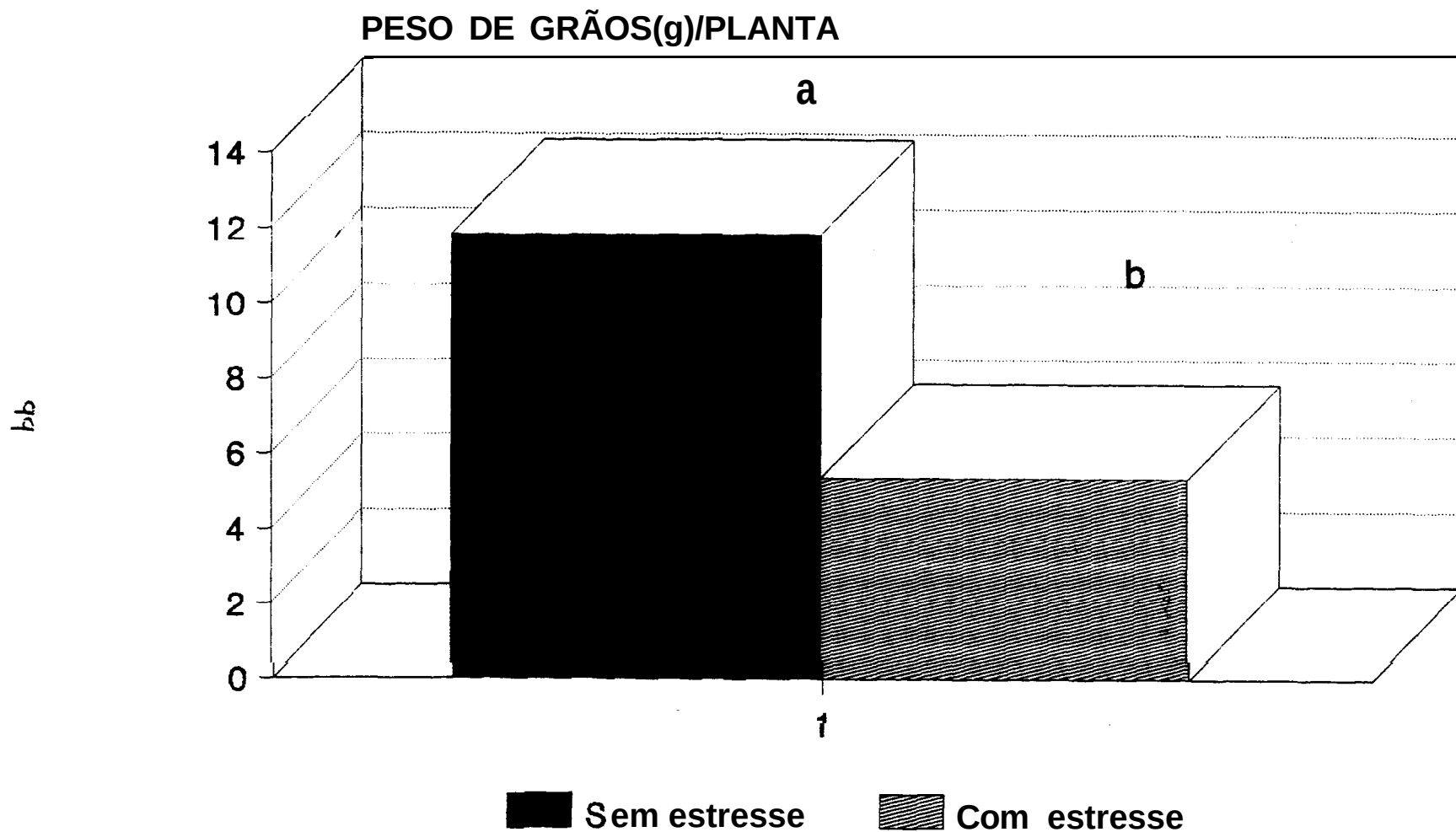


Fig31- Efeito do estresse hídrico no peso de grãos(g) por planta. (média das duas cultivares)
letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

dependente do número de flores produzidas e da percentagem de vingamento floral. Resultados obtidos por OLIVEIRA (1987), relatam que a fase de frutificação foi a mais crítica no estabelecimento desta característica, influenciando diretamente a percentagem de vingamento floral, ao passo que a aplicação do déficit hídrico nas fases vegetativa e floração tiveram maior influência no número de flores produzidas.

Analisando as figuras 29, 30 e 31, observa-se que o número de vagens por planta não foi o componente de maior peso na redução dos demais componentes em condições de déficit hídrico. Acredita-se que a redução no número de vagens por planta, deve-se ao estresse ocorrido na fase vegetativa (V4), sendo acentuado pelos três dias iniciais da fase da pré-floração (R5); enquanto as diferenças obtidas no número de grãos por planta e peso de grãos por planta, justificam-se pela ocorrência do estresse hídrico no período de enchimento de vagens(R8). Os resultados encontrados discordam com FIEGENBAUM et al (1991), ao referir que diferenças no número de vagens por planta determina, as diferenças no número de sementes por planta. No entanto, os resultados obtidos neste trabalho não pode discordar completamente com tal observação, visto que, a aplicação do estresse fez-se no período da floração e em casa de vegetação (FIEGENBAUM et al, 1991).

Neste trabalho, embora não seja possível analisar as interações entre as fases acima descritas com o efeito do estresse hídrico observado nos componentes de produção, fica claro que ausência de estresse hídrico nestas fases proporcionou um maior estabelecimento em todos os componentes avaliados.

Uma outra característica importante observada neste trabalho que está relacionada com os componentes de produção foi o encurtamento do ciclo da cultura do feijoeiro no tratamento com estresse hídrico. Ambas cultivares estressadas anteciparam o período da colheita em 12 dias do controle. Esta observação reforça e complementa os resultados verificados por BERGAMASCHI et al (1988), que mostraram a duração do ciclo do feijoeiro não sendo afetada quanto o estresse hídrico ocorreu a partir do final do enchimento de vagens. Porém, a maturação foi apressada quando o estresse hídrico se deu após a emissão dos primeiros legumes; e re tardada, quando o estresse ocorreu durante a formação de botões florais e a floração.

4.7 - Efeito do estresse hídrico nos componentes de produção dentro de cada cultivar

Os resultados obtidos para o efeito do estresse hídrico nos componentes de produção dentro de cada cultivar podem ser verificados na mesma sequência através das figuras 32, 33 e 34.

Tais resultados tiveram um comportamento semelhante ao efeito do estresse hídrico nos componentes de produção como discutido no item 4.5, diferindo apenas no número de vagens por planta e na sensibilidade apresentada por cada cultivar nas condições de déficit hídrico implantado.

