

PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS: CERRADO  
 AUTORES/AUTHORS: CULTURA DO TRIGO  
 IRRIGAÇÃO  
 SENSORIAMENTO REMOTO TERMAL

AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY:  
 Marco Antonio Raupp  
 Diretor Geral

AUTOR RESPONSÁVEL  
RESPONSIBLE AUTHOR:  
 Rubens A.C. Lamparelli

DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION:  
 INTERNA / INTERNAL  
 EXTERNA / EXTERNAL  
 RESTRITA / RESTRICTED

REVISADA POR / REVISED BY:  
 Getúlio Teixeira Batista

CDU/UDC: 528.711.7:631.587

DATA / DATE: abril 1988

TÍTULO/TITLE	PUBLICAÇÃO Nº PUBLICATION NO: INPE-4461-TDL/318
	USO DA ENERGIA EMITIDA, PARA DETECTAR NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO EM TRIGO, EM CONDIÇÕES DE CERRADO
AUTORES/AUTHORSHIP	Rubens Augusto Camargo Lamparelli

ORIGEM ORIGIN: PG/DPA

PROJETO PROJECT: FRH/SER

Nº DE PAG. NO OF PAGES: 106	ULTIMA PAG. LAST PAGE: 89
VERSÃO VERSION	Nº DE MAPAS NO OF MAPS

RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES

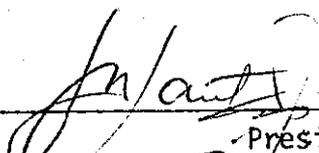
Através da utilização de parâmetros da planta (temperatura radio métrica de dossel -  $T_d$ , resistência aerodinâmica e de dossel) e dados meteorológicos (temperatura do ar -  $T_A$ , radiação líquida global -  $R_n$ , déficit de pressão de vapor no ar -  $\Delta e$ ), que são componentes do índice CWSI, procurou-se demonstrar o uso desta metodologia para identificar o estado da água na planta e detectar necessidade de irrigação. O uso desta metodologia teve como objetivos: a) observar o comportamento da  $T_d$  com os níveis de irrigação; b) verificar a influência de nuvens e vento na  $T_d$ ; c) observar o comportamento do índice (CWSI) como indicador da necessidade de irrigação. O experimento foi realizado no Centro de Pesquisas Agropecuárias dos Cerrados (CPAC) e constituído de três parcelas com os seguintes tratamentos: a) irrigação diária; b) uma única irrigação (no 50º dia após a emergência); c) duas irrigações (no 50º e 60º dias após a emergência), no período do emborrachamento. No intervalo de 30 dias que constitui o experimento foram coletados diariamente, dados de  $T_A$ ,  $T_d$ ,  $R_n$ , velocidade do vento e do potencial de água no solo ( $\psi_s$ ) nos horários de 09:45, 11:00, 13:00, 14:00, 15:00 e 16:00 horas. Os parâmetros da planta (potencial de água na folha -  $\psi_F$ , temperatura da folha -  $T_F$  e resistência estomatal -  $R_s$ ) foram coletados diariamente. Os resultados mostraram que tanto a temperatura de dossel como o índice CWSI tiveram um comportamento de acordo com os tratamentos verificados através dos dados de  $\psi_F$ ,  $T_F$ ,  $R_s$  e  $\psi_s$ . A influência do vento só foi observada na temperatura de dossel em alguns momentos e o aparecimento de nuvens provocou mudanças tanto na temperatura de dossel como no índice CWSI. Só foi possível a análise qualitativa tendo em vista a pouca sensibilidade de alguns sistemas de medida.

OBSERVAÇÕES / REMARKS:  
 Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto aprovada em 09 de setembro de 1987.

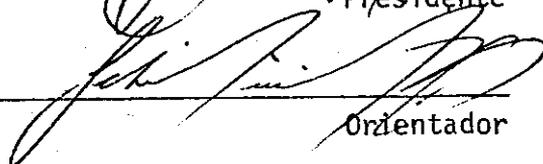


Aprovada pela Banca Examinadora  
em cumprimento a requisito exigido  
para a obtenção do Título de Mestre  
em Sensoriamento Remoto

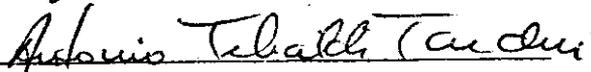
Dr. Jesus Marden dos Santos

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

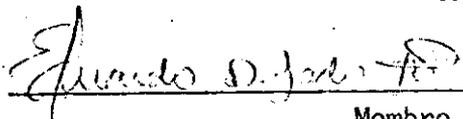
Dr. Getúlio Teixeira Batista

  
\_\_\_\_\_  
Orientador

Engº Agro. Antonio T. Tardin, Mestre

  
\_\_\_\_\_  
Orientador

Dr. Eduardo Delgado Assad

  
\_\_\_\_\_  
Membro da Banca  
-convidado-

Dr. João Vianeí Soares

  
\_\_\_\_\_  
Membro da Banca

Candidato: Rubens Augusto Camargo Lamparelli

São José dos Campos, 09 de setembro de 1987



## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Pesquisas Espaciais por proporcionar condições de realizar este trabalho, e especialmente aos pesquisadores Getúlio Teixeira Batista, Antonio Tebaldi Tardin, José Carlos Neves Epiphanio, Jesus Marden dos Santos, Bernardo Friedrich T. Rudorff, Amauri Montes e Francisco Conde pelas sugestões e discussões.

Ao Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) pelo fornecimento de toda a infraestrutura necessária, durante a fase de coleta de dados e especialmente aos pesquisadores José Madeira da Silva, Juscelino Antonio de Azevedo, Antonio Fernando Guerra e Gustavo da Costa Rodrigues que muito me ajudaram.

À Carborundum S.A. pela sua visão do desenvolvimento científico, que através do Sr. Paulo S. Stoffel (Gerente de Desenvolvimento de Negócios), proporcionou condições financeiras para a realização deste trabalho.

E finalmente a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa.



### ABSTRACT

Through the utilization of plant parameters (radiometric canopy temperature -  $T_d$ , aerodynamic and canopy resistances) and meteorological data (air temperature -  $T_A$ , global net radiation -  $R$ , vapor pressure deficit in air  $\Delta e$ ), which are components of the Index (CWSI), one tries to demonstrate the utility of this methodology to identify the plant water status and detect irrigation necessity. The objectives of this methodology were: a) to observe the  $T_d$  behaviour with irrigation levels; b) to verify cloud and wind influences in the  $T_d$ ; c) to observe the index (CWSI) behaviour, as an indicative irrigation necessity. That experiment was carried out in the Centro de Pesquisas Agropecuárias dos Cerrados (CPAC) and consist of three parcels with the following treatments: a) daily irrigation; b) a unique irrigation (50th day after the seedling growth); c) two irrigations (50th and 60th days after seedling growth), in the booting period. At thirty-day intervals, which consisted the experiment,  $T_A$ ,  $T_d$ ,  $R$ , wind velocity, soil water potential data were daily collected at 09:45, 11:00, 13:00, 14:00, 15:00 and 16:00 hr. The plant parameters (leaf water potential -  $\psi_F$ , leaf temperature -  $T_F$  and stomatal resistance -  $R$ ) were daily collected. The results showed that, as the radiometric canopy temperature as the index CWSI had a behaviour according to the treatments verified through the  $\psi_F$ ,  $T_F$ ,  $R$  and  $\psi$  data. The wind influence was only observed in radiometric canopy temperature and cloud appearing provoked changes as in radiometric canopy temperature as in the index CWSI. It was only possible the qualitative analysis because of the small sensibility of some measure systems.



## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS .....	<i>ix</i>
LISTA DE GRÁFICOS.....	<i>xi</i>
LISTA DE TABELAS .....	<i>xiii</i>
LISTA DE SÍMBOLOS.....	<i>xv</i>
<u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....</u>	<u>1</u>
1.1 - Identificação do problema .....	1
<u>CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....</u>	<u>2</u>
2.1 - Sensoriamento Remoto e Balanço de Energia.....	2
2.2 - Relação ciclo da cultura do trigo e irrigação.....	14
2.3 - Termômetro de radiação infravermelha .....	14
<u>CAPÍTULO 3 - MATERIAL E MÉTODO.....</u>	<u>17</u>
3.1 - Área de estudo.....	17
3.2 - Montagem e Condução do Experimento.....	17
3.3 - Medidas meteorológicas e parâmetros da planta .....	24
3.4 - Temperatura de dossel.....	25
3.4.1 - Princípio de operação .....	28
3.4.2 - Coleta de Medidas .....	28
3.5 - Resumo das variáveis coletadas no campo, na Estação Meteorológica e constantes usadas no índice (CWSI).....	31
<u>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</u>	<u>35</u>
4.1 - Introdução .....	35
4.2 - Resultados .....	35
4.3 - Discussão .....	35
4.3.1 - Comportamento dos parâmetros fisiológicos da planta ( $\psi_F$ , $R_S$ , $T_F$ ) e do solo ( $\psi_S$ ) em relação aos tratamentos.....	45
4.3.2 - Comportamento da temperatura radiométrica de dossel com os tratamentos de água.....	53

	<u>Pág.</u>
4.3.3 - Influência de nuvens e vento na temperatura radiométrica de dossel.....	67
4.3.4 - Comportamento do índice (CWSI) em função dos tratamentos de água.....	68
<u>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES.....</u>	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	83

## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
2.1 - Diagrama de troca de energia para uma folha .....	10
3.1 - Distribuição das parcelas e dos aparelhos na área do experimento.....	20
3.2 - Cronograma .....	22
3.3 - Parcela A - Mini parcela, ponto mais distante do aparelho.	29
3.4 - Parcela A - Mini parcela, ponto mais próximo do aparelho..	29
3.5 - Parcela B - Mini parcela, ponto mais distante do aparelho.	30
3.6 - Parcela B - Mini parcela, ponto mais próximo do aparelho..	30
3.7 - Parcela C - Mini parcela, ponto mais distante do aparelho.	31
4.1 - Balanço de energia no dossel.....	63
4.2 - Balanço de energia, com advecção, no dossel.....	64



## LISTA DE GRÁFICOS

	<u>Pág.</u>
4.1 - Comportamento da temperatura radiométrica de dossel, nas três parcelas, temperatura do ar e velocidade do vento, nos seis horários de coleta de medidas, para o dia 10/07.	55
4.2 - Comportamento da temperatura radiométrica de dossel, nas três parcelas, temperatura do ar e velocidade do vento, nos seis horários de coleta de medidas, para o dia 15/07	56
4.3 - Comportamento da temperatura radiométrica de dossel, nas três parcelas, temperatura do ar e velocidade do vento, nos seis horários de coleta de medidas, para o dia 18/07	57
4.4 - Comportamento da temperatura radiométrica de dossel, nas três parcelas, temperatura do ar e velocidade do vento, nos seis horários de coleta de medidas, para o dia 21/07	58
4.5 - Comportamento da temperatura radiométrica de dossel, nas três parcelas, temperatura do ar e velocidade do vento; nos seis horários de coleta de medidas, para o dia 23/07	59
4.6 - Comportamento da temperatura radiométrica de dossel, nas três parcelas, temperatura do ar e velocidade do vento, nos seis horários de coleta de medidas, para o dia 28/07	61
4.7 - Comportamento da temperatura radiométrica de dossel, nas três parcelas, temperatura do ar e velocidade do vento, nos seis horários de coleta de medidas, para o dia 31/07	62
4.8 - Comportamento do índice, com os tratamentos B e C, em função dos seis horários de coleta de medidas, para o dia 10/07.....	69
4.9 - Comportamento do índice, com os tratamentos B e C, em função dos seis horários de coleta de medidas, para o dia 14/07.....	71
4.10 - Comportamento do índice, com os tratamentos B e C, em função dos seis horários de coleta de medidas, para o dia 18/07.....	72
4.11 - Comportamento do índice, com os tratamentos B e C, em função dos seis horários de coleta de medidas, para o dia 21/07.....	73
4.12 - Comportamento do índice, com os tratamentos B e C, em função dos seis horários de coleta de medidas, para o dia 22/07.....	74

4.13 - Comportamento do índice, com os tratamentos B e C, em função dos seis horários de coleta de medidas, para o dia 23/07.....	75
4.14 - Comportamento do índice, com os tratamentos B e C, em função dos seis horários de coleta de medidas, para o dia 25/07.....	76
4.15 - Comportamento do índice, com os tratamentos B e C, em função dos seis horários de coleta de medidas, para o dia 28/07.....	77
4.16 - Comportamento do índice, com os tratamentos B e C, em função dos seis horários de coleta de medidas, para o dia 31/07.....	79

## LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
3.1 - Resultados da análise de solo da área do experimento - classe textural - argilo arenoso a franco argilo arenoso .....	18
3.2 - Valores de $K_C$ .....	23
3.3 - Características técnicas de Psicrômetro e Radiômetro Líquido .....	26
3.4 - Características técnicas do Porômetro e Bomba de Pressão .....	27
4.1 - Dados que entram, direta e indiretamente, no cálculo do Índice (CWSI) .....	36
4.2 - Parâmetros de medida de estresse hídrico da planta, resistência estomatal ( $R_s$ ) e temperatura da folha ( $T_F$ ) ..	46
4.3 - Parâmetro de medida de estresse hídrico da planta, potencial de água na folha ( $\psi_F$ ) .....	48
4.4 - Potencial de água no solo - $\psi_s$ - [bares] .....	50
4.5 - Valores de potencial de água na folha (bares) em função dos tratamentos (potencial de água no solo) .....	53
4.6 - Relação entre calor latente, calor sensível e radiação líquida .....	66



## LISTA DE SÍMBOLOS

- B - radiação emitida pela vizinhança ( $w/m^2$ )
- Cp - capacidade calorífica do ar - 1010 ( $J/kg^{\circ}C$ )
- E - evaporação ( $kg/m^2.h$ )
- Er - evapotranspiração real ( $kg/m^2.h$ )
- Ep - evapotranspiração potencial ( $kg/m^2.h$ )
- $e_d^*$  - pressão de saturação do vapor em  $T_d$  (Pa)
- $e_A^*$  - pressão de saturação do vapor em  $T_A$  (Pa)
- $e_A$  - pressão atual de vapor do ar (Pa)
- G - fluxo de calor abaixo do dossel ( $w/m^2$ )
- H - fluxo de calor sensível ( $w/m^2$ )
- $\lambda E$  - fluxo de calor latente ( $w/m^2$ )
- $\lambda$  - calor de vaporização da água (Kcal/kg)
- R - radiação emitida - exitância ( $w/m^2$ )
- $R_n$  - radiação líquida ( $w/m^2$ )
- $R_s$  - resistência estomatal (s/cm)
- $r_a$  - resistência aerodinâmica (s/m)
- $r_d$  - resistência do dossel a transferência do vapor (s/m)
- $T_A$  - temperatura do ar ambiente ( $^{\circ}C$ )
- $T_d$  - temperatura radiométrica de dossel ( $^{\circ}C$ )
- $T_F$  - temperatura da folha ( $^{\circ}C$ )
- UR - umidade relativa do ar (%)
- vv - velocidade do vento (m/s)
- $\gamma^*$  - constante psicrométrica em evapotranspiração potencial ( $Pa/^{\circ}C$ )
- $\gamma$  - constante psicrométrica - 66 ( $Pa/^{\circ}C$ )

$\Delta$  - relação entre a pressão de vapor saturado e a diferença de temperatura do dossel e ar ( $\text{Pa}/^{\circ}\text{C}$ )

$\Delta e$  - déficit de pressão de vapor no ar (Pa)

$\epsilon$  - emissividade da superfície

$\rho$  - densidade do ar -  $1,194 \text{ (kg/m}^3\text{)}$

$\delta$  - constante de Stefan-Boltzmann -  $5,669 \times 10^{-8} \text{ (w/m}^2\text{k)}$

$\psi_F$  - potencial de água na folha (bar)

$\psi_S$  - potencial de água no solo (bar)

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

#### 1.1 - IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

O Brasil, um país de grande extensão territorial, aumenta a cada dia a parcela dedicada à produção agrícola. Ao mesmo tempo, cresce a disponibilidade de técnicas capazes de ajudar a manter um padrão de desenvolvimento na produção, que satisfaça as necessidades do país tanto no mercado interno como externo. Nota-se que no crescimento do setor agrícola nacional, tem sido constatada lenta expansão da produtividade média no cultivo das principais lavouras de produção de alimentos básicos, e o aumento das safras tem sido devido à expansão da fronteira agrícola.