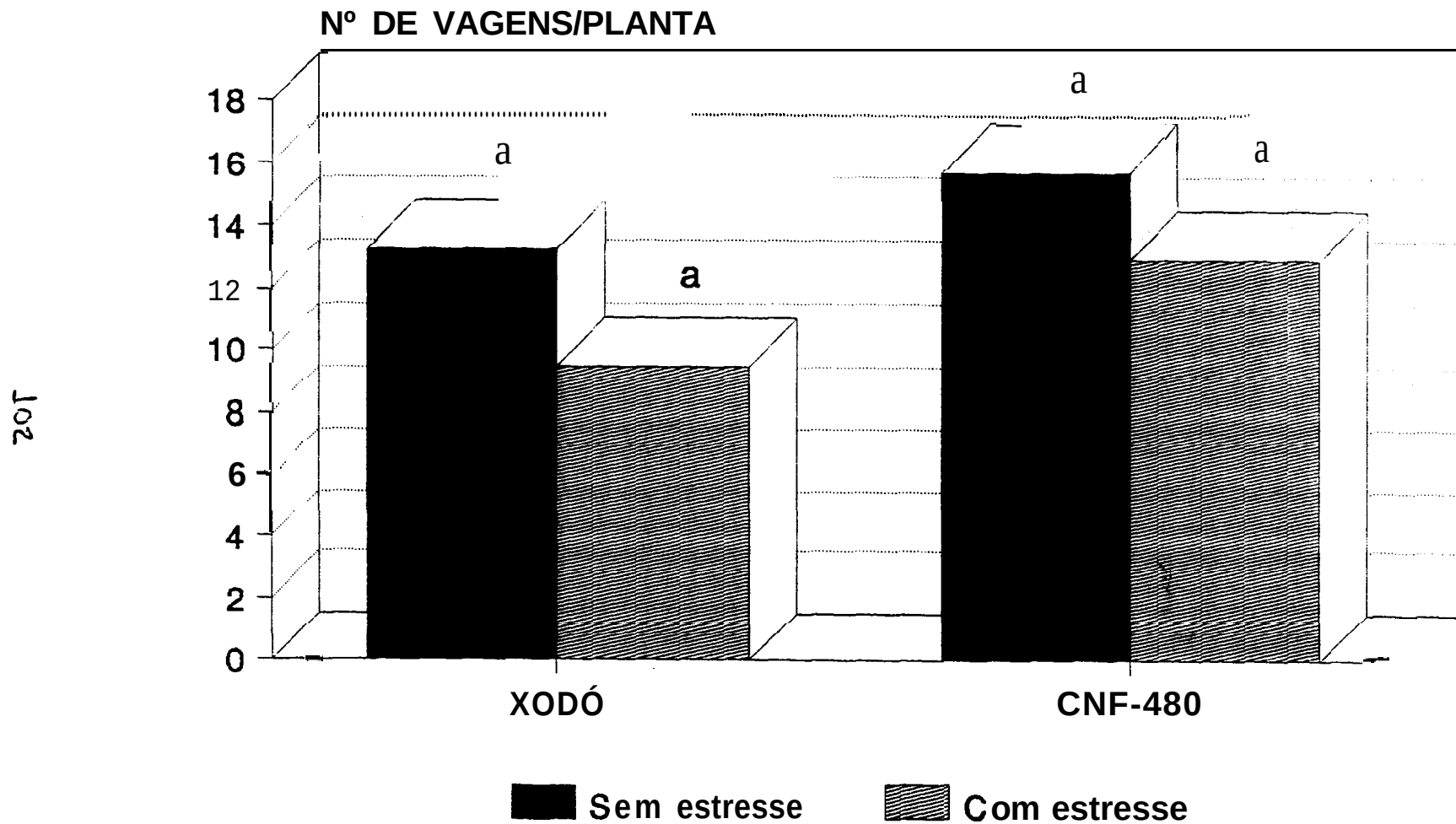


Fig32- Efeito do estresse hídrico no número de vagens por planta das duas cultivares de feijão.

Letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo

Teste de Tukey.

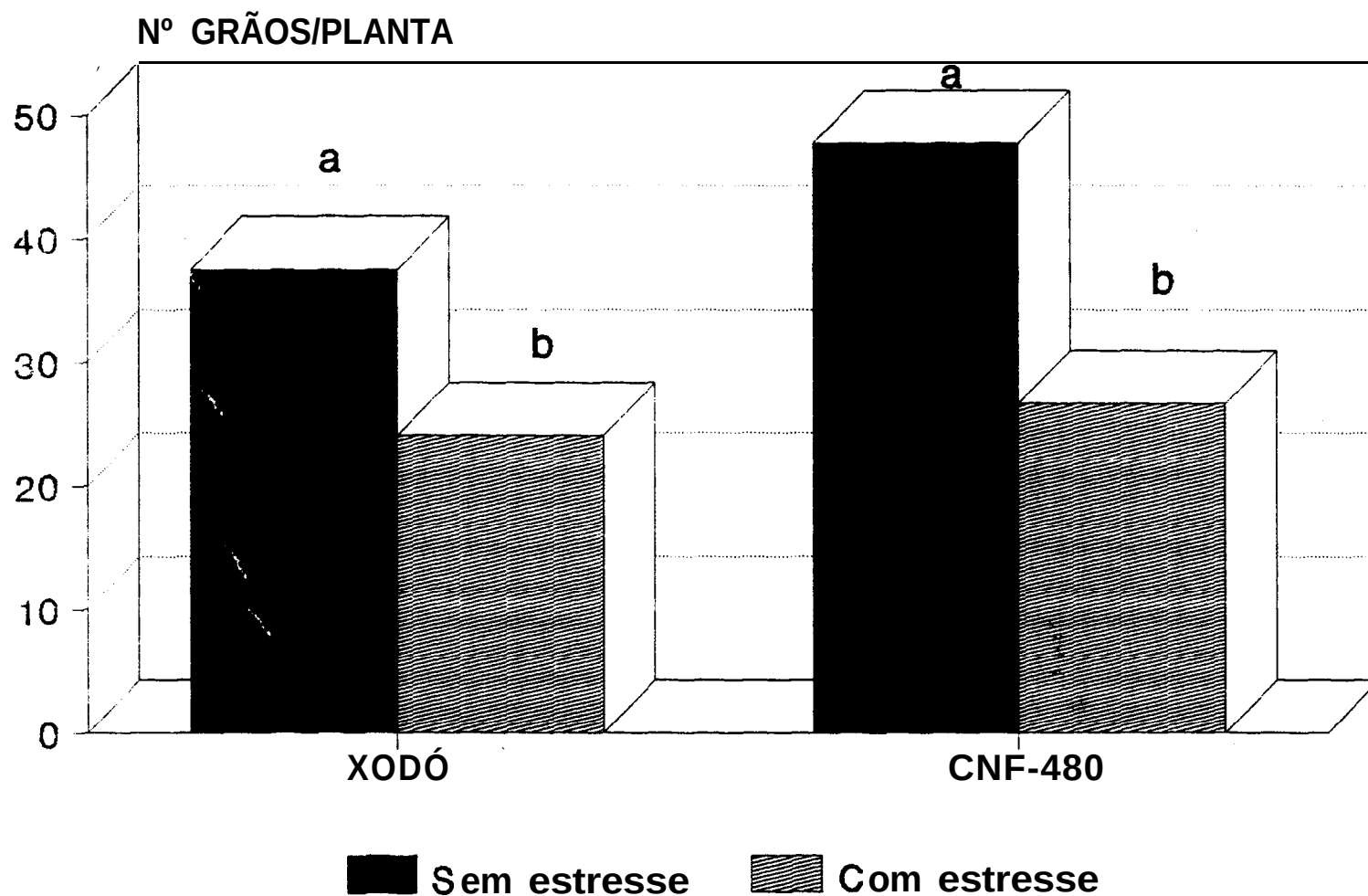


Fig33- Efeito do estresse hídrico no número de grãos por planta das duas cultivares de feijão.

Letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

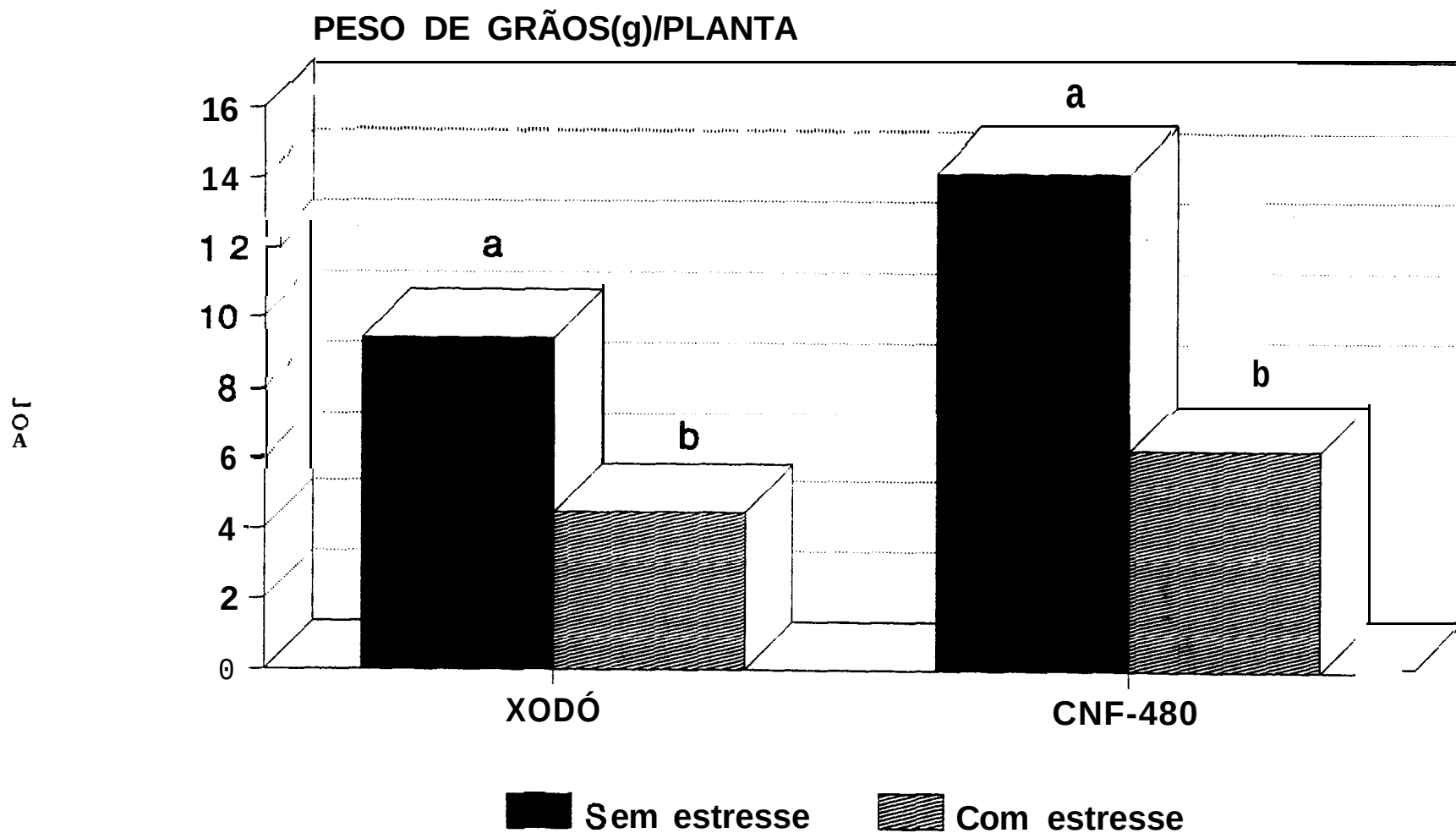


Fig34- Efeito do estresse hídrico no peso de grãos(g) por planta das duas cultivares de feijão.

Letras iguais não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey,

Os valores médios apresentados na figura 32 mostram que o número de vagens por planta, tanto na cultivar XODÓ como na CNF-480, não reduziram significativamente em resposta ao déficit hídrico. Estes resultados reforçam a discussão anterior, de que, este componente não exerceu influência marcante no número de grãos por planta. Além disso, as diferenças significativas mostradas nas figuras 33 e 34, para o número de grãos por planta e peso de grãos por planta, certamente, devem-se à ocorrência do estresse hídrico durante a fase de enchimento de vagens(R8), visto que, em ambas cultivares, o peso de grãos por planta foi o componente que sofreu maior redução. Estes resultados estão de acordo com MIRANDA & BELMAR (1977) e COUTO (1979), os quais observaram que o peso das sementes foi o mais afetado dentre os componentes de produção no tratamento com estresse hídrico.

Analizando, ainda, as figuras 33 e 34, em relação ao potencial produtivo das plantas, observa-se que a cultivar CNF-480 apresentou maiores rendimentos de produção do que a cultivar XODÓ. Esta observação se faz notar, tanto em plantas hidratadas como naquelas que sofreram o efeito do estresse hídrico. No entanto, observa-se que na cultivar XODÓ, o efeito do estresse hídrico, provocou reduções de 30,1% e 42,6% no número de grãos por planta e peso de grãos por planta, respectivamente. Enquanto, na cultivar CNF-480, o efeito do estresse hídrico nestes componentes de produção decresceram, respectivamente, 44,1% e 55,9%; o que confirma a expectativa das discussões anteriores.

Estes dados percentuais constataam que o efeito do estresse hídrico nos componentes de produção são muito claros.

Todavia, a sua intensidade está associada à sensibilidade de cada cultivar durante a severidade e duração do estresse hídrico nas diferentes fases de desenvolvimento do ciclo do feijoeiro. Neste aspecto, a cultivar XODÓ, apesar de ter menores rendimentos do que a cultivar CNF-480, apresentou uma melhor estabilidade de produção no tratamento com estresse hídrico, sendo esta característica importante para a seleção e recomendação de cultivares, visando a tolerância à seca (LEVITT, 1972).

A criação e introdução de cultivares bem adaptadas as condições de baixa pluviosidade e com boa estabilidade de produção podem e levar as baixas produtividades obtidas com esta cultura. E, como existe uma variabilidade genética na resistência à seca entre e dentro das espécies vegetais, o estudo dos mecanismos de tolerância ao estresse hídrico nas plantas será de grande auxílio para a indicação das cultivares(OTOOLE et al, 1977).

No presente trabalho, a melhor estabilidade de produção apresentada pela cultivar XODÓ, pode ser devido a uma menor diminuição do potencial hídrico foliar durante o estresse hídrico (Figura 9), devido a um maior controle da abertura estomática. Estes resultados confirmam que esta característica, de grande interesse fisiológico para a tolerância à seca, pode ser utilizada para auxiliar a seleção de cultivares de feijão tolerantes à seca.

5 - CONCLUSÕES

Fundamentando-se nas condições experimentais deste trabalho, o estresse hídrico aplicado durante os estádios V4, R5 e R8, possibilitou verificar:

- redução do potencial hídrico da folha, devido a perda da turgescência do tecido foliar, o que induziu menores condutâncias estomáticas nas duas superfícies foliares do feijoeiro;

- maior sensibilidade da superfície foliar adaxial do feijoeiro em relação à superfície abaxial, o que é desejável para diminuir a transpiração;

- recuperação de todos os parâmetros avaliados após 48:00 horas da ocorrência de chuvas no estádio R5;

- menores decréscimos nos valores do potencial hídrico foliar da cultivar XODÓ em relação à cultivar CNF-480, devido ao melhor controle de abertura estomática apresentada por esta cultivar. Esta característica é determinante para a sobrevivência vegetal, sendo de grande interesse fisiológico para locais de baixa pluviosidade, pois garante a estabilidade de produção (CHAVES, 1991). Por outro lado em boas condições de umidade do solo, a cultivar CNF-480 terá um maior potencial produtivo, pois possui uma maior abertura estomática, o que a levar a ter uma maior taxa fotossintética;

- início e evolução do fechamento estomático é determinado pelos horários de maior demanda evaporativa, numa ordem crescente: 12h, 15h e 9h. Além disso, plantas da cultivar XODÓ demonstraram, nestes horários, reduções antecipadas de condutâncias estomáticas em relação à cultivar CNF-480, sugerindo que as diferenças de fechamento estomático entre as duas cultivares parece obedecer a valores críticos de potenciais hídricos da folha, atingidos ao longo de cada dia, num período de estresse;

- encurtamento de 12 dias do ciclo de vida das plantas das duas cultivares do feijoeiro;

- reduções de todos os componentes de produção: plantas da cultivar XODÓ sofreram reduções de 30,1% e 42,6% no número de grãos e peso de grãos por planta, respectivamente. Enquanto, na cultivar CNF-480, o efeito nestes componentes de produção foram, respectivamente, 44,1% e 55,9%. A maior estabilidade aparente de produção apresentada pela cultivar XODÓ, pode ser devido a uma menor diminuição do potencial hídrico foliar durante o estresse hídrico, devido a um maior controle de abertura estomática. Porém a mais produtiva, mesmo com maior percentagem de produção foi a cultivar CNF-480.

Estes resultados confirmam, portanto, que esta característica de sensibilidade estomática, o qual está mais evidente nas superfícies superiores das folhas do feijoeiro, pode ser usada para auxiliar a seleção de cultivares de feijão tolerantes à seca.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, E.; FERERES, E.; HSIAO, T. C.; HENDERSON, D. W., 1979. Diurnal growth trends, water potential and osmotic adjustment of maize and sorghum leaves in the field. *Plant Physiology*, 64:476-80.
- ACEVEDO, E.; HSIAO, T. C.; HENDERSON, D. W., 1971. Immediate and subsequent growth responses of maize leaves to changes in water status. *Plant Physiology*, 48:631-6.
- ACKERSON, R. C. & HEBERT, R. R., 1981. Osmoregulation in cotton in response to water stress. I. Alterations in photosynthesis, leaf conductance, translocation, and ultrastructure, *Plant Physiology*, 67:484-8.
- ALMEIDA, A. A. DE; LOPES, N. F.; OLIVA, M. A.; BARROS, R. S., 1988. Dose de nitrogênio e densidade de luz no crescimento do feijoeiro e na conversão da energia solar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 23(8):849-59.
- ANÁLISES dos principais produtos. *Agroanalysis*, Rio de Janeiro, 33(2):36-55, fevereiro, 1989.

ANUÁRIO Estatístico do Brasil. IBGE, Rio de Janeiro, V.53, p.1-1

- 8-30. 1993.