Técnicas como adubação, irrigação, e uso de sementes certificadas têm sido implantadas desde muito tempo. As experiências em alguns países mostram que um dos meios de se conseguir ganhos de produtividade é a utilização de irrigação, que reduz a incerteza da colheita devido às chuvas irregulares.

Um dos produtos mais importantes das culturas alimentares, o trigo, apresenta-se inserido no contexto acima. Além de provocar um ônus muito elevado ao país aumentando a dívida externa com sua importação, a sua falta faz com que a população deixe de consumir uma das mais importantes fontes de calorias e proteínas (Johnson, 1977).

O trigo irrigado em locais tritícolas não tradicionais, tem produzido efeitos animadores quanto ao rendimento por área e às possibilidades de sua expansão (Silva, 1982). A disponibilidade da irrigação como uma técnica capaz de contribuir para manter constante a produtividade das culturas agrícolas, independente do regime de chuvas, impulsiona a comunidade científica na procura de métodos que possam identificar as necessidades de água nas culturas, em tempo hábil e a baixo custo.

O monitoramento da disponibilidade de água através de alguns métodos, termogravimétricos, blocos de resistência elétrica, tensiômetro, são onerosos e usados só em escala local.

O sensoriamento remoto é uma ferramenta nova que está disponível para ser aplicada nas mais diversas áreas. Como é uma técnica que possibilita ter acesso a informações rapidamente e a um baixo custo, verifica-se a amplitude do seu uso na solução dos problemas de manejo em grandes áreas permitindo, através de índices próprios, definir as necessidades de água para as plantas.

Sob este contexto e assumindo que a falta de água na planta implicará em um aumento de sua temperatura, propõe-se este trabalho, dentro de um objetivo geral, analisar uma metodologia que utilizando a energia emitida, pelas plantas consegue-se estabelecer a necessidade de irrigação em trigo cultivado na região do cerrado, tendo por base o comportamento do índice "Crop Water Stress Index" (CWSI).

Para uma análise desta metodologia foi necessário levantar alguns objetivos específicos, a saber:

- 1) Observação do comportamento da temperatura radiométrica de dossel em função dos tratamentos de água.
- 2) Verificação da influência do vento e das nuvens nos valores das medidas de temperatura radiométrica de dossel.
- 3) Comportamento do índice (CWSI), como indicador da necessidade de irrigação, nos diversos tratamentos.

## CAPÍTULO 2

### REVISÃO DA LITERATURA

#### 2.1 - SENSORIAMENTO REMOTO E BALANÇO DE ENERGIA

A técnica de sensoriamento remoto está sendo usada como ferramenta de auxílio na detecção da necessidade de irrigação em culturas agrícolas. Ela tem como objetivo adquirir informações a respeito do alvo, sem entrar em contato com este, através de estudo da radiação eletromagnética depois de sua interação com o alvo. Até agora a grandemaioria dos estudos em sensoriamento remoto foi feita utilizando-se energia refletida. Com o lançamento do satélite LANDSAT-5 com o sensor TM, sensível aos comprimentos de ondas correspondentes ao infravermelho termal, torna-se possível estudar a energia emitida pela vegetação, que é função da temperatura e da emissividade do alvo. Muitos trabalhos têm sido feitos, usando esta técnica, com ênfase à irrigação (Sharratt et alii, 1983; Stewart et alii, 1983; Clawson e Blad, 1982; Nixon et alii, 1973).

Um dos problemas para se conseguir um desenvolvimento normal da planta é a disponibilidade d'água no solo. A planta como um organismo vivo e tendo seu desenvolvimento na interface solo-atmosfera, está sujeita a variações que ocorrem tanto num meio quanto no outro.

A planta é muito mais susceptível a alterações hídricas que a alterações térmicas Slatyer (1967a). Segundo Reichardt e Libardi (1976), quando há presença de grande demanda hídrica ou de baixa disponibilidade de água no solo, a planta dispara seu principal mecanismo de controle de perda d'água, que é o fechamento dos estômatos. Esta ação provoca uma série de processos, tais como, queda da atividade fotossintética pelo impedimento da entrada de CO<sub>2</sub> e o aumento da temperatura da folha pela retração do resfriamento evaporativo da água. Dependendo da cultura e das condições de oferta e de demanda de água pelo sistema solo-atmosfera, a temperatura da folha pode ficar acima da temperatura do ar, quando sob efeito de estresse hídrico (Miller e Saunders, 1923; Eaton e Belden, 1929; Raschke, 1960; Epiphanyo, 1983).

Isto levou Tanner (1963) à suposição de que a temperatura da superfície de uma folha pode ser um método de verificação do estado da água na cultura. Em seus experimentos verificou, que as diferenças de temperatura entre folhas do batateiro, estressadas e não estressadas, permitiam uma indicação qualitativa de mudanças na transpiração.

As medidas de temperatura de dossel por contato direto, através de sensores, apresentam muitos problemas, sendo um deles a necessidade de se conseguir uma integração espacial, para se obter uma média (Fuchs e Tanner, 1966). Jackson e Pinter Jr. (1981), afirmam que o método usa somente partes individuais da planta e numerosas amostragens necessárias para caracterizar uma área. Este problema pode ser contornado pelo uso da radiação termal, emitida pelo dossel como um todo.

Em experiências realizadas por Wiegand e Namken (1966) foram encontradas diferenças de temperatura, em folhas do algodoeiro, de 2,5 a 4,5°C sob condições de pouca água e muita água quando o fluxo de radiação solar variou de 200 a 1100 W/m<sup>2</sup>. Já Palmer (1967), achou que temperaturas de folhas do algodoeiro estão a 1°C abaixo da temperatura do ar sob condições normais de umidade de 3 a 4°C mais altas que o ar sob condições de baixa umidade, em regiões semi-áridas da Austrália.

A temperatura de dossel, medida a partir da radiação termal, e sua dependência de variáveis de referência selecionadas (radiação líquida, déficit de pressão de vapor d'água), tem sido usada como base para definir índices de estresse (Aston e van Bavel, 1972; Jackson et alii, 1981). As medidas remotas de temperatura de dossel combinadas com elementos do clima provaram ser um indicador para identificar a necessidade de água no trigo (Jackson et alii, 1977).

Em pesquisas realizadas com ervilha, Clark e Hiler (1973) notaram que a resistência estomatal aumenta com o desenvolvimento do estresse de água, tendo como consequência o aumento da temperatura da folha. Concluíram que a disponibilidade de água na planta, representa uma integração da demanda atmosférica, potencial de água no solo, densidade

e distribuição de raízes. Portanto, para se ter uma verdadeira avaliação do déficit de água, as medidas deveriam ser feitas na folha em vez de serem realizadas no solo ou na atmosfera.

Foram observadas, por Bartholic et alii (1972) que as diferenças de temperatura entre folha e ar eram maiores que  $6^{\circ}\text{C}$ , entre áreas bem e mal supridas de água. As diferenças de temperatura de  $1^{\circ}$  e  $2^{\circ}\text{C}$  foram associadas ao potencial de água de -17 bars na folha, enquanto que maiores diferenças de temperatura foram associadas aos potenciais que variaram de -19 a -24 bars em áreas secas.

A diferença de temperatura entre a folha e o ar pode ser usada como um indicador da necessidade de irrigação (Ehrler, 1973).

Na observação do comportamento da temperatura de dossel em trigo, Ehrler et alii (1978) constataram seu aumento com a diminuição do potencial de água na planta. As diferenças de temperatura de dossel entre plantas irrigadas e não irrigadas tem se mostrado como um real indicador da disponibilidade de água na planta. Já Ehrler et alii (1978a), também em experiências com trigo verificaram variações na diferença de temperatura dossel-ar através de alterações no potencial de água na planta.

Alguns estudos, com genótipos de milho, realizados por Mtui et alii (1981) mostraram que os híbridos apresentam menor temperatura de dossel em função de um maior consumo de água pelas plantas.

O trabalho conduzido por Lucht (1980) com cana-de-açúcar demonstra que diferenças de temperatura, devido ao estresse de água não são tão acentuadas como no trigo. Explica que as características estruturais e fisiológicas da cana não o permitem. A maior largura da folha implica num menor valor de  $r_a$  e possibilita uma transferência convectiva acentuada, dissipando o calor, principalmente, quando a função transpiratória está a nível mínimo de atividade, com os estômatos fechados, na presença de uma deficiência hídrica.

Diferenças maiores que 7<sup>o</sup>C, em temperaturas de dossel, entre áreas estressadas e não estressadas, foram encontradas por Gardner et alii (1981) em estudos com milho. Em áreas irrigadas, o desvio padrão de temperatura de dossel era de 0,3<sup>o</sup>C ao meio dia, mas em áreas não irrigadas chegou a 4,2<sup>o</sup>C. Seus estudos levaram à conclusão que se o desvio padrão nos valores de temperatura da folha exceder 0,3<sup>o</sup>C é uma indicação de que algumas plantas estão experimentando estresse de água. Este procedimento mostra uma necessidade de irrigação.

Para um melhor entendimento do uso da água pela vegetação deve-se conhecer o balanço completo de energia na superfície do vegetal, no qual a evapotranspiração é o maior componente (Sumayao et alii, 1980). O processo pode ser descrito pela equação do balanço de energia (Monteith, 1973):

$$R_n = G + H + \lambda E \quad (2.1)$$

onde:

$R_n$  = radiação líquida ( $W/m^2$ )

$H$  = fluxo de calor sensível do dossel para o ar ( $W/m^2$ )

$\lambda E$  = fluxo de calor latente para o ar ( $W/m^2$ )

$\lambda$  = calor de vaporização da água (kcal/kg)

$G$  = fluxo de calor abaixo do dossel ( $W/m^2$ )

$E$  = evaporação ( $Kg/m^2h$ )

Do total da radiação recebida pela planta Raschke (1960) constatou que só uma parte é absorvida (44 a 88%) e uma pequena porcentagem é emitida na região espectral do infravermelho termal.

A mesma equação é descrita por Slatyer (1967b), baseado-se na teoria de conservação de energia, adicionando as energias utilizadas na fotossíntese e na respiração. Estas energias foram consideradas nulas pelo autor, por serem muito pequenas em relação a  $R_n$ .

As trocas de calor entre dossel e solo também foram consideradas muito pequenas em relação a  $R_n$ , (Slatyer, 1967b e Monteith, 1973) em culturas num estágio avançado de crescimento.

A radiação líquida ( $R_n$ ) pode ser escrita como:

$$R_n = \text{Ganho} - \text{Perda},$$

onde o ganho, no dossel, será a soma da radiação incidente de ondas curtas e longas. A fração perda será a soma da radiação de ondas curtas, refletida e transmitida com a radiação emitida de ondas longas.

A radiação emitida pelo dossel é um mecanismo de dissipação de energia, dependente somente da sua temperatura.

A energia acumulada no dossel ( $R_n$ ) é então cedida ao meio ambiente de duas formas:

a) Na forma de calor sensível (H)

Fluxo de calor transferido: por condução e convecção, é gerado a partir de um gradiente de temperatura entre o dossel e o ar. A transferência de calor sensível ocorrerá, numa camada limite, entre o dossel e o ar, sendo proporcional ao gradiente de temperatura existente e inversamente proporcional à resistência do ar ao de transferência convectiva de massa.

A transferência convectiva de massa pode ser de dois tipos: livre (natural) quando o fluxo é criado unicamente por diferenças de temperatura do ar; e forçado na qual o fluxo é devido ao movimento da massa de ar (o que acontece geralmente a nível de campo em condições de instabilidade atmosférica).

A estimativa do fluxo de calor sensível, na sua forma mais simples pode ser dada pela equação:

$$H = \frac{\rho C_p (T_d - T_A)}{r_a}$$

onde:

$\rho$  = densidade do ar: 1,194 (kg/m<sup>3</sup>)

$C_p$  = capacidade calorífica do ar: 1010 (J/kg<sup>0</sup>C)

$T_d$  = temperatura radiométrica de dossel (°C)

$T_A$  = temperatura do ar ambiente (°C)

$r_a$  = resistência aerodinâmica (s/m)

Para Slatyer (1967c) o valor de  $r_a$  varia de 10 s/m a 300 s/m, para a maioria das folhas, porém, em resposta à falta d'água, a folha dobra ou enrola a superfície que contém a maioria dos estômatos aumentando consideravelmente o valor de  $r_a$ .

Em trabalhos com trigo Jackson et alii (1981), encontraram um valor de  $r_a = 10$  s/m para o dossel, em condições em que a cultura se encontrava madura, totalmente na senescência e sem disponibilidade de água. Enquanto que Wanjura et alii (1984) calcularam para a cultura de algodão  $r_a = 15$  s/m, quando a cultura estava crescendo em solo com boa disponibilidade de água.

b) Na forma de calor latente ( $\lambda E$ ), pela evaporação da água

O fluxo de vapor d'água é uma função da diferença de pressão de vapor em condições de saturação à temperatura de dossel ( $e_d^*$ ) e da pressão atual de vapor no ( $e_A$ ) ar. O fluxo de calor latente pode ser expresso por:

$$\lambda E = \frac{\rho C_p (e_d^* - e_A)}{\gamma (r_a + r_d)} \quad (2.3)$$

onde:

$e_d^*$  - pressão de vapor em condição de saturação em  $T_d$  (Pa)

$e_A$  - pressão atual de vapor no ar (Pa)

$\gamma$  - constante psicrométrica: 66 (Pa/°C)

$r_d$  - resistência do dossel a transferência do vapor (s/m)

Nota-se que duas resistências agem na dissipação do calor, uma na transferência do vapor do dossel para o ar ( $r_d$ ) e outra da camada limite à passagem deste vapor ( $r_a$ ).

A diferença de temperatura entre dossel e ar muda continuamente, porque é função de uma série de mecanismos de troca de energia.

Na Figura 2.1 Slatyer (1967c) mostra como e quando cada um dos mecanismos de transferência de calor age, influenciando na temperatura da planta, devido ao aspecto dinâmico e constante dos fluxos de energia. Descreve os mecanismos de troca de calor em uma folha para várias situações. Em (A) tem-se uma diferença entre a temperatura da folha e do ar igual a zero. Neste caso a emissão e a transpiração, dissipam toda a energia absorvida. No caso (B), o aumento da temperatura resultante do fechamento dos estômatos (transpiração nula), faz com que a emissão e a convecção sejam os processos responsáveis pela eliminação do calor. Em outras situações os 3 mecanismos participam do processo, como em (C). No caso (D), um fluxo de calor sensível acontece do ar para a folha.

Foi determinado por Diaz et alii (1983), que a temperatura de dossel esta bem relacionada com a evapotranspiração no trigo. Hatfield et alii (1984) analisando alguns modelos de evapotranspiração para vários tipos de cultura, no meio oeste dos Estados Unidos, concluíram que o balanço de energia da superfície (culturas agrícolas), tendo como uma das entradas a temperatura de dossel, é um método preciso e seguro de se obter a evapotranspiração real da superfície.