BENSEN, R. J.; BOYER, J. S.; MULLET, J. E., 1988. Water deficit-induced changes in abscisic acid; growth, polysomes, and translatable RNA in soybean hypocotyls. *Plant Physiology*, 88:289-94.

BERG, V. S. & HSIAO, T. C., 1986. Solar tracking: Light avoidance induced by water stress in leaves of kidney bean seedlings in the field. *Crop Science*, 26(5):980-6.

BERGAMASCHI, H.; VIEIRA, H. J.; ANGELOCCI, L. R.; OMETTO, J. C.; BRUNINI, O., 1991. Efeito de variáveis micrometeorológicas e disponibilidade hídrica no solo sobre resistência estomática à difusão gasosa em feijoeiro. *Turrialba*, 41(4):445-51.

BERGAMASCHI, H.; VIEIRA, H. J.; OMETTO, J. C.; ANGELOCCI, L. R. e LIBARDI, P. 1., 1988. Deficiência hídrica em feijoeiro. 1. Análise de crescimento e fenologia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 23(7):733-43.

BLACK, C. R. & SQUIRE, C. R., 1979. Effecto of atmosphere saturation deficit on the stomatal conductance on Pearl millet (*Pennisetum Typhoideum* S. e H.) and groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Experimental Botany*, 30:935-45.

- BLUM, A., 1974. Genotypic response in sorghum to drought stress. I Response to soil moisture stress. Crop Science, 14:361-4.
- BOYER, J. S., 1970 a. Differing sensitivity of photosynthesis to low leaf water potentials in corn and soybean. Plant Physiology, 46:236-9.
- BOYER, J. S., 1970 b. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potentials. Plant Physiology, 46:233-5.
- BOYER, J. S., 1971 a. Nonstomatal inhibition of photosynthesis in sunflower at low leaf water potential and high light intensities. Plant Physiology, 48:532-6.
- BOYER, J. S., 1971 b. Recovery of photosynthesis in sunflower after a period of low leaf water potential. Plant Physiology, 47:816-20.
- BOYER, J., 1978. Water deficits and plant growth. In: T. T. Kozlowski (Editor), Water Deficits and Plant Growth, Vol. 4. Academic Press. New York, p. 153-90.
- BOYER, J. S., 1982. Plant productivity and environment. Science, 218:443-8.

- BOYER, J. S.; CAVALIERE, A. J.; SCHULZE, E. D., 1985. Control of the rate of cell enlargement: excision, Wall relaxation, and growth induced water potentials. *Planta*, 163:527-43.
- BOYER, J. S.; JOHNSON, R. R.; SAUPE, S. G., 1980. Afternoon water deficits and grain fields in old and new soybean cultivars. *Agronomy Journal*, 72:981-6;.
- BOYER, J. S. & Mc PHERSON, H. C., 1975. Physiology of water deficits in areal crops. *Advances in Agronomy*, 27: 1-23.
- BRAY, R. A. & ZEEVAART, J. A. D., 1986. Transport of ABA apoplastic. *Plant Physiology*, 80(1):105-10.
- BRIGGS, L. J. & SHANTZ, H. L., 1914. Relative water requirement of plants. *Journal of Agriculture Reserach*, 3:1-63.
- BROWN, K. W.; JORDAN, W. R.; THOMAS, J. C., 1976. Water stress induced alteration in the stomatal response to lea water potential. *plant physiology*, 37:1-5.
- BURCJI, G. J.; SMITH, R. C. G.; MASON, W. K., 1978. Agronomic and physiological responses of soybean and sorghum crops to water deficits. II. Crop evaporat ion, soil water depletion and root distribution. *Australian Journal of Plant Physiology*, 5: 169-77.

- CAIXETA, T. J., 1978. Irrigação do feijoeiro. Informe Agropecuário, 4(46):36-40.
- CARLSON, R. E.; MOMEM, N. N.; ARJMAND, O.; SHAW, R. H., 1979. Leaf conductance and leaf-water potential relationships for two soybeans cultivars grown under controlled irrigation. Agronomy Journal, 71:321-5.
- CASTONGUAY, Y. & III MARKHART, A. H., 1992. Leaf gas exchange in water-stressed common bean and tepary bean. Crop Science, 33:980-6.
- CHAVES, M. M., 1991. Effects of water deficits on carbon assimilation. Journal of Experimental Botany, 42:1-16.
- CLELAND, R., 1967. A dual role of turgor pressure in auxin-induced cell elongation in Avena coleoptiles. Planta, 77:182-91.
- CLELAND, R., 1971. Cell wall extension. Annual Review Plant Physiology, 22:197-222.
- CORNISH, K. & ZEEVAART, J. A. D., 1985. Absciscic acid accumulation by roots of Xanthium strumarium L. and Lycopersicon esculentum Mill in relation to water stress. Plant Physiology, 79(3):653-8.

- CORNISH, K. & ZEEVAART, J. A. D., 1986. Absciscic Acid accumulation by in situ and isolated guard cells of *Pisum sativum* L. and *Vicia faba* L. in relation to water stress. *Plant Physiology*, 81(4):1017-21.
- CORTES, P. M. & SINCLAIR, T. R., 1986. Water relations of field-grown soybean under drought. *Crop. Science*, 26(5):993-8.
- COUTO, L., 1979. Effects of water stress on growth, reproductive development, dry matter partitioning and yield components of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the field. *Dissertation abstracts International*, 39(12):56-95.
- CRUZ, J. L.; RAMALHO, M. A. P.; MARTINS, L. A. e PELACAN I. C. R., 1993. Relação entre rendimento, componentes primários de rendimento e parâmetros de enchimento dos grãos de feijoeiro. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 5(2):159-62.
- CUTLER, J. M.; SHAIAN, K. W.; STEPONKUS, P. L., 1980. Influence of water deficits and osmotic adjustment on leaf elongation in rice. *Crops Science*, 20:314-8.
- DA COSTA, R. C. L.; LOPES, N. F.; OLIVA, M. A. e DE BARROS, N. F., 1988. Efeito da água e do nitrogênio sobre a fotossíntese, respiração e resistência estomática em *Phaseolus vulgaris*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 23(12):1371-9.

- DAI, Z.; EDWARDS, G. E. and KU, M. S. B., 1992. Control of photosynthesis and stomatal conductance in *Ricinus communis* L. (Castor bean) by leaf to air vapor pressure deficit. *Plant Physiology*, 99:1426-34.
- DAIE, J. & CAMPBELL, W. F., 1981. Response of tomato plants to stressful temperatures. Increase in abscisic acid concentrations. *Plant Physiology*, 67(1):26-9.
- DAVIES, W. J.; MANSFIELD, T. A. & HETHERINGTON, A. M., 1990. Sensing of water status and the regulation of plant growth and development. *plant cell Environment*, 13:709-19.
- DAVIS, E., 1977. Variation leaf of bean for age *Crop Science*, 17:640-5.
- DEBOUCK, D. G. & HIDALGO, R., 1985. Morfologia de la planta de frijol comum In: *Frijol: Investigación y Producción*(Editado por: M. Lopez, F. FERNANDEZ e A, van SCHOGNHOVEN). CIAT, Colômbia, p. 7-41.
- DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D. L., et al, 1988. Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro. Coleção Rural Nº 2. Itaguaí, Editora Universidade Rural, 179p.

- DUBETZ, S. & MAHALLE, P. S., 1969, Effect of soil water stress on busll bean (*Phaseolus vulgaris* L.) ot three stages of growth. Journal of the American Society for Horticultural Science, 94:479-81.
- EHRLER, W. L. & Van BAUEL, CH.. M., 1968. Leaf diffusion resistance, illuminance, and transpiration. Plant Physiology, 43:208-14.
- FARQUHAR, G. D. & RICHARDS, R. A.. 1984. Isotopic Composition of plant cnrbon correlates with water use officiency of wheat geno types. Australian Journal of Plant Physiology, 11:539-52.
- FEDERICI, C. T.; EHDAIE, B. & WAINES, J. G., 1990. Domesticated and wild tepary bean: fiel performance with and without drought stress. Agronomy Journal, 82:896-900.
- FENG, Y.; LI, X.; BOERSMA, L., 1994. Roles of osmotic adjustment and turgor potential in leaf area expansion. Physiology Plantarum, 90:1-8.
- FERNANDEZ, C. J. & Mc CREE, K. J., 1991. Simulation model for studying dynamics of water flow and water status in plants. Crop Science, 31:391-8.

- FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M., 1985. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. IN: Frijol: Investigación y Producción (Editado por: M. LÓPEZ, F. FERNANDEZ e A. van SCHOONHOVEN) . CIAT , Colômbia, p. 61-79.
- FIEGENBAUM, V.; DOS SANTOS, D. S., MELLO, V. D. C.; FILHO, B. G. S.; TILLMANN, M. A. A.; DA SILVA, J. B., 1991. Influência do déficit hídrico sobre os componentes de rendimento de três cultivares de feijão. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 26(2):275-80.
- FISCHER, R. A., 1973. The relationship of stomatal aperture and guard cell turgor pressure in *Vicia faba*. Journal of Experimental Botany, 24:387-99.
- FISCHER, R. A. & TURNER, N. C., 1978. Plant productivity in the arid and semiarid zones. Annual Review of Plant Physiology, 29:227-317.
- FORSETH, I. & EHRLINGER, J., 1983. Ecophysiology to two solar tracking desert winter annuals.. IV. Effects of leaf orientation on calculated daily carbon gain and water use efficiency. Oecologia, 58: 10-8.
- GOLLAN, T.; TURNER, N. C.; SCHULZE, E. D., 1985. The responses of stomata and leaf gas exchange to vapour pressure deficits and soil water content. III. In the xerophyllous woody species *Nerium oleander*. Oecologia, 65:356-62.

GREEN, P. B., 1968. Growth physics in *Nitella*: a method for continuous in vivo analysis in extensibility based on a micro-manometer technique for turgor pressure. *Plant Physiology*, 43:1169-84.

GUIMARAES, C. M.; STEINMETZ, S.; PORTES, E CASTRO, T. de A., 1982. Uso de microlisímetros na determinação da evapotranspiração do feijoeiro da seca. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão, 1. Goiânia. Anais, p. 133-7.

GUIMARAES, C. M. & PORTES E CASTRO, T. de A., 1982 a.. Sistema radicular do caup(vigna unguiculata L.) Walp.) e profundidade de aplicação de adubo. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Caupi, 1. Resumos. CNPAF, p. 272-4.

GUIMARAES, C. M. & PORTES E CASTRO, T. de A., 1982 b. Sistema radicular do feijoeiro condicionado aos efeitos da profundidade de aplicação e tipo de adubo fosfatado. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão, 1. Anais. EMBRAPA. CNPAF, p. 131-41.

GUNASEKERA, D. & BERKOWITZ, G. A., 1991. Evaluation of heterogenous stomatal closure in leaves of water stressed plants. *Plant Physiology*, 96:105-9.

- GUNASEKERA, D. & BERKOWITZ, G. A., 1992. Heterogenous stomatal closure in response to leaf water deficits is not a universal phenomenon. *Plant Physiology*, 98:660-5.
- HANKS, R. J. & ASHCROFT, G. L., 1976. Physical proprieties of soils. Department of soil science and biometeorology. Logan Utah. 127pp.
- HARTUNG, W.; RADIIIN, J. W.; HENDRIX, D. L., 1988. Absic acid movement into the apoplastic solution of water-stressed cotton leaves. *Plant Physiology*, 86(3):908-13.
- HENNESSEY, T. & FIELD, C. R., 1991. Circadian rhythms in photosynthesis. Oxillations in carbon assimilation and stomatal conductance under constant conditions. *Plant Physiology*, 96:831-6.
- HIRON, R. W. P. & WRIGHT, S. T. C., 1973. The role of endogenous abscisic acid in the response of plant to stress. *Journal of Experimental Rotany*, 24:769-81.
- HORNREGER, C. & WEILER, E. W., 1984. High-affinity binding sites for abscisic acid on the plasmalemma of *Vicia faba* guard cells. *Nature*, 310:321-4.

- HOSTALÁCIO, S. e VÁLIO, I. F. M., 1984. Desenvolvimento de plantas de feijão CV. Goiano Precoce, em diferentes regimes de irrigação. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 19(2):211-8.
- HSIAO, T. C., 1970. Rapid changes in levels of polyribosomes in Zea mays in response to water stress. Plant Physiology, 46:281-8.
- HSIAO, T. C., 1973. Effects of water deficits on guard cell Potassium and stomatal movement. Plant Physiology Supplement, 4:43.
- HSIAO, T. C. & ACEVEDO E. , 1974. Plant responses to water deficits, water use efficiency, and drought resistance. Agricultural Meteorology, 14:59-84.
- HUFFAKER, R. C.; RADIN, T.; KLEINKOPT, G. E.; COX, E. L., 1970. Effects of mild water stress on enzymes of nitrate assimilation and of the carboxylative phase of photosynthesis in barley. Crop Science, 10:471-4.
- IDSO, S. B., 1987. Detection of global carbon dioxide effects. Nature, 329:293.

- IDSO, S. B.; ALLEN, S. G.; KIMBALL, B. A.; CHOUDHURY, B. J., 1989. Problems with porometry: Measuring net photosynthesis by leaf chamber techniques. *Agronomy Journal*, 81:475-9.
- ISQUIERDO, J. A. & HOSFIELD, G. L., 1983. The relationship of seed filling to yield among dry beans with differing architectural forms. *Journal of the American Society Horticultural Science*, 108(1):106-11.
- JACCOUD, A., 1971. Curvas características de umidade dos solos da área. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Itaguaí-RJ, 72p.
- JOHNSON, D. A. & BROWN, R. W., 1977. Psychrometric analysis of turgor pressure response: A possible technique for evaluating plant water stress resistance. *Crop Science*, 17:507-10.
- JOHNSON, D. A. & CALDWELL, M. M., 1976. Water potential components, stomatal function, and liquid phase water transport resistances of four arctic and alpine species in relation to moisture stress. *Physiology Plantarum*, 36:271-8.
- JONES, H. G., 1974. Assessment of stomatal control of plant water status. *New Phytology*, 73:851-9.

- JONES, H. G., 1989. Water stress and stem conductivity. In: Environmental Stress in Plants. Biochemical and Physiologiocal Mechanisms. Edited by J. II. Cherry. NATO AS1 Series, Vol G 19 Springer - Verlag Berlim Heidelberg, p. 17-24.
- JONES, M. M. & TURNEK, N. C., 1978. Osmotic adjustment in leaves of sorghum in response to water deficits. Plant Physiology, 61:122-6.
- KAISER, W. M.; HARTUNG, W., 1981. Uptake and release of abscisic acid by isolated photoautotrophic mesophyll cells, depending on pH gradienl. Plant Physiology, 68:202-6.
- KANEMASU, E. T. & TANNER, C. B., 1969 a. Stomatal diffusion resistance of snap beans. I. Influence of leaf water potential. Plant Physiology, 44:1547-52.
- KANEMASU, E. T. & TANNER, C. B., 1969 b. Stomatal diffusion resistance of snap beans. II. Effect of light. Plant Physiology, 44:1542-6.
- KANO, Y., 1990. Measurement of soil moisture and water potential. In: Measurement Techniques in Plant Science. Academic Press Inc., pp. 165-81.

- KAPLAN, L., 1981. what is the origin of the common bean? Economic Botany, 35(2):240-57.
- KAPLAN, L.; LYNCH, T.; SMITH, C. E., 1973. Early cultivated beans (*Phaseolus vulgaris*) from an intermontane Peruvian Valley. Science, 170:76-7.
- KATTAN, A. A. & FLEMING, J. W., 1956. Effect of irrigation at specific stages of development on yield, quality, growth and composition of snap beans. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, 68:329-42.
- KEMBLE, A. R. & Mac PHERSON, H. G., 1954. Liberation of amino acids in perennial rye-grass during wilting. Biochemistry Journal, 58:46-9.
- KLAR, A. E., 1988. A água no sistema solo-planta-atmosfera. Editora Nobel, 408p.
- KRAMER, P. J., 1963. Water stress and plant growth. Agronomy Journal, 55:31-4.
- KRAMER, P. J., 1969. Plant and soil water relationships. A Modern synthesis. New York. Mc Graw Hill, 492 p.
- KRAMER, P. J., 1990. A brief history of water stress measurement. In: Measurement techniques in Plant Science, (Editor Y. Hashimoto). Academic Press. New York, p. 45-68.