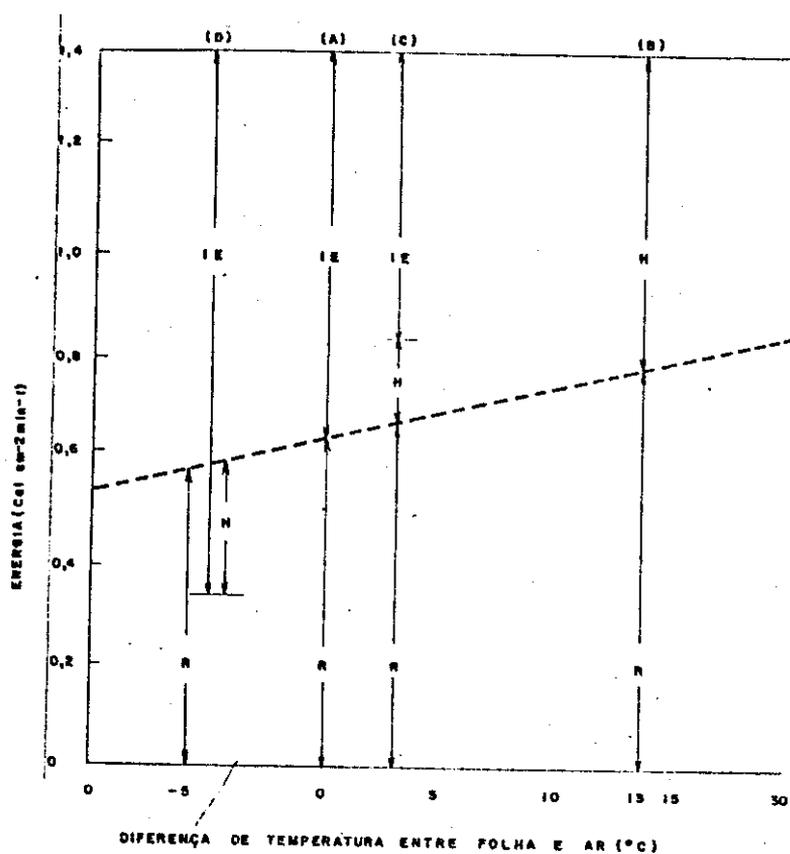


Fig. 2.1 - Diagrama de troca de energia para uma folha com 10 cm de largura a uma temperatura do ar de 25°C e a uma velocidade do vento de 200 cm.seg<sup>-1</sup>. A quantidade de energia incidente na folha é assumida ser 1,4 cal cm<sup>-2</sup> min<sup>-1</sup>.

FONTE: Slatyer (1967c), p. 246.

Muitos pesquisadores têm estudado métodos mais simples de avaliar o estresse de água (Idso et alii, 1977; Jackson et alii, 1977; Gardner et alii, 1981a; Clawson e Blad, 1982), métodos os quais deram origem aos índices, SDD (diferença de temperatura de dossel e ar, após ao meio dia, na hora de máxima insolação), CTV (amplitude de temperaturas encontradas, quando se mede uma área, durante um período particular de medidas), TSD (diferença de temperatura de dossel em uma cultura sob estresse e uma não estressada). Estes índices foram avaliados por Jackson (1982), constatando que a divisão do SDD em positivo (estressado) e negativo (não estressado) não era apropriada para todas as condições am

bientais. O TSD requer que uma área com boas condições de água esteja perto da área de medidas, para servir como padrão. O valor crítico de CTV para ser usado como sinal para irrigação pode ser influenciado pelo grau de variabilidade das propriedades inerentes do solo, dentro do campo.

O mesmo autor, fazendo uma revisão dos parâmetros meteorológicos, do solo e da planta, que são usados como sinal de necessidade de irrigação mostrou que, apesar dos parâmetros do solo e dos meteorológicos indicarem quando as plantas podem estar estressadas, os parâmetros da planta indicam quando, realmente, elas estão estressadas. Parâmetros das plantas, como potencial de água, são medidas pontuais que necessitam de muitas amostras para caracterizar uma área. A temperatura de dossel pode minimizar este problema, na medida em que ela representa o estado global da cultura.

Uma combinação entre balanço de energia e parâmetros aerodinâmicos pode ser usada para prever a evapotranspiração de superfícies naturais (Penman, 1948). Esta pode ser escrita como uma função da radiação líquida e déficit da pressão de vapor (Monteith e Szeicz, 1962) e pode levar a um meio realmente capaz de quantificar o estresse de água na cultura. Jackson et alii (1981), baseando-se neste fato desenvolveram uma metodologia do balanço de energia, Equação (2.1), tendo como entradas, parâmetros aerodinâmicos e meteorológicos, além da temperatura de radiação do dossel, criando um índice chamado de "CROP WATER STRESS INDEX" (CWSI).

Combinando as equações 2.1, 2.2 e 2.3, desprezando o valor de G e definindo  $\Delta$  como a declividade da relação gradiente de pressão de saturação do vapor-gradiente de temperatura  $(e_d^* - e_A^*) / (T_d - T_A)$  (Jackson et alii, 1981; Jackson, 1982), obtêm-se:

$$T_d - T_A = \frac{r_a r_n}{\rho C_p} \cdot \frac{\gamma(1+r_d/r_a)}{\Delta + \gamma(1+r_d/r_a)} - \frac{e_A^* - e_A}{\Delta + \gamma(1+r_d/r_a)} \quad (2.4)$$

O limite superior de  $T_d - T_A$  pode ser calculado da equação 2.4 fazendo  $r_d \rightarrow \infty$  (planta não transpirando).

$$T_d - T_A = r_a R_n / \rho C_p \quad (2.5)$$

E o limite inferior de  $T_d - T_A$  seria derivado da equação 2.4 a partir de  $r_d \rightarrow 0$  (planta sem estresse, agindo como uma superfície livre de água).

$$T_d - T_A = \frac{r_a R_n}{\rho C_p} \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} - \frac{e_A^* - e_A}{\Delta + \gamma} \quad (2.6)$$

Como em condições de campo uma cultura não se comporta como uma superfície livre de um corpo d'água e sim como situação de evapotranspiração potencial, vai existir uma certa resistência que será chamada de resistência do dossel a evapotranspiração potencial ( $r_{dp}$ ). Então da equação (2.6) pode-se definir como  $\gamma^* = \gamma(1 + r_{dp}/r_a)$  em que  $r_d = r_{dp}$  sendo o CWSI dado por:

$$CWSI = 1 - \frac{E_r}{E_p} \frac{\gamma(1 + r_d/r_a) - \gamma^*}{\Delta + \gamma(1 + r_d/r_a)} \quad (2.7)$$

onde:

$E_r$  - Evapotranspiração real

$E_p$  - Evapotranspiração potencial

Quanto maior o CWSI menor é o valor da relação  $E_r/E_p$ , maior o estresse na planta.

Na equação (2.7) entra o valor de  $r_d/r_a$  que foi definido como sendo:

$$\frac{r_d}{r_a} = \frac{\gamma r_a R_n / (\rho C_p) - (T_d - T_A) (\Delta + \gamma) - (e_A^* - e_A)}{\gamma [(T_d - T_A) - r_a R_n / (\rho C_p)]} \quad (2.8)$$

onde, segundo Jackson (1982), o  $r_a$  pode ser avaliado pelo 1º termo do lado direito da equação (2.6) e  $r_{dp}$  pode ser calculado através da equação 2.4 trocando  $r_d$  por  $r_{dp}$ .

Segundo Jackson e Pinter Jr., (1981) o CWSI baseado na temperatura de dossel cresce com o aumento do estresse de água.

Experimentos com trigo realizados por Beliner et alii (1984), mostraram que há claras mudanças na temperatura de dossel associada a mudanças do vento. Estas mudanças poderiam ser devido ao resfriamento do dossel ou a exposição de partes sombreadas.

Jã Fuchs e Tanner (1966) observaram mudanças de  $\pm 0,3^\circ \text{C}$  na temperatura de dossel, as quais foram atribuídas às mudanças de velocidade do vento.

De acordo com Troselt e Rufelt (1984), um dos fatores que influenciam a temperatura de culturas é o vento. Em experiências com groselha preta, no verão de 1980, na Suécia, estes autores verificaram que a temperatura da cultura foi bastante influenciada pela mudança de velocidade do vento. O vento que se manteve a níveis constantes de 2 m/s em quase todo o período de medidas, em um determinado dia chegou a 3,1 m/s, e um pouco mais tarde a 4,8 m/s, provocando uma queda na temperatura das plantas. Concluíram também que diferenças de temperatura entre o solo, a planta e o ar decresceram. Em estudos com milho, Choudhury (1983) observou que com o decréscimo da disponibilidade de água no solo, o CWSI e a diferença de temperatura entre dossel e ar tornam-se mais sensíveis à velocidade do vento.

O mesmo autor e Idso et alii (1981) constataram que variáveis climatológicas podem influenciar na diferença de temperatura do sel-ar. Eles encontraram uma relação quase linear entre a diferença de temperatura dossel-ar com o déficit de pressão de vapor do ar.

## 2.2 - RELAÇÃO CICLO DA CULTURA DO TRIGO E IRRIGAÇÃO

O plantio no Cerrado, está relacionado com o clima e com o regime de chuvas. Identificam-se duas épocas para o plantio: estação das águas (out/nov) que apesar da disponibilidade de água apresenta problemas de moléstias, devido ao excesso de chuvas nos períodos de espigamento e colheita e estação seca (abr/mai) que é caracterizada pela grande evaporação e baixa umidade relativa, chegando a reduzir a presença de doenças e pragas (Espinoza et alii, 1982; Silva, 1982).

A melhor época para o plantio de trigo irrigado, segundo Silva et alii (1980), é de maio a setembro. Lomas citado por Mota (1982) indica que o período de maior exigência de água na cultura do trigo é durante o crescimento dos órgãos florais (emborrachamento, espigamento e floração). O estágio crítico para a planta coincide com a pouca disponibilidade de água no solo e máxima demanda transpiratória (especialmente sob baixa umidade atmosférica).

De acordo com Tubelis e Souza (1982) duas das fases críticas em água da cultura do trigo são, o período entre o perfilhamento e a primeira metade do florescimento, e o outro na segunda metade do florescimento e o início do estágio do grão leitoso. Doorenbos e Kassan (1979) analisando a cultura do trigo em várias condições de clima, mostram que o período do desenvolvimento das espigas, do espigamento e o começo do florescimento é muito sensível à falta d'água.

## 2.3 - TERMÔMETRO DE RADIAÇÃO INFRAVERMELHA

É um radiômetro capaz de medir a temperatura de um alvo sem entrar em contato com este. O instrumento capta a energia emitida do alvo, integrando sob o campo de visada do sensor, e relaciona esta energia "R" com a temperatura de dossel " $T_d$ " segundo a lei de Stefan-Boltzmann:

$$R = \epsilon \sigma T_d^4 \quad (2.9)$$

onde:

$\epsilon$  - é a emissividade da superfície

$\sigma$  - constante de Stefan-Boltzmann:  $5,669 \times 10^{-8} [\text{wm}^{-2}\text{K}^{-4}]$

R - energia emitida (exitância)  $[\text{w}/\text{m}^2]$

$T_d$  - temperatura radiométrica da superfície (dossel)  $[\text{K}]$

A maioria dos aparelhos possui detetores sensíveis aos comprimentos de onda de 8 a 14  $\mu\text{m}$ , pois é este intervalo que contém o comprimento de onda (9,7  $\mu\text{m}$ ) correspondente ao pico máximo de radiação emitida (Exitância) apresentada pela maioria dos alvos terrestres que possuem temperaturas médias próximas a  $300^{\circ}\text{K}$ , além de possuir baixa absorção devido ao teor de vapor d'água da atmosfera. Para Gates (1965) e Idso et alii (1969), a emissividade de folhas neste comprimento de onda, apresenta valores de 0,97 e 0,98 enquanto que a emissividade para o dossel é apresentada por alguns autores, como Jackson (1982), Fuchs e Tanner (1966), Blad e Rosenberg (1976) variando entre 0,95 e 1,00.

A absorção por vapor d'água no intervalo 8 a 14  $\mu\text{m}$  pode ser negligenciada, em medidas de temperatura de superfície, se a distância do alvo for menor que 154 m conforme constatou Lorenz (1968). Este resultado indica que medidas de campo, com termômetro infravermelho, não necessitam ser corrigidas do teor de vapor d'água do ar, especialmente durante a estação seca do Brasil Central onde se verifica um baixo teor de umidade na atmosfera.

Os efeitos da radiação emitida pela vizinhança, e refletida pelo alvo, pode ser somada, segundo Fuchs e Tanner (1966), se a emissividade é constante em todos os comprimentos de onda dentro do intervalo considerado. Berliner et alii (1984), levaram também em consideração que a emissividade era constante no intervalo de 8 a 12,5  $\mu\text{m}$ . Portanto, a radiação que chega no sensor é:

$$R = \epsilon \sigma T^4 + (1 - \epsilon)B. \quad (2.10)$$

B - radiação emitida pela vizinhança,

demais variáveis ver equação 2.9.

A radiação "B" é composta pelo fluxo vindo do céu, do instrumento e seu operador e algum objeto que porventura seja visado pelo sensor. Sob condições de céu claro, "B" pode ser considerado muito pequeno, pelo fato de que emissividade e temperatura referentes ao céu são pequenas no intervalo de 8 a 13  $\mu\text{m}$  (Jackson, 1982).

Segundo Kimes (1980), Kimes et alii (1980), Parson (1985), Kimes (1980a) a temperatura radiométrica de dossel, medida através de um sensor infravermelho termal, não é uma simples medida de temperatura de folhagem. É uma função da estrutura geométrica do dossel, da distribuição vertical da temperatura da folhagem, da temperatura do solo e do ângulo de visada do sensor. Apresenta características não lambertianas, justamente pela complexa quantidade de transferência de energia ocorrendo simultaneamente.

A geometria do dossel é descrita por Jackson (1981) como uma função da densidade inter e intra plantas. Dependendo do ângulo de tomada de medidas e azimute do sol, diferentes categorias (plantas iluminadas, plantas sombreadas, solo iluminado e solo sombreado) estarão no campo de visada do sensor. O autor constatou, em trabalhos com trigo, em diferentes estágios de crescimento, que para vários ângulos a partir do nadir, a temperatura variou em situações em que a cultura se apresentava de modo esparso. Isto sugere que medidas sejam feitas em várias posições com relação ao sol e com boa cobertura de vegetação, se o objetivo final é a temperatura de dossel.

## CAPÍTULO 3

### MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1 - ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi conduzido em área localizada na Estação Experimental do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), no município de Planaltina, Distrito Federal. As coordenadas de sua estação climatológica principal são 15°35'30"S e 47°42'30"W.

O solo do experimento é um Latossolo Vermelho Escuro, textura argilosa, muito profundo, constituído por horizonte A fraco e horizonte B latossólico de textura argilosa rico em sesquióxidos e muito poroso, é distrófico e altamente ácido tendo baixa capacidade de troca de cátions. Apresenta uma reduzida susceptibilidade à erosão e baixa fertilidade natural (EMBRAPA, 1975).

A Tabela 3.1 mostra os resultados da análise do solo da área experimental, feita por técnicos do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC).

A regularidade das chuvas neste período é afetada por um fenômeno chamado "Veranico" que é um ou mais períodos de estiagem. Este fenômeno torna-se ainda mais grave levando-se em conta as características do solo, isto é, baixa capacidade de retenção de água e acidez acentuada devido aos elevados teores de Al.

#### 3.2 - MONTAGEM E CONDUÇÃO DE EXPERIMENTO

A cultura estudada foi o trigo, variedade BR-10 (FORMOSA), desenvolvida no CPAC (Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado).

Foram feitos três tratamentos, de diferentes quantidades de água, aplicados na cultura.

TABELA 3.1

RESULTADOS DA ANÁLISE DE SOLO DA ÁREA DO EXPERIMENTO  
CLASSE TEXTURAL - ARGILO ARENOSO A FRANCO ARGILO ARENOSO

	UNIDADES	5cm	15cm	30cm	45cm	70cm
Densidade Global (Aparente)	g/cm <sup>3</sup>	1,23	1,25	1,11	1,09	1,03
Densidade das Partículas (real)	g/cm <sup>3</sup>	2,62	2,62	2,74	2,77	2,76
Porosidade total	%	53	52	59	61	61
Permeabilidade	mm/hr.	101	53	136	183	119
Retenção de água						
Unidade Volumétrica	cm <sup>3</sup> água/ 100 cm <sup>3</sup> de solo					
Potencial (atm)	0,05	37,2	37	33,1	33,5	34,1
	0,10	35,4	32	31,9	30,6	31,6
	0,33	31,9	31	28,5	27,5	27,5
	0,50	30,2	30	27,2	25,5	26,5
	0,70	28,5	29	26,0	25,0	24,8
	1,00	27,5	28	25,4	24,2	24,0
Granulometria	%					
Areia Grossa		13	13	12	11	11
Areia Fina		36	34	34	35	36
Silte [Limo]		15	10	10	12	12
Argila Total		36	43	44	42	39

Obs.: Valores médios de 12 medidas. Quatro trincheiras com três amostras por profundidade.

FONTE: CPAC - Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados.

A área recebeu adubação de manutenção dividida em:

- incorporação de crotalária por gradagem (aração no dia 24/04/86);
- 633 kg/ha de superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>);
- 166 kg/ha de cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O);
- 40 kg/ha de FTE BR-12 (Micronutrientes) aplicados mecanicamente no dia 12/05/86;
- 30 kg/ha (sulfato de amônia) nos dias 2 e 13/06/86 com aplicação de uma pequena lâmina de água para facilitar a incorporação.

O plantio foi realizado nos dias 19 e 20/05/86, após gradagem, calculado para 450 sementes/m<sup>2</sup> e espaçamentos entre linhas de

17,5 cm. Nos dias 20 e 28/05/86 irrigou-se para facilitar a germinação.

O delineamento experimental foi de três parcelas, sem repetição. A área total em que se realizou o experimento foi de 30.000 m<sup>2</sup> (3 ha), com 300 m de comprimento e 100 m de largura (no sentido do declive).

As medidas propriamente ditas foram realizadas em parcelas úteis de 20 x 10 m, colocadas no meio da área, a qual proporcionava uma bordura de 28.600 m<sup>2</sup>. As parcelas foram espaçadas de 58 m (no sentido do maior lado da área total) e cada uma colocada entre seis aspersores (raio de ação 12 m), sob os quais se realizaram os tratamentos.

A disposição e as dimensões das parcelas em relação a área do experimento, são mostradas na Figura 3.1.

Os dois tratamentos (B e C) com diferentes quantidades de água foram aplicados durante o período de 30 dias, entre o 40<sup>o</sup> e 70<sup>o</sup> dias após a emergência, tido como o período de máxima exigência de água no trigo (Período de Emborrachamento). Até este momento, a cultura nestas duas parcelas, recebeu água toda vez que o tensiômetro colocado a 15 cm de profundidade atingiu 0,65 bar (valor que indica que o solo saiu da capacidade de campo). A quantidade de água aplicada foi a lâmina acumulada da evaporação do tanque classe A (Estação Meteorológica), no período de dias que o tensiômetro levou para atingir 0,65 bar, corrigido com coeficientes de cultura, calculado para o local (Luchiari Jr. e Resende, 1982). O tratamento A, como visava obter evapotranspiração potencial, veio conduzido desde o início do ciclo da cultura.

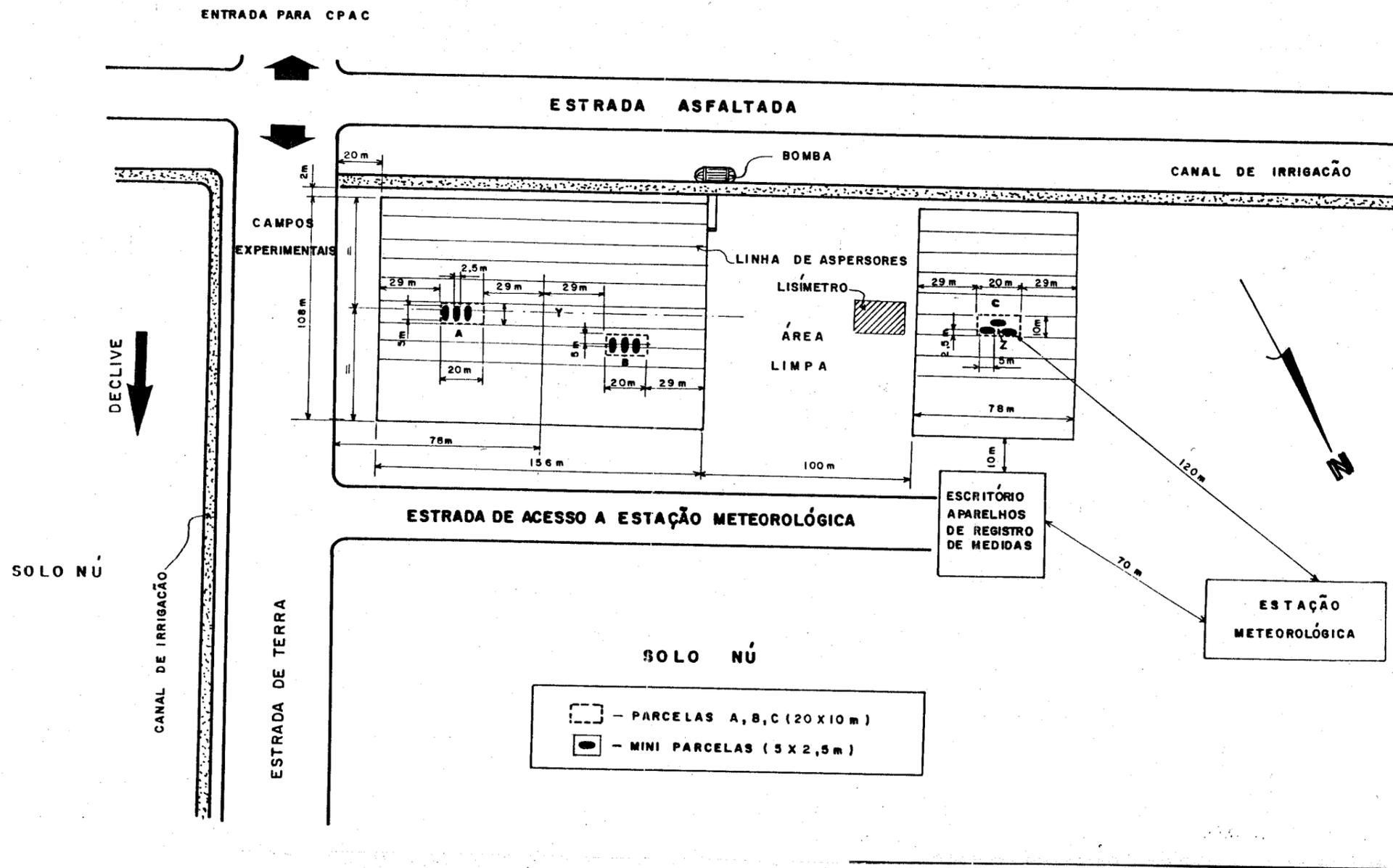


Fig. 3.1 - Distribuição das parcelas e dos aparelhos na área do experimento.

Os tratamentos A, B e C são descritos a seguir:

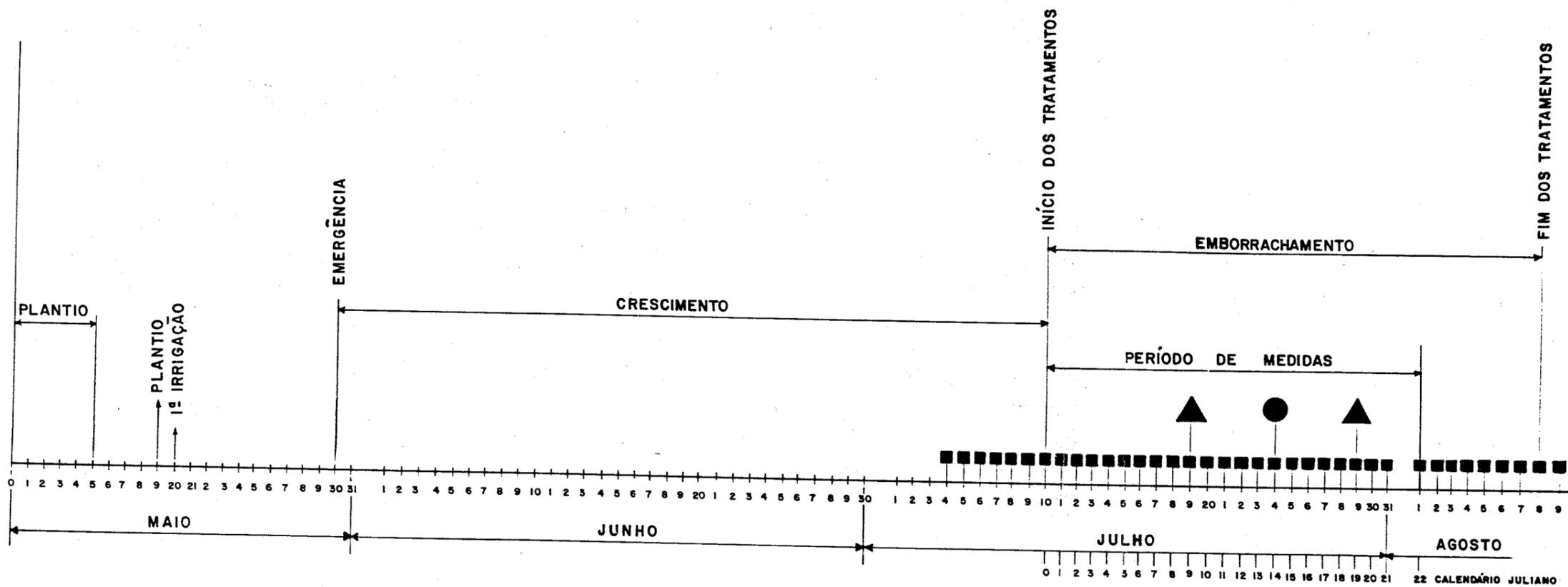
TRATAMENTO A - Irrigação diária. A lâmina d'água a ser aplicada foi calculada através da curva característica (potencial de água no solo versus umidade) do solo local, baseado nas leituras dos tensiômetros instalados a 15, 30 e 45 cm de profundidade.

O potencial de água no solo foi observado, nesta parcela, através de três baterias de tensiômetros colocados de 15 a 120 cm de profundidades com intervalos de 15 cm.

TRATAMENTO B - No período de 30 dias a parcela B recebeu uma irrigação no 55<sup>o</sup> dia após a emergência. A lâmina d'água a ser aplicada foi calculada através da curva característica do solo local, com base nas umidades encontradas através do método termogravimétrico, de três amostras retiradas de 15, 30, 45, 60 e 75 cm de profundidade. O potencial de água no solo desta parcela foi observado através de uma bateria de tensiômetros colocados nas mesmas profundidades da parcela A.

TRATAMENTO C - No período de 30 dias a parcela C recebeu duas irrigações, uma no 50<sup>o</sup> dia e outra no 60<sup>o</sup> dia após a emergência. A lâmina d'água foi calculada da mesma maneira que no tratamento B; e da mesma forma que em B o potencial de água no solo foi observado.

A distribuição dos tratamentos em relação ao ciclo da cultura é mostrada na Figura 3.2 e os valores do coeficiente de cultura, para o trigo, no local do experimento, encontram-se na Tabela 3.2.



CICLO DE CRESCIMENTO DO TRIGO/PERÍODO DE MEDIDAS

LEGENDA	
■	TRATAMENTO A - IRRIGAÇÃO DIÁRIA - PARCELA A
●	TRATAMENTO B - 1 IRRIGAÇÃO - PARCELA B
▲	TRATAMENTO C - 2 IRRIGAÇÕES - PARCELA C

Fig. 3.2 - Cronograma.

TABELA 3.2

VALORES DE  $K_C$

ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO	PERÍODO MÉDIO (DIAS)	$K_C$
I - Estabelecimento	0 - 10	0,4 - 0,5
IIa - Perfilhamento	11 - 23	0,5 - 0,95
IIb - Desenvolvimento Vegetativo	24 - 46	0,95 - 1,05
III - Floração	47 - 62	1,05 - 1,15
IV - Frutificação	63 - 97	1,15 - 0,85
V - Maturação	98 - 105	0,85 - 0,65

FONTE: Luchiari Jr. e Resende (1982)

$K_C$  - Coeficiente de cultura, calculado para o trigo, na área do experimento.

Logo depois do período crítico (do 40º ao 70º dia após a emergência) todas as parcelas voltaram a ser irrigadas igualmente da mesma forma que foi feito antes do início dos tratamentos.

O período de medidas foi iniciado em 10/07 e terminou em 01/08, isto é, 40º e 60º dias após a emergência, respectivamente.

As lâminas de água aplicadas nos tratamentos B e C, assim como as quantidades de chuva ocorridas no período encontram-se discriminadas abaixo:

Irrigação dia 19/07 - Parcela C - Lâmina aplicada = 103,84 mm

Irrigação dia 24/07 - Parcela B - Lâmina aplicada = 110,83 mm

Irrigação dia 29/07 - Parcela C - Lâmina aplicada = 68,36 mm

Chuva do dia 23/07 - 16,3 mm

Chuva do dia 24/07 - 0,9 mm

Chuva do dia 31/07 - 28,0 mm

Chuva do dia 01/08 - 8,9 mm

### 3.3 - MEDIDAS METEOROLÓGICAS E PARÂMETROS DA PLANTA

As medidas meteorológicas foram coletadas no campo de maneira diferente para cada parcela. Na parcela C foi feita coleta de temperatura do ar (bulbo seco e bulbo úmido) através de um psicrômetro automático e da radiação líquida com um radiômetro de abóbada de polietileno. Esses dois aparelhos estavam conectados à estação meteorológica que registrava automaticamente e continuamente suas medidas. Esses aparelhos foram colocados no centro da parcela (ponto Z da Figura 3.1) a uma altura do solo de 1,70 m (radiômetro) e 1,30 m (psicrômetro).

Nas parcelas A e B o psicrômetro foi colocado numa área entre as duas parcelas (ponto Y da Figura 3.1) a uma altura de 1,15 m do solo. Suas medidas foram coletadas nos mesmos horários da temperatura de dossel. O radiômetro líquido usado nessas parcelas foi do tipo ventilado e ficou a uma altura de 1,25 m, na parcela A, e 1,09 m na parcela B. Aqui também os dados eram coletados nos mesmos horários da coleta de temperatura de dossel.

Pelo fato da radiação líquida ter sido coletada por dois aparelhos diferentes optou-se por um procedimento de "calibração relativa" dados de um aparelho para o outro, da seguinte forma: escolheu-se um lugar onde a vegetação estava bem homogênea e crescida efetuando-se as medidas de radiação com os dois aparelhos ao mesmo tempo. De posse da curva descrita pelos dados dos dois aparelhos, coletados nesta área, encontrou-se com o valor de radiação obtida pelo aparelho da parcela C e "transformou-se" através da curva para valores equivalentes aos medidos pelo aparelho das parcelas A e B. Dessa maneira procurou-se uniformizar os dados.

Os dados de velocidade do vento foram coletados na estação meteorológica, situada segundo a Figura 3.1, através de um anemômetro de canecas, a 2 m de altura.

A coleta das medidas de parâmetros da planta foram efetuadas através dos procedimentos, descritos a seguir, que da melhor forma possível indicassem a condição de água na planta.

- . Potencial de água na folha -  $\psi_F$  (bar) - medidas na 1ª folha de cima para baixo (bandeira), pelo método destrutivo, isto é, retirada da planta e levada a bomba de pressão. Foram feitas amostras de 6 folhas coletadas de modo aleatório na parcela e o potencial de água medido. Como não foi possível seguir os mesmos horários da coleta de temperatura de dossel, optou-se por realizar medidas no maior número possível de vezes durante o dia.
- . Resistência Estomatal -  $R_s$  (s/cm) - feita também na folha bandeira, pelo método não destrutivo, isto é, a folha não era tirada da planta. Foram feitas amostradas em 8 folhas e a resistência medida através do porômetro de difusão. Além da resistência o porômetro também indicava a temperatura da folha. Como não foi possível seguir os mesmos horários da coleta de temperatura de dossel, optou-se por realizar medidas no maior número possível de vezes durante o dia.