- KRIEDEMANN, P. E.; LOUEYS, B. R.; FULLER, G. L.; LEOPOLD, A. C., 1972. Abscissic acid and stomatal regulation. *Plant Physiology*, 49:842-7.
- KÜPPERS, M.; HALL, A. E.; SCHULZE, E. D., 1982. Effects of day-to-day changes in root temperature on leaf conductance to water vapour and CO₂ assimilation rates of *Vigna unguiculata* L. Walp. *Oecologia*, 52:116-20.
- LARSON, E. M.; HESKETH, J. D.; WOOLEY J. T.; PETERS, D. B., 1981. Seasonal variations in apparent photosynthesis among plant stands of different soybean cultivars. *Photosynthesis Research*, 2: 3-20.
- LEVITT, J., 1972. Responses of plants to environmental stress. Academic Press, New York.
- LIVNE, A. & VAADIA, U., 1972. Water deficits and hormone relations. In: T. T. Koslowski (Editor), *Water Deficits and Plant Growth*, Vol 3. Academic Press. New York, p. 255-72.
- LOCKHART, J. A., 1965. An analysis of irreversible plant cell elongation. *Journal of Theoretical Biology*, 8: 264-75.

- LOUREIRO, B. T.; MACHADO, P. B., DENÍCULI, W. e FERREIRA, P. A., 1990. Efeito de diferentes lâminas de água sobre a produtividade do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ceres*, 37(211):215-26.
- LUDEWIG, M.; DÖRFFLING, K.; SIEFERT, H., 1988. Absciscic acid and water transport in sunflowers. *Planta*, 175:325-33.
- MACHADO, R. C. R.; REINA, A. B.; VIEIRA, C., 1976. Efeito da desidratação osmótica no acúmulo de prolina livre em discos foliares de vinte cultivares de Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, 23(128):302-9.
- MAGALHÃES, A. A. & MILLAR, A. A., 1978. Efeito do déficit de água no período reprodutivo sobre a produção de feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 13(2):55-60.
- MAGALHÃES, A. A.; MILLAR, A. A.; CHOUDHURY, E. N., 1979. Efeito do déficit fenológico de água sobre a produção de feijão. *Turrialba*, 29(4):269-73.
- MAKEEV, A. V.; KRENELEVA, T. E.; MORRONOSOV, A. T., 1992. Photosynthesis and absciscic acid. Review Soviet Plant Physiology, 39(1):118-27.
- MANTOVANI, E. C., 1986. Determinação do coeficiente de cultura para o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado em duas épocas de plantio. Viçosa, UFV, 73p. (Tese de Mestrado).

- MARIN, R. & SILVA, J. V., 1972. Influence de la carence hydrique sur la repartition cellulaire de l'acide ribonucleique foliaire chez le cotonnier. *Physiology Plantarum*, 27: 150-5.
- MARTIN, B. & RUIZ-TORRES, N. A., 1992. Effects of water-deficit stress on photosynthesis, its components and component limitations, and on water use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Physiology*, 100:733-9.
- MATIN, M. A.; BROWN. J. H.; FERGUSON, H., 1989. Leaf water potential, relative water content, and diffusive resistance as screening techniques for drought resistance in barley. *Agronomy Journal*, 31:100-5.
- MATTHEWS, M. A. & BOYER, J. S., 1984. Acclimation of photosynthesis to low leaf water potentials. *Plant Physiology*, 74:161-6.
- MAURER, A. R.; ORMROD, D. P.; SCOTT, N. J., 1969. Effect of five soil water regimes on growth and composition of snap beans. *Canadian Journal of Plant Science*, 49:271-8.
- MEIDNER, H. & MANSFIELD, T. A., 1968. *Physiology of stomata*. Mc Graw-Hill Publishing Company Limited, Maidenhead, Heckshire England, 96p.

- MENGEL, K. & KIRKBY, E. A., 1982. Principles of plant nutrition. 3^a ed. Worbaulen. International Potash Institute, 655p.
- MEYER, R. F. & BOYER, J. S., 1981. Osmoregulation, solute distribution, and growth in soybean seedlings having low water potentials. *Planta*, 151:482-9.
- MILBURN, J. A., 1966. The conduction of sap, I. Water conduction and cavitation in water stressed leaves. *Planta*, 69:34-42.
- MILLAR, A. A. & GARDNER, W. R., 1972. Effect of the soil and plant water potentials on the dry matter production of snap beans. *Agronomy Journal*, 64(5):559-62.
- MIRANDA, N. O. & BELMAR, N. C., 1977. Déficit hídrico frequência de riego em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agricultura Técnica*, 37(3):111-7.
- MOONEY, N. & EHLERINCER, J., 1978. The carbon gain benefits of solar tracking in a desert annual. *Plant Cell Environment*, 1:307-11.
- MORGAN, P. W.; HE, C.; DE Greef, J. A. & DE PROFT, P., 1990. Does water deficit stress promote ethylene synthesis by intact plants? *Plant Physiology*, 94:1616-24.

- MORILLA, C. A.; BOYER, J. S. & HAGERMAN, R. H., 1973. Nitrate Reductase Activity and polyribosomal Content of Corn (*Zea mays* L.) having low leaf water potentials. *Plant Physiology*, 51:817-24.
- MOSS, D. N.; WOOLLEY, J. T.; STONE, J. F., 1974. Plant modification for more efficient water use: The challenge. *Agricultural Meteorology*, 14:311-20.
- MULLER, O.; GRIMME, K.; MEYER, C.; EHLERS, W., 1986. Leaf-water potential and stomatal conductance of field-grown fababeans (*Vicia faba* L.) and oats (*Avena sativa* L.). *Plant & Soil*, 93:17-33.
- MUNNS, R.; RADY, C. J.; BARLOW, E. W. K., 1979. Solute accumulation in the apex and leaves of wheat during water stress. *Australian Journal of Plant Physiology*, 6:379-89.
- NONAMI, H. & BOYER, J. S., 1989. Turgor and growth at low water potential. *Plant Physiology*, 89:798-804.
- OLIVEIRA, M. S., 1987. Efeito do déficit hídrico aplicado em diferentes fases do ciclo fenológico do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). C. V. Eriparza, 60p. (Tese de Mestrado).

- O'TOOLE, J. C.; CROOKSTON, R. K.; THEHARNE, K. J. and OZBUN, J. I., 1976. Mesophyll resistance and carboxylase activity. A comparison under water stress conditions. *Plant Physiology*, 57:465-81.
- O'TOOLE, J. C.; OZABUM, J. I.; WALLACE, D. H., 1977. Photosynthetic response to water stress in *Phaseolus vulgaris*. *Physiologia Plantarum*, 40:111-4.
- PAHLICH, E., 1993. Larcher's definition of plant stress: A valuable principle for metabolic adaptibility research. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 5(2):209-16.
- PALFI, G. & JUHASZ, J., 1971. The theoretical basis and practical application of a new method of Selection for determining water deficiency in plants. *Plant Soil*, 34:503-7.
- PARDOSSI, A.; VERNIERI, P.; TOGNONI, F., 1992. Involvement of abscisic acid in regulating water status in *Phaseolus vulgaris* L. during chilling. *Plant Physiology*, 100: 1243-50.
- PARJOL, L., 1970. Investigation of drought resistance in beans at different growth stages. *Field Crop Abstracts*, 29(11):776.

- PASIN, N. H.; FILHO, B. G. dos S.; DOS SANTOS, D. S. B.; MELLO, V. D. C., 1991. Desempenho de sementes de feijão provenientes de plantas submetidas a déficit hídrico em dois estádios de crescimento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 26(2):83-192.
- PASSIOURA, J. B., 1980. The transport of water from soil to shoot in wheat seedlings. *Journal of Experimental Botany*, 31:333-45.
- PASSIOURA, J. B., 1988. Roots signals control leaf expansion in wheat seedlings growing in drying soil. *Australian Journal Plant Physiology*, 15:687-93.
- PAZZETTI, G. A.; CANO, M. A. O.; RESENDE, M., 1992. Aplicação da termometria por infravermelho a irrigação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Parâmetros fisiológicos. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 4(1):27-31.
- PEREIRA, A. R., 1989. Aspectos fisiológicos da produtividade vegetal. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 1(2):139-42.