As características técnicas dos aparelhos usados na coleta de medidas meteorológicas ( $T_A$  e  $R_n$ ) e parâmetros ( $\psi_F$ ,  $T_F$ ,  $R_s$ ) estão nas Tabelas 3.3 e 3.4.

### 3.4 - TEMPERATURA DE DOSSEL

As temperaturas de dossel foram coletadas através do termômetro piroelétrico infravermelho - modelo ER-200 8 (Matsushita Communication Industrial - National). Este radiômetro opera na faixa de 8 a 10  $\mu$ m medindo temperaturas de  $-30^{\circ}$  a  $300^{\circ}$ C. Sua sensibilidade é de  $0,1^{\circ}$ C dentro de um intervalo que vai de  $-10^{\circ}$ C a  $150^{\circ}$ C.

TABELA 3.3

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE PSICRÔMETRO E RADIÔMETRO LÍQUIDO

APARELHOS	CARACTERÍSTICAS	PARCELAS		
		A e B	C	
Psicrômetro	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Marca/Fabricação</li> <li>. Modelo</li> <li>. Intervalo de Medida</li> <li>. Sensibilidade</li> </ul>	Tele-Thermometer/Yellow Springs Instruments 44 TD 0 - 50°C 1,0°C	/Chino R020-10 0 - 60°C 0,5°C	
Radiômetro Líquido	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Marca/Fabricação</li> <li>. Modelo</li> <li>. Intervalo de Medida</li> <li>. Sensibilidade</li> <li>. Precisão</li> </ul>	/Geotech Teledyne TCN 188/01 -2 a +3 mV 1,5 gcal.cm <sup>-2</sup> min <sup>-1</sup> 2%	/Eko Instruments H 221 0,2 a 1,8 cal/cm <sup>2</sup> min 29,1 mV/cal/cm <sup>2</sup> min —	

TABELA 3.4

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PORÔMETRO E BOMBA DE PRESSÃO

APARELHOS	CARACTERÍSTICA
PORÔMETRO	<ul style="list-style-type: none"><li>. Marca - Li-Cor</li><li>. Modelo - Li-700</li><li>. Intervalo de Medidas - 0,5 a 20 s/cm (resistência do aparelhos)/5 - 60°C</li><li>. Precisão - <math>\pm 0,05</math> s/cm/<math>\pm 1^{\circ}\text{C}</math></li></ul>
BOMBA DE PRESSÃO	<ul style="list-style-type: none"><li>. Marca - PMS</li><li>. Modelo - 500-L</li><li>. Intervalo de Medidas - 0 - 40 bars</li><li>. Precisão - 1,5 de 1% da escala total</li></ul>

### 3.4.1 - PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO

Todo objeto à temperatura acima de  $0^{\circ}\text{K}$  emite energia no infravermelho termal, proporcional à quarta potência de sua temperatura. Esta energia emitida é captada pelo aparelho e convergida por uma lente a um detector infravermelho. A carga elétrica de saída do detector é função da mudança no elemento que o constitui devido a incidência de energia. O sinal de saída corresponde a diferença de temperatura entre o alvo e a substância de referência desde que, as energias emitidas pelo alvo e substância de referência estão alternativamente entrando para o detector por meio de um "chopper" de espelho. (Matsushita/National).

### 3.4.2 - COLETA DE MEDIDAS

Como as parcelas, A, B e C eram muito grandes (10 x 20 m) optou-se, para efeito de coleta das medidas de temperatura de dossel, por delimitar três mini parcelas (2,5 x 5,0 m) onde foram coletadas as temperaturas de dossel (Figura 3.1).

O aparelho foi manejado da borda de cada mini parcela, a uma altura de 1,70 m do solo. Para se tirar a medida procedeu-se fazendo um "scanning" (varredura) do dossel de cada mini parcela com 3 medidas a favor do sol e 3 medidas contra, de modo a ter no final uma média; evitando assim que os valores de medidas sô de folhas sombreadas ou sô de folhas expostas diretamente a radiação solar fossem consideradas.

Para se ter uma idéia do nível de cobertura, no momento da coleta das temperaturas de dossel foram obtidas fotografias de uma mini parcela, em cada uma das parcelas A, B e C. As Figuras 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 e 3.7 a seguir mostram o ponto mais distante da posição do aparelho (5 m) e o ponto mais próximo do observador (próxima a seus pés), considerando que o observador está olhando a parcela do menor lado (2,5 m), nas parcelas A e B. Na parcela C devido ao nível de cobertura as mini parcelas foram colocadas de modo inverso as mini parcelas de A e B. Por isso o ponto mais distante, neste caso fica a 2,5 m do observador, con

siderando que este estava colocado no centro do maior lado (5 m). Estas figuras mostram a visão que o aparelho estava tendo no momento da coleta da temperatura radiométrica de dossel.



Fig. 3.3 - Parcela A - Mini parcela, ponto mais distante do aparelho.



Fig. 3.4 - Parcela A - Mini parcela, ponto mais próximo do aparelho.



Fig. 3.5 - Parcela B - Mini parcela, ponto mais distante do aparelho.



Fig. 3.6 - Parcela B - Mini parcela, ponto mais próximo do aparelho.



Fig. 3.7 - Parcela C - Mini parcela, ponto mais distante do aparelho.

Assumiu-se para a emissividade o valor de  $\epsilon = 0,97$ , devido a dificuldade de medi-la em tempo hábil neste experimento. As temperaturas de dossel foram coletadas diariamente nos horários de 09:45, 11:00, 13:00, 14:00, 15:00 e 16:00 horas.

Para se fazer uma verificação do aparelho efetuou-se uma calibração antes de começar as medidas e a outra após o período de medidas (30 dias). Nas duas calibrações as medidas estiveram dentro do intervalo recomendado pelo manual do aparelho (Matsushita Communications Industrial - National).

### 3.5 - RESUMO DAS VARIÁVEIS COLETADAS NO CAMPO, NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA E CONSTANTES USADAS NO ÍNDICE (CWSI)

- a) Variáveis coletadas no campo nos horários de 09:45, 11:00, 13:00, 14:00, 15:00 e 16:00.

	ALTURA DO SOLO (m)		
	PARCELAS		
	A	B	C
1) Radiação líquida ( $R_n$ )	1,25	1,09	1,70
2) Temperatura do ar ( $T_A$ ) bulbo seco e úmido	1,15	1,15	1,30
3) Temperatura de dossel ( $T_d$ )	1,70	1,70	1,70

4) Potencial de água no solo ( $\psi_s$ ) coletados nas profundidades de 15 a 120 cm com intervalos de 15 cm

b) Variáveis coletadas no campo em horários diferentes

1) Potencial de água na folha ( $\psi_F$ ) - amostra 6 folhas

2) Resistência Estomatal ( $R_s$ ) - amostra 8 folhas

3) Temperatura da folha ( $T_F$ ) - amostra 8 folhas

c) Variáveis coletadas na estação meteorológica nos horários de 09:45, 11:00, 13:00, 14:00, 15:00 e 16:00

Temperatura do ar ( $T_A$ )

Umidade relativa (UR)

Velocidade do vento a 2 m de altura (vv)

d) Constantes usadas na metodologia

$\rho$  - densidade do ar - 1,194 kg/m<sup>3</sup>

$\epsilon$  - emissividade - 0,97

$\gamma$  - constante psicrométrica - 66 Pa/°C

$C_p$  - capacidade calorífica do ar - 1010 J/kg°C

Através das fórmulas 2.4, 2.6, 2.7 e 2.8 e das variáveis que entram na composição do índice ( $r_a$ ,  $r_d$ ,  $R_n$ ,  $T_d$ ,  $T_A$ ,  $\Delta$ ,  $\Delta e$ ), teremos os valores do índice CWSI.



## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1 - INTRODUÇÃO

Devido ao grande número de dados coletados, uns envolvidos na formação do Índice (CWSI) e outros necessários à sua análise, este capítulo está apresentado em dois subitens. O primeiro com os resultados e o segundo com a análise dos resultados.

#### 4.2 - RESULTADOS

São apresentados os dados que entram, direta e indiretamente, no cálculo do Índice CWSI. (Tabela 4.1). Esta tabela apresenta a coluna correspondente aos valores de CWSI da parcela A.

Como a parcela encontrava-se, teoricamente, em análises de evapotranspiração potencial a relação  $\frac{ER}{ET}$  tem o valor 1 e o Índice CWSI o valor 0.

#### 4.3 - DISCUSSÃO

A discussão dos resultados é feita em três etapas numa 1ª etapa analisa-se o comportamento dos parâmetros escolhidos para definir o estresse de água na planta ( $\psi_F$ ,  $R_S$ ,  $T_F$ ) e no solo ( $\psi_S$ ) nos tratamentos A, B e C; na 2ª etapa fez-se a análise do comportamento da temperatura de dossel nos três tratamentos e finalmente estuda-se o comportamento do Índice (CWSI) em cada um dos tratamentos.

Para melhor visualização dos dados, aqueles relativos aos blocos 2 e 3, foram colocados na forma de gráficos.

TABELA 4.1

DADOS QUE ENTRAM, DIRETA E INDIRETAMENTE, NO CÁLCULO DO ÍNDICE (CWSI)

PARCELA A

DIA/HORÁRIO	[w/m <sup>2</sup> ] Rn	[°C] Td	[°C] TA	[Pa] e <sup>*</sup> <sub>A</sub>	[Pa] e <sub>A</sub>	[Pa/°C] Δ	[kPa] e <sup>*</sup> <sub>A</sub> -e <sub>A</sub> Δe <sub>A</sub>	Td-TA ΔT	[s/m] ra	[s/m] rdp
10/07 9:45	393	16,1	18,1	2076,0	1642,0	124	0,43	-2,0	17,7	11,2
11:00	723	16,3	20,1	2351,8	1696,0	131	0,66	-3,8	18,9	15,9
13:00	704	19,0	21,6	2579,2	1658,4	147	0,92	-2,6	14,4	3,7
14:00	494	19,4	22,1	2659,2	1701,9	151	0,96	-2,7	21,7	6,1
15:00	418	16,7	22,6	2741,3	1743,5	143	1,00	-5,9	53,9	48,8
16:00	304	14,8	22,1	2259,2	1493,3	134	0,77	-7,3	87,7	97,3
11/07 9:45	380	16,0	18,0	2063,0	1567,9	123	0,50	-2,0	18,2	9,3
11:00	735	17,6	20,1	2351,8	1648,6	136	0,70	-2,5	12,5	5,7
13:00	558	18,7	21,9	2626,9	1678,6	147	0,94	-3,2	22,3	10,4
14:00	304	16,7	22,6	2741,3	1743,5	143	1,00	-5,9	74,1	67,0
15:00	469	19,5	24,0	2983,1	1879,3	160	1,10	-4,5	39,6	28,0
16:00	<del>76</del>	15,9	21,6	2579,2	1563,0	136	1,01	-5,7	276,8	233,2
14/07 9:45	380	14,8	19,6	2280,0	1472,9	124	0,80	-4,8	43,9	36,3
11:00	609	15,5	21,0	2486,1	1541,3	132	0,95	-5,5	32,7	27,7
13:00	647	21,1	23,4	2877,3	1588,3	164	1,30	-2,3	14,9	4,9
14:00	<del>190</del>	<del>17,0</del>	22,7	2758,0	1638,2	144	1,12	-5,7	115,1	93,3
15:00	647	18,2	22,3	2691,8	1596,2	147	1,10	-4,1	24,7	14,0
16:00	342	21,7	24,0	2983,1	1700,4	169	1,28	-2,3	28,9	8,2
15/07 9:45	380	17,2	21,0	2486,1	1665,7	138	0,82	-3,8	37,3	26,6
11:00	571	23,4	22,5	2724,7	1798,3	170	0,92	0,9	6,8	40,8
13:00	761	24,3	25,0	3167,1	1868,6	186	1,30	-0,7	4,2	17,9
14:00	<del>152</del>	<del>16,7</del>	24,5	3073,9	1829,0	150	1,25	-7,8	202,5	195,6
15:00	419	19,1	22,8	2774,8	1714,8	153	1,06	-3,7	35,4	18,8
16:00	<del>38</del>	<del>16,0</del>	23,7	2929,8	1749,0	147	1,18	-6,9	706,6	645,7
16/07 9:45	418	21,5	21,3	2532,3	1678,9	157	0,85	0,2	2,0	52,6
11:00	571	19,2	23,5	2894,7	1722,3	157	1,17	-4,3	30,7	18,4
13:00	609	22,3	25,4	3243,4	1699,5	178	1,54	-3,1	22,7	0,6
14:00	571	22,1	25,5	3262,7	1680,2	177	1,58	-3,4	26,4	1,85
15:00	380	21,2	25,7	3301,6	1706,9	175	1,60	-4,5	52,1	21,7
16:00	190	24,2	25,4	3243,4	1667,1	187	1,57	-1,2	29,2	73,5
17/07 9:45	380	18,9	23,5	2894,7	1722,3	155	1,17	-4,6	48,9	31,9
11:00	609	20,3	25,1	3186,0	1659,9	168	1,52	-4,8	33,7	16,9
13:00	685	20,2	26,5	3461,5	1678,8	174	1,78	-6,3	40,3	26,0
14:00	<del>114</del>	<del>15,4</del>	24,3	3037,3	1558,1	144	1,47	-8,9	299,6	275,5
15:00	<del>76</del>	<del>20,7</del>	24,1	3001,1	1593,5	165	1,41	-3,4	188,8	31,1
16:00	<del>38</del>	<del>15,3</del>	23,0	2808,6	1544,7	139	1,26	-7,7	759,0	688,8

(continua)

Tabela 4.1 - Continuação.

DIA/HORÁRIO	[w/m <sup>2</sup> ] Rn	[°C] Td	[°C] TA	[Pa] e <sub>A</sub>	[Pa] e <sub>A</sub>	[Pa/°C] Δ	[KPa] e <sub>A</sub> -e <sub>A</sub> Δe	Td-TA ΔT	[s/m] ra	[s/m] rdp
18/07 9:45	380	15,1	24,3	3037,3	1558,1	143	1,47	-9,2	92,5	86,4
11:00	571	20,8	25,4	3243,4	1602,5	171	1,64	-4,6	34,9	13,5
13:00	685	24,1	26,4	3441,1	1610,4	192	1,83	-2,3	15,8	13,5
14:00	571	24,2	26,6	3482,0	1518,1	193	1,96	-2,4	19,9	18,2
15:00	418	21,8	26,8	3523,2	1536,1	182	1,98	-5,0	54,2	17,1
16:00	190	15,7	25,5	3262,7	1484,5	150	1,77	-9,8	203,6	180,9
21/07 9:45	380	18,7	23,0	2808,6	1713,3	152	1,09	-4,3	45,0	28,8
11:00	494	22,1	25,0	3167,1	1741,9	175	1,42	-2,9	25,8	0,6
13:00	647	21,9	27,4	3649,5	1875,8	186	1,77	-5,5	39,1	22,4
14:00	571	21,3	27,3	3628,2	1788,7	182	1,84	-6,0	47,6	28,7
15:00	456	23,4	27,8	3735,8	1823,0	195	1,91	-4,4	46,0	12,4
16:00	228	22,3	28,0	3779,6	1776,4	191	2,00	-5,7	117,4	59,3
22/07 9:45	380	20,9	23,2	2842,8	1910,3	163	0,93	-2,3	25,3	4,5
11:00	609	19,5	25,1	3186,0	1819,2	164	1,37	-5,6	38,6	28,2
13:00	685	21,2	27,3	3628,2	1897,6	182	1,73	-6,1	40,3	27,3
14:00	<del>380</del>	<del>19,6</del>	26,6	3482,0	1831,5	171	1,65	-7,0	79,8	62,7
15:00	<del>490</del>	<del>18,0</del>	26,3	3420,9	1789,1	164	1,63	-8,3	183,5	163,4
16:00	<del>76</del>	<del>20,2</del>	25,6	3282,1	1759,2	169	1,52	-5,4	305,0	190,9
23/07 9:45	456	18,7	22,9	2791,6	1951,3	151	0,84	-4,2	36,5	30,2
11:00	609	20,6	24,1	3001,1	1953,7	165	1,04	-3,5	24,2	13,3
13:00	<del>342</del>	19,4	24,9	3148,3	1961,3	164	1,19	-5,5	67,6	55,7
14:00	<del>95</del>	<del>18,9</del>	24,1	3001,1	1863,6	158	1,14	-5,2	224,0	177,2
15:00	<del>414</del>	<del>22,6</del>	25,1	3186,0	1946,7	178	1,23	-2,5	97,8	2,0
16:00	<del>38</del>	<del>22,1</del>	24,1	3001,1	1923,7	171	1,07	-2,0	227,9	47,6
24/07 9:45										
11:00										
13:00	<del>190</del>	<del>20,3</del>	20,0	2337,3	2056,8	147	0,28	0,3	6,1	38,7
14:00	<del>304</del>	<del>16,5</del>	21,0	2486,1	2113,2	136	0,37	-4,5	54,6	65,4
15:00	<del>266</del>	<del>17,1</del>	22,0	2643,0	2220,1	142	0,42	-4,9	70,0	84,1
16:00	<del>30</del>	<del>17,3</del>	21,0	2486,1	2063,4	139	0,42	-3,7	364,7	397,8
25/07 9:45	418	19,9	21,9	2626,9	2390,5	152	0,23	-2,0	19,1	21,3
11:00	761	23,6	24,3	3037,3	2499,7	179	0,54	-0,7	4,1	3,6
13:00	<del>152</del>	<del>20,9</del>	23,7	2929,8	2080,2	164	0,85	-2,8	77,4	41,0
14:00	<del>30</del>	<del>19,9</del>	23,3	2860,0	2067,8	158	0,79	-3,4	366,1	271,8
15:00	<del>30</del>	<del>17,5</del>	21,3	2532,3	2010,4	140	0,52	-3,8	376,4	380,0
16:00	<del>76</del>	<del>16,8</del>	19,8	2308,5	1819,1	132	0,48	-3,0	142,8	126,0

(continua)

Tabela 4.1 - Continuação.

DIA/HORÁRIO	[w/m <sup>2</sup> ] Rn	[°C] Td	[°C] TA	[Pa] e <sup>*</sup> <sub>A</sub>	[Pa] e <sub>A</sub>	[Pa/°C] Δ	[kPa] e <sup>*</sup> <sub>A</sub> -e <sub>A</sub> Δe	Td-TA ΔT	[s/m] ra	[s/m] rdp
28/07 9:45	418	19,7	22,0	2643,0	1506,5	153	1,14	-2,3	22,0	4,2
11:00	647	18,2	24,6	3092,3	1626,6	157	1,47	-6,4	40,3	30,3
13:00	647	20,0	26,5	3461,5	1817,3	173	1,64	-6,5	43,9	32,4
14:00	609	20,9	27,6	3692,4	1868,3	182	1,62	-6,7	49,8	35,5
15:00	456	20,1	27,0	3564,9	1675,5	175	1,88	-6,9	66,6	45,2
16:00	266	20,0	26,7	3502,5	1635,7	174	1,87	-6,7	110,5	72,8
29/07 9:45	418	19,9	24,6	3092,3	1843,0	164	1,24	-4,7	47,3	31,0
11:00	609	20,9	25,9	3341,0	1767,4	174	1,57	-5,0	36,0	19,5
13:00	685	22,6	26,9	3544,0	1839,3	187	1,71	-4,3	29,0	10,0
14:00	609	21,1	27,2	3607,0	1846,7	181	1,76	-3,4	45,2	29,7
15:00	456	24,5	27,9	3757,6	1837,4	201	1,92	-3,4	36,4	3,2
16:00	266	22,4	27,2	3607,0	1774,6	187	1,83	-4,8	83,4	32,6
30/07 9:45	456	20,1	23,2	2842,8	1825,1	159	1,02	-3,1	27,9	11,7
11:00	609	20,6	25,3	3224,2	1976,0	170	1,24	-2,8	33,3	22,7
13:00	685	24,1	26,9	3544,0	2016,5	194	1,53	-2,8	19,4	1,4
14:00	609	21,6	27,8	3735,8	2047,2	186	1,69	-6,2	46,9	34,1
15:00	456	22,0	26,9	3544,0	1981,1	184	1,56	-4,9	49,1	28,2
16:00	<del>38</del>	<del>18,7</del>	24,2	3019,1	1847,7	158	1,17	-5,5	592,3	592,2
31/07 9:45	418	23,6	23,6	2912,2	1834,7	175	1,10	0	*	*
11:00	647	22,7	25,4	3243,4	1861,7	180	1,38	-2,7	18,8	1,1
13:00	685	23,0	25,8	3321,2	1952,9	183	1,36	-2,8	18,6	0,62
14:00	<del>152</del>	<del>18,5</del>	25,5	3262,7	1973,9	162	1,29	-7,0	191,8	177,5
15:00	<del>114</del>	<del>21,6</del>	24,9	3148,3	1948,8	173	1,20	-3,3	126,4	47,7
16:00	<del>76</del>	<del>18,6</del>	23,9	2965,2	1954,1	156	1,01	-5,3	282,9	248,8
01/08 9:45	<del>152</del>	<del>19,2</del>	22,8	2774,8	2108,8	153	0,67	-3,6	94,8	84,1
11:00	609	21,0	24,5	3073,9	2197,8	168	0,87	-3,5	24,6	17,8
13:00	685	22,2	26,7	3502,5	2126,0	184	1,38	-4,5	30,0	18,4
14:00	723	22,8	27,0	3564,9	2103,2	188	1,46	-4,2	27,0	26,9
15:00										
16:00										

CHUVA

(continua)

Tabela 4.1 - Continuação.

PARCELA B

DIA/HORÁRIO	[w/m <sup>2</sup> ] Rn	[°C] Td	[°C] TA	[Pa] e <sub>A</sub>	[Pa] e <sub>A</sub>	[Pa/°C] Δ	Td-TA ΔT	[s/m] ra	[s/m] rd	E/E <sub>P</sub>	CWSI
10/07 9:45	507	16,3	18,1	2076,0	1642,0	124	-1,8	12,3	6,7	1,1	-0,1
11:00	723	18,2	20,1	2351,8	1696,0	139	-1,9	9,8	2,3	1,4	-0,4
13:00	666	18,3	21,6	2579,2	1658,4	145	-3,3	19,1	9,8	0,91	0,09
14:00	723	18,9	22,1	2659,2	1701,9	149	-3,2	17,4	8,1	0,96	0,04
15:00	380	15,5	22,6	2741,3	1743,5	138	-7,1	69,6	68,9	0,93	0,07
16:00	304	13,8	22,1	2259,2	1493,3	130	-8,3	98,0	111,8	0,96	0,04
11/07 9:45	431	16,2	18,0	2063,0	1567,9	124	-1,8	14,5	5,9	1,07	-0,07
11:00	<del>494</del>	18,0	20,1	2351,8	1648,6	139	-2,1	15,9	4,4	1,03	<del>-0,03</del>
13:00	304	19,3	21,9	2626,9	1678,6	150	-2,6	33,8	8,1	1,02	-0,02
14:00	494	17,6	22,6	2741,3	1743,5	146	-5,0	39,2	31,6	1,22	-0,22
15:00	380	17,3	24,0	2983,1	1879,3	151	-6,7	69,9	66,5	0,87	0,13
16:00	<del>444</del>	17,0	21,6	2579,2	1563,0	139	-4,6	151,1	105,6	1,22	<del>-0,22</del>
14/07 9:45	494	16,6	19,6	2280,0	1472,9	131	-3,0	21,9	10,4	1,34	-0,34
11:00	647	18,6	21,0	2486,1	1541,3	143	-2,4	14,1	1,3	1,57	-0,57
13:00	647	21,7	23,4	2877,3	1588,3	167	-1,7	11,2	10,8	0,89	0,11
14:00	<del>190</del>	<del>19,2</del>	22,7	2758,0	1638,2	153	-3,5	73,7	30,6	1,23	<del>-0,23</del>
15:00	609	19,7	22,3	2691,8	1595,2	153	-2,6	17,1	1,0	1,22	-0,22
16:00	380	22,2	24,0	2983,1	1700,4	171	-1,8	20,5	16,0	0,92	0,08
15/07 9:45	437	18,7	21,0	2486,1	1665,7	144	-2,3	20,2	4,7	1,32	-0,32
11:00	571	24,1	22,5	2724,7	1798,3	173	1,6	12,2	40,5	1,00	0,00
13:00	761	26,1	25,0	3167,1	1868,6	180	1,1	6,5	42,2	0,63	0,37
14:00	735	20,1	24,5	3073,9	1829,0	164	-4,4	25,2	15,1	2,75	-1,75
15:00	380	19,1	22,8	2774,8	1714,8	153	-3,7	39,0	20,7	0,99	0,01
16:00	<del>38</del>	<del>16,9</del>	23,7	2929,8	1749,8	149	-6,8	735,1	665,2	0,99	<del>-0,01</del>
16/07 9:45	456	20,3	21,3	2532,3	1678,9	151	-1,3	8,7	12,8	1,96	-0,96
11:00	558	21,2	23,5	2894,7	1722,3	165	-2,3	17,4	2,7	1,24	-0,24
13:00	647	24,7	25,4	3243,4	1699,5	190	-0,7	5,1	26,4	0,44	0,56
14:00	571	21,3	25,5	3262,7	1680,2	174	-4,2	32,3	10,9	0,93	0,07
15:00	380	22,4	25,7	3301,6	1706,9	180	-3,3	39,0	1,24	1,13	-0,13
16:00	228	22,2	25,4	3243,4	1667,1	177	-3,2	62,3	1,08	1,31	-0,31
17/07 9:45	456	19,7	23,5	2894,7	1722,3	158	-3,8	34,1	16,5	1,12	-0,12
11:00	571	22,2	25,1	3186,0	1659,9	176	-2,9	22,5	2,9	1,16	-0,16
13:00	723	23,3	26,5	3461,5	1678,8	188	-3,2	20,5	3,0	1,27	-0,27
14:00	<del>76</del>	<del>17,4</del>	24,3	3037,3	1558,1	152	-6,9	361,6	282,4	1,00	<del>0,00</del>
15:00	<del>76</del>	<del>20,2</del>	24,1	3001,1	1593,5	164	-3,9	215,6	72,7	0,95	<del>0,05</del>
16:00	<del>38</del>	<del>17,8</del>	23,0	2808,6	1544,7	148	-5,2	535,0	354,0	1,16	<del>-0,16</del>

(continua)

Tabela 4.1 - Continuação.

DIA/HORÁRIO	[w/m <sup>2</sup> ] Rn	[°C] Td	[°C] TA	[Pa] e <sub>A</sub>	[Pa] e <sub>A</sub>	[Pa/°C] Δ	Td-TA ΔT	[s/m] ra	[s/m] rd	E/E P	CWSI
18/07 9:45	418	18,7	24,3	3037,3	1558,1	158	-6,5	54,8	34,8	1,23	-0,23
11:00	532	23,2	25,4	3243,4	1602,2	182	-2,2	18,7	14,7	0,98	0,02
13:00	685	22,6	25,4	3441,1	1610,4	184	-3,8	25,3	1,5	1,12	-0,12
14:00	571	26,2	26,6	3482,0	1518,1	203	-0,4	3,4	44,7	0,55	0,45
15:00	418	22,8	26,8	3523,2	1536,1	187	-4,0	44,2	1,4	1,09	-0,09
16:00	266	18,0	25,5	3262,7	1484,5	160	-7,5	116,4	85,8	1,19	-0,19
21/07 9:45	418	21,6	23,0	2808,6	1713,3	164	-1,4	14,1	15,2	1,21	-0,21
11:00	571	24,4	25,0	3167,1	1741,9	189	-0,6	4,9	28,3	0,41	0,59
13:00	647	27,0	27,4	3649,5	1875,8	212	-0,4	3,1	35,2	0,73	0,27
14:00	609	27,5	27,3	3628,2	1788,7	214	-0,2	1,7	71,7	0,45	0,55
15:00	456	26,3	27,8	3735,8	1823,0	211	-0,5	16,7	34,8	0,79	0,21
16:00	228	25,6	28,0	3779,6	1776,4	208	-2,4	52,7	44,0	1,05	-0,05
22/07 9:45	380	21,8	23,2	2842,8	1910,3	166	-1,4	15,6	10,4	0,90	0,10
11:00	571	25,6	25,1	3186,0	1819,2	193	0,5	4,1	58,2	0,60	0,40
13:00	647	27,5	27,3	3628,2	1897,6	214	0,2	1,6	63,5	0,48	0,52
14:00	<del>266</del>	<del>23,6</del>	26,6	3482,0	1831,5	190	-3,0	52,8	6,0	1,26	<del>-0,26</del>
15:00	<del>152</del>	<del>22,1</del>	26,3	3420,9	1789,1	181	-4,2	124,7	42,3	1,24	<del>-0,24</del>
16:00	<del>76</del>	<del>23,0</del>	25,6	3282,1	1759,2	182	-2,6	155,0	43,5	1,23	<del>-0,23</del>
23/07 9:45	532	20,9	22,9	2791,6	1951,3	161	-2,9	15,6	1,85	1,51	-0,51
11:00	647	26,2	24,1	3001,1	1953,7	191	2,1	15,2	39,4	0,72	0,28
13:00	<del>190</del>	23,2	24,9	3148,3	1961,3	180	-1,7	40,2	26,3	1,16	<del>-0,16</del>
14:00	<del>38</del>	<del>22,4</del>	24,1	3001,1	1863,6	173	-1,7	195,3	121,3	1,06	<del>-0,06</del>
15:00	<del>76</del>	<del>24,8</del>	25,1	3186,0	1946,7	188	-0,5	30,5	187,1	0,39	<del>0,61</del>
16:00	<del>38</del>	<del>24,5</del>	24,1	3001,1	1923,7	183	0,5	59,9	699,8	0,30	<del>-0,70</del>
24/07 9:45				CHUVA							
11:00											
13:00	<del>380</del>	<del>18,3</del>	20,0	2337,3	2056,8	139	-1,7	16,8	15,1	1,35	<del>-0,35</del>
14:00	<del>228</del>	<del>18,0</del>	21,0	2486,1	2113,2	141	-3,0	49,8	52,8	1,06	<del>-0,06</del>
15:00	<del>190</del>	<del>20,1</del>	22,0	2643,0	2220,1	154	-1,9	40,2	30,5	1,33	<del>-0,33</del>
16:00	<del>38</del>	<del>17,1</del>	21,0	2486,1	2063,4	138	-3,9	382,5	424,3	0,98	<del>-0,02</del>
25/07 9:45	494	22,2	21,9	2626,9	2390,5	163	0,3	2,5	12,1	1,43	-0,43
11:00	761	23,7	24,3	3037,3	2499,7	179	-0,6	3,5	4,5	0,95	0,05
13:00	<del>152</del>	<del>21,8</del>	23,7	2929,8	2080,2	168	-1,9	53,4	3,9	1,19	<del>-0,19</del>
14:00	<del>76</del>	<del>22,3</del>	23,3	2860,0	2067,8	168	-1,0	56,3	60,3	1,81	<del>-0,81</del>
15:00	<del>76</del>	<del>18,2</del>	21,3	2532,3	2010,4	143	-3,1	155,8	141,4	1,37	<del>-0,37</del>
16:00	<del>38</del>	<del>17,0</del>	19,8	2308,5	1819,1	133	-2,8	268,0	225,8	0,90	<del>-0,10</del>

(continua)

Tabela 4.1 - Continuação.