- PESCI, P. & REGGIANI, R., 1992. The process of abscisic acid-induced proline accumulation and the levels of polyamines and quaternary ammonium compounds in hydrated barley leaves. *Physiologia Plantarum*, 84:134-9.
- PIMENTEL, C.; JACOB, J. N.; GOI, S. R.; PESSANHA, G. G., 1990. Estresse hídrico em cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. em simbiose com o *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*. *Turrialba*, 40(4):520-9.
- RAGGI, L. A.; BERNARDO, S.; GALVÃO, J. D., 1976. Efeito do turno de rega em três fases do ciclo do feijoeiro. *Seiva Viçosa*, 32(76):34-43.
- RASCHKE, K., 1975. Stomatatal action. *Annual Review Plant Physiology*, 26:309-40.
- RAWLINS, S. L., 1972. Measurement of water content and the state of water in soils. In: T. T. Kozlowski (Editor), *Water Deficits and Plant Growth*, Vol 4. Academic Press. New York, p. 1-55.
- RAV, P. M.; GREEN, P. B.; CLELAND, R., 1972. Role of turgor in plant cell growth. *Nature*, 239:163-4.

- REICHIARDT, K., 1975. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. PIRACICABA, publicação especial do Centro de Energia Nuclear na Agricultura e Fundação Cargill, 401p.
- REICOSKY, D. C. & DEATON, D. E., 1979. Soybean water extraction, leaf water potential and evapotranspiration during drought. *Agronomy Journal*, 71 : 45-50.
- RENA, A. B. & MASCIOTTI, Z., 1976. Efeito do déficit hídrico sobre o metabolismo do nitrogênio e o crescimento de quatro cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, 23(128):288-301.
- ROBINS, J. S. & DOMINGO, C. E., 1956. Moisture deficit in relation to the growth and development of dry beans. *Agronomy Journal*, 48:67-70.
- SALTER, P. J. & GOOD, J. E., 1967. Crop responses to water at different stages of growth. Farnham Royal, CAB. 246p. (Research review 2).
- SANCHEZ-DIAZ, M. F. & KRAMER, P. J., 1971. Behavior of corn and sorghum under water stress and during recovery. *Plant Physiology*, 45:613-6.

- SCHULZE, E. D., 19386 Carbon dioxide and water vapor exchange in response to drought in the atmosphere and in the soil. Annual Review. Plant Physiology, 37:247-74.
- SHAH, C. B. & LOOMLS, R. S., 1965. Ribonucleic acid and protein metabolism in sugar beet during drought. Physiology Plantarum, 18:240-54.
- SHARKEY, T. D., 1984: Transpiration-induced changes in the photosyntheseic capacity of leaves. Planta, 160: 143-50.
- SHARKEY, T. D. & RASCHKE, K., 1980. Effects of phaseic acid and dihydrophaseic acid on stomata and the photosynthetic apparatus. Plant Physiology, 65(2):292-7.
- SHARKEY, T. D. & SEEMANNI, J. R., 1989. Mid water stress effects on carbon-reduction-cycle intermediales, ribulose biphosphate carboxylase activity, and spatial homogeneity of photosynthesis in intact leaves. Plant Physiology, 89: 1060-5.
- SHARP, R. E. & DAVIES, W. J., 1979. Solute regulation and growth by roots and shoots of water-stressed maize plants. Planta, 147:43-9.

- SHAWCROFT, K. W.; LEMON, E. R.; Jr. ALLEN, L. H.; STEWART, D. W.; JENSEN, S. E., 1974. The soil-plant-atmosphere model and some of its predictions. *Agricultural Meteorology*, 14:287-307.
- SILVA, J. V., 1976. Water stress, ultrastructure and enzymatic activity. In: *Water and Plant Life. Ecological Studies. Analysis and Synthesis. Vol 19* (Editorl O. L. Lange, L. kappen e E. D. Schulze). New York, p. 207-14.
- SILVIUS, J. E.; JOHNSON, R. R. & PETERS, D. B., 1977. Effect of water stress on carbon assimilation and distribution in soybean plants at different stages of development. *Crop Science*, 17:717-7.
- SINGH, T. N.; PALEG, L. G. & ASPINALL, D., 1973. Stress metabolism. III. Variations in response to water deficit in the barley plant. *Australian Biology Science*, 26:65-76.
- SIVUKAMAR, M. U. K. & SHAW, R. H., 1975. Relative evaluation of water stress indicators of soybeans. *Agronomy Journal*, 70:619-23.
- SLATYER, R. O., 1967. *Plant-Water relationships*. New York, Academic Press, 366p.

- SMARTT, J., 1978. Evolution and evolutionary problems in food legumes. *Economic Botany*, 34(3):219-35.
- SMIRNOFF, N., 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation, *Transley Review* N° 52. *New Phytology*, 125: 27-58.
- SOLÁ ROVÁ J.; VÁCLAVIR, J.; POSPISILOVÁ, J., 1977, Leaf conduciance and gas exchange trough adaxial and abaxial surfaces in saler stressed primary leaves. *Biologia Plantarum*. 19(1): 59-64.
- STALFEL, M. C., 1955 The stomata as a hydrophotic regulator of rhe water. deficil of the plant. *Physiology Plantarum*, 8:573-93.
- STEWART, C. R., 1972 Effects of proline and carbohydrates on the melabolismo of exogenous proline by excised bean leaves in the dark. *plant Physiology*, 50:551-5.
- SUNDQUIST, E. T., 1987. Paleoclimatology: Ice core links CO₂ to climate *Nature*, 329:389-90.
- TAYLOR, K. M. & KLEPPER, B., 1978. The role of rooting characteristcs in the supply of water to plants. *Advances in Agronomy*, 30:99-128.

- TODD, G. W., 1972. Water deficits and enzymatic activity. In: T. T. Kozlowski(Editor), Water Deficits and Plant Growth. Vol 3. Academic Press. New York, p. 177-216.
- TROUGHTON, J. H., 1969. Plant water status and carbon dioxide exchange of cotton leaves. Australian Journal Biological Science, 22: 289-302.
- TURNER, N. C., 1986. Crop water deficits: a decade of progress. Advances in Agronomy, 39: 1-51.
- TURNER, N. C.; REGG, J. E.; RAWSON, I. H. M.; ENGLISH, S. D.; HEAM, A. B., 1978a. Agronomic and physiological responses of soybean e sorghum crops to water deficits. III. Components of leaf water Potential, leaf conductance, $^{14}\text{CO}_2$ photosynthesis and adaptation to water deficits. Australian Journal of Plant Physiology, 5: 179-94.
- TURNER, N. C.; BEGG J. E.; TONNET, M. L., 1978 b. Osmotic adjustment of sorghum and sunflower crops in response to water deficits and its influence on the water potential at which stomata close. Australian Journal of Plant Physiology, 5:597-608.
- VAADIA, Y.; RANEY, F. C. & JIAGAN, R. M., 1961. Plant water cleficits and physiological processes. Annual Review Plant Physiology, 12:265-92.

- VIEIRA, C., 1970. período crítico de competição entre ervas daninhas e a culturas do feijão. Revista Ceres, Viçosa, 17(94):354-67.
- VIEIRA, C., 1983. Cultura do feijão. 2ª ed. Viçosa. Imprensa Universitária, 146p.
- VIEIRA, II. J.; ANGELOCCI, L. R.; LIBARDI, P. L.; BERGAMASCHI, H., 1989 a. Comportamento de duas variedades de feijoeiro sob dois regimes de disponibilidade hídrica do solo III. Variação do potencial total da água na folha e de seus componentes na variedade Aroana 80. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 24(9):1055-63.
- VIEIRA, II. J.; BERGAMASCHI, H.; ANGELOCCI, L. R.; LIBARDI, P. L., 1989 b. Comportamento de duas variedades de feijoeiro sob dois regimes de disponibilidade hídrica no solo. II. Resistência estomática à difusão de vapor, densidade de fluxo transpiratório e potenciais da água na planta. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 24(9):1045-53.
- VILHORDO, B. W.; BURIN, M. E. & GANDOLFI, V. H., 1988. Morfologia do feijoeiro. In: Cultura do Feijoeiro: Fatores que afetam a produtividade (Editado por Zimmermann et al) POTAFOS, p. 86-123.

- WALDREN, R. P. & TEARE, I. D., 1974. Changes in free proline concentration in sorghum and soybean plants under fields conditions. Crop Science, 14:447-50.
- WHITE, J. W. & CASTILHO, J. A., 1992. Evaluation of diverse shoot genotypes on selected root genotypes of common bean under soil water deficits. Crop Science, 32:762-5.
- WIEBE, H. H. & BROWN, R. W., 1979. Temperature gradient effects on in situ hygrometer measurements of soil water potential. II. Water movement. Agronomy Journal, 71:397-401.
- WIEBE, H. H. & PROSSER, R. J., 1977. Influence of temperature gradients on leaf water potential. Plant Physiology, 59:256-8.
- WOLF, O.; JESCHKE, W. D.; HARTUNG, W., 1990. The possible sites of síntese of ABA. Journal of Experimental Botany, 41(226):593-8.
- WRIGHT, S. T. C., 1989. An increase in the "inhibitor-B" content of delached whent leaves following a period of witing. Planta, 86: 10-20.