DIA/HORÁRIO	[w/m <sup>2</sup> ] Rn	[°C] Td	[°C] TA	[Pa] e <sub>A</sub> *	[Pa] e <sub>A</sub>	[Pa/°C] Δ	Td-TA ΔT	[s/m] ra	[s/m] rd	E/E <sub>p</sub>	CWSI
28/07 9:45	456	20,9	22,0	2643,0	1506,5	158	-1,1	9,9	19,8	0,71	0,29
11:00	647	20,3	24,6	3092,3	1626,6	166	-4,3	28,1	11,7	1,17	-0,17
13:00	685	21,7	26,5	3461,5	1817,3	180	-4,8	31,5	15,1	1,13	-0,13
14:00	647	23,6	27,6	3692,4	1868,3	195	-4,0	29,5	6,0	1,24	-0,24
15:00	494	22,1	27,0	3564,9	1675,5	185	-7,9	45,5	16,8	1,15	-0,15
16:00	304	24,2	26,7	3502,5	1635,7	194	-2,5	39,1	26,9	1,25	-0,25
29/07 9:45	494	21,8	24,6	3092,3	1843,0	172	-2,8	24,7	2,5	1,32	-0,32
11:00	647	24,5	25,9	3341,0	1767,4	191	-1,4	10,2	19,0	1,00	0,00
13:00	685	24,1	26,9	3544,0	1839,3	194	-2,8	19,4	5,1	1,05	-0,05
14:00	609	24,7	27,2	3607,0	1846,7	199	-2,5	19,9	10,3	1,21	-0,21
15:00	494	24,1	27,9	3757,6	1837,4	199	-3,8	37,2	2,9	1,00	0,00
16:00	304	25,7	27,2	3607,0	1774,6	205	-1,5	24,4	48,9	0,89	0,11
30/07 9:45	494	22,1	23,2	2842,8	1825,1	168	-1,1	9,5	14,4	0,94	0,06
11:00	609	24,9	25,3	3224,2	1976,0	190	-0,4	3,0	24,7	0,95	0,05
13:00	647	25,0	26,9	3544,0	2016,5	199	-1,9	14,2	11,6	0,85	0,15
14:00	685	25,2	27,8	3735,8	2047,2	205	-2,6	18,8	5,8	1,33	-0,33
15:00	456	22,0	26,9	3544,0	1981,1	184	-4,9	49,0	28,2	1,00	0,00
16:00	<del>0</del>	<del>21,5</del>	24,2	3019,1	1847,7	169	-2,7	muito grande	muito grande	0,97	<del>0,03</del>
31/07 9:45	456	24,0	23,6	2912,2	1834,7	177	0,4	3,9	*	*	*
11:00	609	23,3	25,4	3243,4	1861,7	183	-2,1	15,7	7,8	0,90	0,10
13:00	761	24,3	25,8	3321,2	1952,9	190	-1,5	9,2	11,3	0,77	0,23
14:00	<del>190</del>	<del>19,9</del>	25,5	3262,7	1973,9	168	-5,6	126,0	100,0	1,14	<del>-0,14</del>
15:00	<del>114</del>	<del>22,3</del>	24,9	3148,3	1948,8	180	-1,6	63,0	51,6	0,97	<del>0,03</del>
16:00	<del>114</del>	<del>22,3</del>	23,9	2965,2	1954,1	171	-1,6	60,8	31,3	1,87	<del>-0,87</del>
01/08 9:45	494	<del>21,7</del>	22,8	2774,8	2108,8	164	-1,1	9,4	4,5	3,00	<del>-2,0</del>
11:00	647	21,5	24,5	3073,9	2197,8	170	-3,0	20,0	11,9	1,07	-0,07
13:00	685	23,2	26,7	3502,5	2126,0	189	-3,5	23,8	8,7	1,10	-0,10
14:00	723	24,7	27,0	3564,9	2103,2	198	-2,3	15,3	4,9	1,33	-0,33
15:00											
16:00							CHUVA				

(continua)

Tabela 4.1 - Continuação.

PARCELA C

DIA/HORÁRIO	[W/m <sup>2</sup> ] Rn	[°C] Td	[°C] TA	[Pa] e <sub>A</sub> <sup>*</sup>	[Pa] e <sub>A</sub>	[Pa/°C] Δ	Td-TA ΔT	[s/m] ra	[s/m] rd	E/E <sub>p</sub>	CWSI
10/07 9:45	403	15,1	18,1	2076,0	1642,0	121	-3,0	25,4	23,0	0,88	0,12
11:00	576	16,9	20,1	2351,8	1696,0	134	-3,2	20,3	14,9	1,01	-0,01
13:00	651	16,7	21,6	2579,2	1658,4	139	-4,9	28,2	23,1	0,82	0,18
14:00	572	17,0	22,1	2659,2	1701,9	142	-5,1	33,9	28,2	0,83	0,17
15:00	426	16,2	22,6	2741,3	1743,5	140	-6,4	56,5	53,2	0,98	0,02
16:00	254	15,4	22,1	2259,2	1493,3	136	-6,7	97,4	105,2	0,98	0,02
11/07 9:45	321	15,6	18,0	2063,0	1567,9	122	-2,4	25,7	17,1	0,91	0,09
11:00	<del>494</del>	16,6	20,1	2351,8	1648,6	133	-3,5	25,8	19,1	0,86	<del>0,14</del>
13:00	605	18,2	21,9	2626,9	1678,5	146	-3,7	23,7	14,3	0,95	0,05
14:00	572	17,9	22,6	2741,3	1743,5	147	-4,7	32,0	24,5	1,33	-0,33
15:00	409	18,2	24,0	2983,1	1879,3	154	-5,8	57,0	49,7	0,91	0,09
16:00	<del>41</del>	17,5	21,6	2579,2	1563,0	142	-4,1	380,0	233,7	1,00	<del>0,00</del>
14/07 9:45	461	17,5	19,6	2280,0	1472,9	134	-2,1	16,6	1,03	1,68	-0,68
11:00	595	21,3	21,0	2486,1	1541,3	155	0,3	2,0	41,0	0,72	0,28
13:00	538	23,6	23,4	2877,3	1588,3	175	0,2	1,6	59,8	0,17	0,83
14:00	<del>192</del>	<del>17,8</del>	22,7	2758,0	1638,2	147	-4,9	99,3	70,4	1,06	<del>0,06</del>
15:00	453	22,6	22,3	2691,8	1596,2	166	0,3	2,8	61,3	0,33	0,67
16:00	394	21,5	24,0	2983,1	1700,4	168	-2,5	27,1	4,0	1,05	-0,05
15/07 9:45	413	20,5	21,0	2486,1	1665,7	151	-0,5	4,8	20,3	1,17	-0,17
11:00	586	24,1	22,5	2724,7	1798,3	173	1,6	11,9	39,6	1,02	-0,02
13:00	737	26,9	25,0	3167,1	1868,6	199	1,9	12,5	42,5	0,73	0,27
14:00	685	21,7	24,5	3073,9	1829,0	171	-2,8	17,7	1,78	3,96	-2,96
15:00	449	22,1	22,8	2774,8	1714,8	166	-0,7	6,6	23,1	0,91	0,09
16:00	<del>58</del>	<del>18,0</del>	23,7	2929,8	1749,0	152	-5,7	391,5	315,6	1,20	<del>0,20</del>
16/07 9:45	250	22,4	21,3	2532,3	1678,9	161	1,1	18,2	87,2	0,77	0,23
11:00	459	24,9	23,5	2894,7	1722,2	181	1,4	13,8	63,1	0,60	0,40
13:00	494	26,8	25,4	3243,4	1699,5	200	1,4	13,8	75,3	0,43	0,57
14:00	431	24,6	25,5	3262,7	1680,2	190	-0,9	9,8	37,6	0,52	0,48
15:00	318	24,2	25,7	3301,6	1706,9	189	-1,5	22,0	37,6	0,87	0,13
16:00	174	21,2	25,4	3243,4	1667,1	123	-4,2	83,3	3,8	1,31	-0,31
17/07 9:45	403	20,7	23,5	2894,7	1722,3	163	-2,8	29,1	4,0	1,27	-0,27
11:00	572	25,0	25,1	3186,0	1659,9	190	-0,1	0,82	37,3	0,49	0,51
13:00	672	26,6	26,5	3461,5	1678,8	206	0,1	0,74	63,5	0,43	0,57
14:00	<del>126</del>	<del>19,5</del>	24,3	3037,3	1558,1	161	-4,8	158,0	78,9	1,31	<del>0,31</del>
15:00	<del>38</del>	<del>19,9</del>	24,1	3001,1	1593,5	162	-4,2	460,0	190,0	0,92	<del>0,08</del>
16:00	<del>8</del>	<del>18,8</del>	23,0	2808,6	1544,7	151	-4,4	muito grande	muito grande	0,87	<del>0,13</del>

(continua)

Tabela 4.1 - Continuação.

DIA/HORÁRIO	[w/m²] Rn	[°C] Td	[°C] TA	[Pa] e <sub>A</sub> *	[Pa] e <sub>A</sub>	[Pa/°C] Δ	td-TA ΔT	[s/m] ra	[s/m] rd	E/E P	CWSI
18/07 9:45	384	21,9	24,3	3037,3	1558,1	171	-2,4	27,0	12,5	1,67	-0,67
11:00	538	27,3	25,4	3243,4	1602,2	203	1,9	17,3	73,2	0,59	0,41
13:00	723	27,9	26,4	3441,1	1610,4	212	1,5	10,6	60,2	0,56	0,44
14:00	588	28,0	26,6	3482,0	1518,1	213	1,4	12,1	79,3	0,53	0,47
15:00	474	26,0	26,8	3523,2	1536,1	203	-0,8	8,3	47,9	0,62	0,38
16:00	231	20,9	25,5	3262,7	1484,5	172	-4,6	86,6	25,7	1,46	-0,46
21/07 9:45	432	17,3	23,0	2808,6	1713,3	147	-5,7	51,3	43,0	0,93	0,07
11:00	478	19,0	25,0	3167,1	1741,9	162	-6,0	52,3	38,9	0,83	0,17
13:00	643	21,1	27,4	3649,5	1875,8	184	-6,3	44,7	30,9	0,96	0,04
14:00	571	23,3	27,3	3628,2	1788,7	192	-4,0	33,0	5,8	1,17	-0,17
15:00	418	21,8	27,8	3735,8	1823,0	187	-6,0	66,3	39,0	0,91	0,09
16:00	228	19,7	28,0	3779,6	1776,4	178	-8,3	162,3	120,8	0,91	0,09
22/07 9:45	342	20,1	23,2	2842,8	1910,3	159	-3,1	37,2	19,1	0,90	0,10
11:00	609	22,9	25,1	3186,0	1819,2	179	-2,2	16,2	6,7	1,32	-0,32
13:00	761	23,0	27,3	3628,2	1897,6	191	-4,3	26,5	9,2	1,16	-0,16
14:00	<del>380</del>	<del>19,3</del>	26,6	3482,0	1831,5	170	-7,3	82,8	67,5	0,99	<del>-0,04</del>
15:00	<del>265</del>	<del>18,6</del>	26,3	3420,9	1789,1	166	-7,7	123,0	104,2	1,11	<del>-0,11</del>
16:00	<del>76</del>	<del>19,9</del>	25,6	3282,1	1759,2	168	-5,7	320,7	215,0	0,98	<del>-0,02</del>
23/07 9:45	494	20,2	22,9	2791,6	1951,3	158	-2,7	22,4	10,6	1,23	-0,23
11:00	644	21,0	24,1	3001,1	1953,7	167	-3,1	20,5	8,8	1,10	-0,10
13:00	<del>357</del>	20,7	24,9	3148,3	1961,3	168	-4,2	50,3	31,1	1,12	<del>-0,12</del>
14:00	<del>76</del>	<del>20,0</del>	24,1	3001,1	1863,3	163	-4,1	225,7	138,5	1,04	<del>-0,04</del>
15:00	<del>76</del>	<del>21,1</del>	25,1	3186,0	1946,7	171	-4,0	227,9	123,8	0,88	<del>-0,12</del>
16:00	<del>38</del>	<del>21,0</del>	24,1	3001,1	1923,7	167	-3,1	347,3	138,3	0,93	<del>-0,07</del>
24/07 9:45				CHUVA							
11:00				CHUVA							
13:00	<del>266</del>	<del>17,0</del>	20,0	2337,3	2056,8	134	-3,0	41,2	47,4	0,95	<del>-0,05</del>
14:00	<del>307</del>	<del>18,9</del>	21,0	2486,1	2113,2	145	-2,1	26,4	23,2	1,40	<del>-0,40</del>
15:00	<del>342</del>	<del>19,7</del>	22,0	2634,0	2220,1	152	-2,3	26,8	23,7	1,54	<del>-0,54</del>
16:00	<del>38</del>	<del>17,4</del>	21,0	2486,1	2063,4	139	-3,6	354,8	383,0	1,01	<del>-0,01</del>
25/07 9:45	380	20,5	21,9	2626,9	2390,5	155	-1,4	14,9	14,1	1,11	-0,11
11:00	685	24,2	24,3	3037,3	2499,7	182	-0,1	0,66	10,2	0,47	0,52
13:00	<del>76</del>	<del>19,0</del>	23,7	2929,8	2080,2	157	-4,7	252,0	231,3	0,83	<del>-0,17</del>
14:00	<del>38</del>	<del>19,0</del>	23,3	2860,0	2067,8	155	-4,3	457,0	410,5	0,93	<del>-0,07</del>
15:00	<del>38</del>	<del>18,6</del>	21,3	2532,3	2010,4	145	-2,7	273,9	226,3	1,14	<del>-0,14</del>
16:00	<del>38</del>	<del>16,7</del>	19,8	2308,5	1819,1	132	-3,1	295,1	266,3	0,88	<del>-0,12</del>

(continua)

Tabela 4.1 - Conclusão.