YANG, S. J. & DE JONG, E., 1972. Effect of areial environment and soil water potentials on the transpiration and energy status of water in wheat plants. *Agronomy Journal*, 64(5):574-8.

ZIMMERMAN, V., 1978. Physics of turgor and osmoregulation. *Anual Review Plant Physiology*, 29:121-48.

QUADRO 3 - QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA ADAXIAL

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
CULTIVAR	1	1.7772483	1.7772483	5.1601	0.15181
BLOCO	2	0.0911942			
RESÍDUO (A)	2	0.6888459	0.3444229		
PARCELAS	5	2.5572884			
ESTRESS	1	3.3912695	3.3912695	13.5221	0.02214
CUL*EST	1	0.0265557	0.0265557	0.1059	0.03140
RESÍDUO (B)	4	1.0031779	0.2507945		
SUBPARCELAS	11	6.9782914			
HORA	2	30.9674615	15.4837308	83.4474	0.00001
CUL*HOR	2	0.5587562	0.2793781	1.5057	0.04599
EST*HOR	2	2.5974839	1.2987419	6.9994	0.00671
CUL*EST*HOR	2	0.1353200	0.0676600	0.3646	0.70451
RESÍDUO (C)	16	2.9688126	0.1855508		
SUB-PARCELAS	35	44.2061257			
DÍAS	23	320.1494185	13.9195399	70.5563	0.00001
DIA*CUL	23	73.2305966	3.1839390	16.1390	0.00001
DIA*EST	23	26.9885538	1.1734154	5.9479	0.00001
DIA*HOR	46	60.6522490	1.3185272	6.6834	0.00001
DIA*CUL*EST	23	8.9467127	0.3889875	1.9717	0.00493
DIA*CUL*HOR	46	17.1016694	0.3717754	1.8845	0.00078
DIA*EST*HOR	46	15.4019112	0.3348242	1.6972	0.00386
DIA*CUL*EST*HOR	46	9.0485695	0.1967080	0.9971	0.51888
RESÍDUO (D)	552	108.9000739	0.1972827		
TOTAL	863	684.6258804			

MÉDIA GERAL = 1.342123

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (A) = 3.644 %

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (B) = 4.397 %

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (C) = 6.551 %

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (D) = 33.094 %

QUADRO 4 - QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA ABAXIAL

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
CULTIVAR	1	0.1018772	0.1018772	2.1047	0.28460
BLOCO	2	0.0678701			
RESÍDUO (A)	2	0.0968071	0.0484036		
PARCELAS	5	0.2665545			
ESTRESS	1	0.5289570	0.5289570	7.2751	0.02429
CUL*EST	1	0.0852439	0.0852439	1.1724	0.04098
RESÍDUO (B)	4	0.2908326	0.0727081		
SUBPARCELAS	11	1.1715879			
HORA	2	23.2851584	11.6425792	410.4979	0.00001
CUL*HOR	2	0.2810841	0.1405420	4.9553	0.02072
EST*HOR	2	0.1551378	0.0775689	2.7350	0.09383
CUL*EST*HOR	2	0.0516889	0.0258444	0.9112	0.57541
RESÍDUO (C)	16	0.4537935	0.0283621		
SUB-PARCELAS	35	25.3984506			
DIAS	23	74.5319152	3.2405181	85.9223	0.00001
DIA*CUL	23	6.5867112	0.2863787	7.5933	0.00001
DIA*EST	23	3.4619354	0.1505189	3.9910	0.00001
DIA*HOR	46	29.2902792	0.6367452	16.8833	0.00001
DIA*CUL*EST	23	0.4698129	0.0204266	0.5416	0.66115
DIA*CUL*HOR	46	3.4206975	0.0743630	1.9717	0.00038
DIA*EST*HOR	46	2.8890400	0.0628052	1.6653	0.00508
DIA*CUL*EST*HOR	46	2.0083584	0.0436600	1.1576	0.22685
RESÍDUO (D)	552	20.8184077	0.0377145		
TOTAL	863	168.8756081			

MÉDIA GERAL = 0.531201

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (A) = 3.451 %

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (B) = 5.982 %

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (C) = 6.471 %

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (D) = 36.559 %

QUADRO 5 - QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA INTENSIDADE LUMINOSA ADAXIAL

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
CULTIVAR	1	1293.1122686	1293.1122686	0.2196	0.68216
BLOCO	2	3036.4884260			
RESÍDUO (A)	2	11778.0023148	5889.0011574		
PARCELAS	5	16107.6030093			
ESTRESS	1	183196.2511574	183196.2511574	21.5142	0.01101
CUL*EST	1	5415.0104166	5415.0104166	0.6359	0.52651
RESÍDUO (B)	4	34060.5092593	8515.1273148		
SUBPARCELAS	11	238779.3738426			
HORA	2	69645301.8217593	34822650.9108796	2554.5950	0.00001
CUL*HOR	2	171926.4745370	85963.2372685	6.3063	0.00959
EST*HOR	2	86775.3912037	43387.6956018	3.1829	0.06740
CUL*EST*HOR	2	154000.9236111	77000.4618056	5.6488	0.01378
RESÍDUO (C)	16	218102.0555556	13631.3784722		
SUB-PARCELAS	35	70514886.0405093			
DIA	23	45326209.3877315	1970704.7559883	191.7206	0.00001
DIA*CUL	23	1499933.2488426	65214.4890801	6.3444	0.00001
DIA*EST	23	1634104.4432870	71048.0192733	6.9119	0.00001
DIA*HOR	46	28549225.1226851	620635.3287540	60.3787	0.00001
DIA*CUL*EST	23	1639230.5729166	71270.8944746	6.9336	0.00001
DIA*CUL*HOR	46	1008382.5810186	21921.3604569	2.1326	0.00011
DIA*EST*HOR	46	1329706.6643519	28906.6666163	2.8122	0.00001
DIA*CUL*EST*HOR	46	1152229.2430554	25048.4618056	2.4368	0.00001
RESÍDUO (D)	552	5674033.6111112	10279.0463969		
TOTAL	863	158327940.9155093			

MÉDIA GERAL = 828.855350

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (A) = 0.772 %

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (B) = 1.312 %

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (C) = 2.875 %

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (D) = 12.232 %

QUADRO 6 - QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA INTENSIDADE LUMINOSA ABAXIAL

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
CULTIVAR	1	5750.5104167	5750.5104167	15.5134	0.05653
BLOCO	2	304.1759259			
RESÍDUO (A)	2	741.3611111	370.6805556		
PARCELAS	5	6796.0474537			
ESTRESS	1	102.0937500	102.0937500	0.6539	0.53234
CUL*EST	1	935.4178241	935.4178241	5.9916	0.07041
RESÍDUO (B)	4	624.4814815	156.1203704		
SUBPARCELAS	11	8458.0405093			
HORA	2	160064.0092593	80032.0046296	965.1225	0.00001
CUL*HOR	2	1832.5833333	916.2916667	11.0498	0.00125
EST*HOR	2	349.3611111	174.6805556	2.1065	0.15285
CUL*EST*HOR	2	380.0648148	190.0324074	2.2916	0.13199
RESÍDUO (C)	16	1326.7870370	82.9241898		
SUB-PARCELAS	35	172410.8460648			
DIAS	23	195664.0543981	8507.1327999	99.9635	0.00001
DIA*CUL	23	12504.0729167	543.6553442	6.3882	0.00001
DIA*EST	23	2823.4895833	122.7604167	1.4425	0.08399
DIA*HOR	46	110163.6574074	2394.8621176	28.1409	0.00001
DIA*CUL*EST	23	4001.1655093	173.9637178	2.0442	0.00328
DIA*CUL*HOR	46	6479.4166667	140.8568841	1.6551	0.00555
DIA*EST*HOR	46	6083.3055556	132.2457729	1.5540	0.01318
DIA*CUL*EST*HOR	46	5222.9351852	113.5420692	1.3342	0.07444
RESÍDUO (D)	552	46976.5277778	85.1024054		
TOTAL	863	562329.4710648			

MÉDIA GERAL = 59.755787

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (A) = 2.685 %

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (B) = 2.464 %

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (C) = 3.111 %

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (D) = 15.438 %