DIA/HORÁRIO	[w/m <sup>2</sup> ] Rn	[°C] Td	[°C] TA	[Pa] e <sub>A</sub> <sup>*</sup>	[Pa] e <sub>A</sub>	[Pa/°C] Δ	td-TA ΔT	[s/m] ra	[s/m] rd	E/E <sub>P</sub>	CWSI
28/07 9:45	456	18,6	22,0	2643,0	1506,5	147	-3,4	29,0	9,6	0,95	0,05
11:00	647	19,0	24,6	3092,3	1626,6	160	-5,6	35,7	23,3	1,05	-0,05
13:00	685	22,1	26,5	3461,5	1817,3	182	-4,4	29,1	11,4	1,17	-0,17
14:00	571	22,3	27,6	3692,4	1868,3	189	-5,3	43,2	22,4	1,07	-0,07
15:00	418	21,5	27,0	3564,9	1675,5	182	-5,5	59,6	29,0	1,06	-0,06
16:00	190	21,2	26,7	3502,5	1635,7	179	-5,5	129,6	62,9	1,02	-0,02
29/07 9:45	456	21,0	24,6	3092,3	1843,0	168	-3,6	33,8	13,6	1,13	-0,13
11:00	647	23,3	25,9	3341,0	1767,4	185	-2,6	18,4	5,9	1,17	-0,17
13:00	685	23,6	26,9	3544,0	1839,3	192	-3,3	22,7	0,04	1,11	-0,11
14:00	571	21,6	27,2	3607,0	1846,7	183	-5,6	44,6	26,0	1,02	-0,02
15:00	418	23,3	27,9	3757,6	1837,4	195	-4,6	52,4	16,9	0,93	0,07
16:00	190	21,8	27,2	3607,0	1774,6	184	-5,4	129,8	66,2	0,94	0,06
30/07 9:45	456	22,4	23,2	2842,8	1825,1	168	-0,8	7,5	20,0	0,82	0,18
11:00	647	21,9	25,3	3224,2	1976,0	175	-3,4	23,1	8,7	1,15	-0,15
13:00	685	23,0	26,9	3544,0	2016,5	189	-3,9	26,5	9,8	1,11	-0,11
14:00	647	21,7	27,8	3735,8	2047,2	187	-6,1	43,6	31,3	0,84	0,16
15:00	494	21,3	26,9	3544,0	1981,1	180	-5,6	51,0	34,8	0,97	0,03
16:00	<del>0</del>	<del>20,2</del>	24,2	3019,1	1847,7	164	-4,0	51,0 muito grande	34,8 muito grande	0,87	<del>0,13</del>
31/07 9:45	418	23,0	23,6	2912,2	1834,7	173	-0,6	6,3	*	*	*
11:00	647	23,6	25,4	3243,4	1861,7	184	-1,8	12,7	10,6	0,84	0,16
13:00	761	23,5	25,8	3321,2	1952,9	186	-2,3	13,9	3,9	0,94	0,06
14:00	<del>152</del>	<del>19,6</del>	25,5	3262,7	1973,9	167	-5,9	165,2	136,9	1,06	<del>-0,06</del>
15:00	<del>114</del>	<del>21,6</del>	24,9	3148,3	1948,8	173	-3,3	126,4	47,7	0,99	<del>0,01</del>
16:00	<del>76</del>	<del>18,5</del>	23,9	2965,2	1954,1	155	-5,4	286,9	254,7	0,99	<del>0,01</del>
01/08 9:45	342	<del>19,4</del>	22,8	2774,8	2108,8	153	-3,7	43,3	39,2	1,24	<del>-0,24</del>
11:00	647	21,5	24,5	3073,9	2197,8	170	-3,0	20,0	11,9	1,07	-0,07
13:00	685	23,3	26,7	3502,5	2126,0	189	-3,4	23,1	7,6	1,11	-0,11
14:00	723	23,6	27,0	3564,9	2103,2	192	-3,4	22,2	5,9	1,22	-0,22
15:00											
16:00											

\* Valores que não são possíveis de se calcular pois ΔT = 0

/ Valores coletados com nuvem

Obs: Todas as variáveis estão citadas no texto.

#### 4.3.1 - COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DA PLANTA ( $\psi_F$ , $R_S$ , $T_F$ ) E DO SOLO ( $\psi_S$ ) EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS

Cada um desses dados foi coletado de maneira e em horários diferentes, pelas próprias características dos aparelhos, que necessitavam de períodos de tempo desiguais para cada leitura. Os parâmetros ( $\psi_F$ ,  $\psi_S$ ,  $R_S$  e  $T_F$ ) estão apresentados nas Tabelas 4.2, 4.3 e 4.4.

Os dados de  $\psi_F$ ,  $\psi_S$ ,  $R_S$  e  $T_F$  relativos à parcela A, que recebeu água todos os dias, variaram de 8,0 a 19,0 bares. 0,02 a 0,10 bar (nos primeiros 15 cm), 1,20 a 3,20 s/cm e 20,0 a 28,0°C, respectivamente, sendo que os menores valores foram registrados no dia 24/07.

A parcela C, irrigada pela primeira vez no dia 19/07, teve seus valores de potencial de água na folha variando de 15,0/20,0 bares (10/07) a 21,0/22,0 bares (18/07). Como a planta não responde, de imediato, ao tratamento verifica-se uma diminuição dos valores só a partir do dia 22/07, atingindo um mínimo, no dia 24/07 (9,0/17,0 bares). A apresentou então uma nova elevação onde atingiu 16,0/21,0 bares no dia 29/07. Nesta data foi realizada nova (2ª) irrigação, após a qual seus valores tornam a cair atingindo 10,0/19,0 bares (01/08). Os valores de resistência estomatal e temperatura da folha sofreram um aumento, no período até a primeira irrigação de 2,0 a 60,0 s/cm e 23,0/27,0°C a 27,0/31,0°C, respectivamente. Após a irrigação, estes parâmetros ( $R_S$  e  $T_F$ ) permaneceram praticamente constantes e a níveis próximos aos valores encontrados para a parcela A. O comportamento destes três parâmetros é confirmado pelas medidas do potencial de água no solo que, de 0,1 bar (10/07), passou a 0,8 bar em 18/07 (estimativa, pois em 17/07 era de 0,78 bar), sofrendo uma queda após a irrigação que chegou a um mínimo de 0,04 bar no dia 24/07. Até o dia 29/07 (2ª irrigação) os valores chegaram a 0,56 bar, portanto menores que os alcançados no período anterior à primeira irrigação.

TABELA 4.2

PARÂMETROS DE MEDIDA DE ESTRESSE HÍDRICO DA PLANTA, RESISTÊNCIA ESTOMATAL ( $R_s$ ) E TEMPERATURA DA FOLHA ( $T_F$ )

PARCELA A				PARCELA B			PARCELA C		
DATA / HORÁRIO	$R_s$ [s/cm]	$T_F$ [°C]		HORÁRIO	$R_s$ [s/cm]	$T_F$ [°C]	HORÁRIO	$R_s$ [s/cm]	$T_F$ [°C]
11/07	9:30	2,34	20,4	10:00	2,76	21,5	10:48	2,43	23,0
	13:30	2,67	25,7	13:50	2,77	25,0	14:10	2,72	25,4
	15:05	2,76	25,4	15:30	2,87	24,8	16:00	3,24	23,1
14/07	10:10	2,17	21,0	10:31	2,29	22,3	10:48	2,59	23,0
	13:35	2,07	23,4	14:10	3,18	23,9	14:30	3,02	24,9
	15:20	2,15	23,6	15:37	2,27	25,6	15:59	2,56	25,7
15/07	10:15	1,56	22,9	9:45	1,70	24,2	9:21	1,76	23,5
	15:00	1,84	24,1	15:10	1,64	26,3	15:30	2,31	27,0
16/07	10:20	1,20	23,7	9:50	1,34	23,7	9:30	1,94	24,0
17/07	14:20	2,12	24,0	13:45	2,29	25,3	13:17	2,80	28,3
	15:15	2,50	24,1	15:30	23,98	23,5	15:42	51,20	24,8
18/07	10:41	1,26	25,3	10:27	2,17	26,9	9:50	30,16	27,3
	13:20	1,87	26,3	13:35	3,31	29,1	13:49	67,43	31,6
	15:44	2,30	28,9	16:17	5,15	25,9	valores muito altos		
21/07	9:42	2,12	24,3	10:00	4,95	24,8	10:12	2,38	24,3
	13:15	3,01	28,4	13:28	14,06	31,3	13:51	3,15	28,8
	15:22	3,23	27,4	15:37	10,44	28,6	15:55	4,31	26,4
22/07	9:36	1,63	23,5	9:50	2,62	24,0	10:00	1,65	24,0
	10:46	1,45	23,8	11:00	6,14	25,6	11:11	1,38	25,4
	13:10	2,38	26,6	13:25	11,54	27,8	13:41	3,41	26,3
	15:00	2,73	26,0	15:11	9,80	27,0	15:25	3,76	26,0
23/07	NÃO FOI FEITA, QUEBRA DO APARELHO								
24/07	13:56	2,26	21,6	14:10	2,30	22,1	14:22	2,30	21,6
	15:01	2,00	22,1	15:13	2,41	22,7	15:24	2,24	22,7

(continua)

Tabela 4.2 - Conclusão.

PARCELA A				PARCELA B			PARCELA C		
DATA / HORÁRIO	Rs[s/cm]	T <sub>F</sub> [°C]		HORÁRIO	Rs[s/cm]	T <sub>F</sub> [°C]	HORÁRIO	Rs[s/cm]	T <sub>F</sub> [°C]
25/07	9:50	2,95	26,4	10:00	2,98	25,3	10:12	3,03	25,8
	13:19	2,29	24,0	13:32	3,33	24,0	13:45	3,04	24,2
	14:40	2,69	23,3	14:51	4,99	23,1	15:06	5,81	22,6
28/07	9:50	1,89	22,2	10:00	1,98	22,4	10:18	2,02	23,8
	13:34	1,79	25,3	13:24	2,14	27,3	13:15	1,74	27,2
	15:15	1,89	25,3	15:24	2,95	25,9	15:35	2,54	26,6
29/07	9:30	1,94	25,4	9:45	2,04	24,8	9:56	1,94	26,2
	10:50	1,97	24,9	11:03	1,83	25,6	11:10	1,98	26,9
	13:08	2,35	27,3	13:20	2,72	27,1	13:30	2,94	17,4
	14:54	2,80	26,5	15:05	2,72	27,6	15:14	2,77	28,4
30/07	9:42	2,51	23,9	9:52	2,55	24,3	10:05	2,25	24,9
	10:53	1,82	25,1	11:05	1,98	26,0	11:13	2,00	26,2
	13:17	2,29	27,6	13:25	2,29	28,1	13:36	2,46	29,3
	14:41	2,87	27,3	14:50	2,41	27,4	15:00	2,90	28,2
31/07	9:27	1,89	24,1	9:38	2,02	23,3	9:48	1,90	24,3
	10:49	1,76	24,5	10:38	1,74	25,1	10:30	1,85	24,8
	13:21	1,62	27,8	13:31	1,74	27,8	13:42	1,40	27,9
	15:16	2,28	24,1	15:26	2,67	24,0	15:37	2,05	24,9
01/08	9:50	2,34	23,6	10:00	2,20	24,1	10:13	2,30	23,6
	10:50	2,18	22,9	11:00	1,71	24,4	11:12	1,72	24,8
	13:16	2,24	27,0	13:26	2,38	27,2	13:38	2,08	26,8

Valores representando a média de 8 folhas

TABELA 4.3

PARÂMETRO DE MEDIDA DE ESTRESSE HÍDRICO DA PLANTA, POTENCIAL DE ÁGUA NA FOLHA ( $\psi_F$ )

PARCELA A			PARCELA B		PARCELA C	
DATA / HORÁRIO	$\psi_F$ [Bares]		HORÁRIO	$\psi_F$ [Bares]	HORÁRIO	$\psi_F$ [Bares]
11/07	9:45	11,8	10:00	16,3	10:15	15,9
	13:17	15,4	13:40	20,8	14:36	20,9
	16:17	14,6	15:27	21,0	15:10	19,7
14/07	10:00	13,6	10:15	18,8	10:30	19,8
	13:40	17,2	13:22	19,3	13:05	19,7
	15:10	16,4	15:22	18,9	15:35	20,1
15/07	9:32	17,8	9:15	19,6	8:50	18,0
	9:50	19,6	10:22	27,2	10:32	25,4
	13:57	18,5	13:41	22,3	13:22	25,2
	15:00	15,5	15:15	22,3	15:32	23,3
16/07	10:10	16,2	9:53	19,1	9:35	21,3
	10:55	15,4	11:13	20,8	11:31	20,7
	13:45	18,2	13:32	21,6	13:21	22,2
17/07	9:32	16,7	9:48	19,8	10:15	21,3
	13:55	16,3	13:40	20,4	13:21	21,7
	14:55	14,1	15:11	16,1	15:26	16,1
18/07	9:53	17,1	9:37	19,9	9:18	19,7
	10:50	16,5	11:00	19,7	11:16	22,4
	13:36	16,8	13:24	19,8	13:10	21,8
	14:28	16,6	14:40	20,1	14:51	21,0
	16:08	16,1	15:56	19,1	15:44	21,3
21/07	9:50	15,0	10:04	24,3	10:16	20,4
	11:29	16,4	11:18	23,3	11:08	22,5
	13:20	18,0	13:44	25,7	14:05	23,7
	15:31	16,6	15:20	24,2	15:00	22,4
22/07	9:27	13,3	9:38	22,8	9:50	18,9
	11:12	15,9	10:52	26,1	10:34	19,0
	13:20	18,0	13:36	28,6	13:55	23,0
	15:27	14,8	15:13	22,7	15:00	22,1

(continua)

Tabela 4.3 - Conclusão.

PARCELA A			PARCELA B		PARCELA C	
DATA / HORÁRIO	$\psi_F$ [Bares]		HORÁRIO	$\psi_F$ [Bares]	HORÁRIO	$\psi_F$ [Bares]
23/07	9:33	12,1	9:44	20,8	9:02	18,2
	11:22	14,5	11:08	22,3	10:52	18,3
	13:18	14,4	13:37	24,8	13:56	18,6
	15:06	13,5	14:55	27,3	14:35	18,3
24/07	13:45	9,9	13:30	11,0	13:18	9,3
	14:21	9,4	13:34	13,1	14:45	11,8
	15:57	8,9	15:47	12,8	15:30	17,2
25/07	9:33	11,2	9:48	9,9	10:03	16,4
	11:32	14,9	11:19	17,3	11:05	16,6
	13:14	13,0	13:34	13,8	13:46	18,3
	15:11	12,1	14:54	17,7	14:36	17,5
28/07	9:32	13,2	9:47	17,9	10:00	15,8
	11:33	15,2	11:19	21,4	11:00	17,8
	13:08	15,8	13:22	18,4	13:35	18,1
	15:00	15,3	14:47	11,3	14:38	17,4
29/07	9:24	10,0	9:35	17,1	9:50	16,3
	11:20	15,2	11:05	20,5	10:50	19,3
	13:05	15,3	13:20	20,9	13:35	21,1
	15:30	14,7	15:18	19,8	14:35	19,2
30/07	9:24	15,3	9:41	18,0	9:53	18,3
	11:17	17,0	11:06	20,6	10:41	19,8
	13:00	16,3	13:15	20,0	13:28	21,8
	15:04	18,1	14:43	22,7	14:28	21,9
31/07	9:15	14,1	9:26	15,3	9:37	16,4
	10:52	14,7	10:41	18,3	10:28	17,9
	13:11	14,8	13:21	19,5	13:32	17,0
	14:51	12,7	14:41	15,8	14:31	16,4
01/08	9:24	8,0	9:43	12,9	9:55	10,4
	11:11	11,3	11:02	14,7	10:51	12,3
	12:58	14,1	13:08	21,1	13:21	18,7
	14:32	14,3	14:24	18,9	14:10	19,4

Valores representando a média de 6 folhas.

TABELA 4.4

POTENCIAL DE ÁGUA NO SOLO -  $\psi_s$  - [BARES]

DIA	PARCELA	PROFUNDIDADES [cm]							
		15	30	45	60	75	90	105	120
10/07	A	0,070	0,09	0,104	0,117	0,130	0,140	0,160	0,175
	B	0,116	0,161	0,191	0,233	0,323	0,282	0,174	0,092
	C	0,109	0,105	0,090	0,124	0,146	0,173	0,202	0,266
11/07	A	0,086	0,103	0,114	0,125	0,136	0,148	0,168	0,181
	B	0,185	0,201	0,221	0,185	0,218	0,343	0,097	0,031
	C	0,171	0,123	0,111	0,136	0,149	0,169	0,186	0,255
14/07	A	0,061	0,103	0,128	0,145	0,159	0,171	0,191	0,202
	B	0,670	0,334	0,274	0,166	0,273	0,339	0,124	0,298
	C	0,636	0,176	0,207	0,179	0,180	0,191	0,211	0,245
15/07	A	0,096	0,107	0,134	0,155	0,164	0,173	0,199	0,211
	B	-	0,395	0,297	0,172	0,332	0,396	0,040	0,224
	C	0,620	0,194	0,251	0,193	0,189	0,196	0,216	0,246
16/07	A	0,095	0,103	0,135	0,151	0,165	0,176	0,194	0,210
	B	-	0,523	0,328	0,200	0,294	0,289	0,195	0,168
	C	0,773	0,220	0,316	0,211	0,199	0,203	0,222	0,248
17/07	A	0,137	0,116	0,139	0,152	0,170	0,180	0,196	0,214
	B	-	0,630	0,347	0,137	0,350	0,353	0,217	0,138
	C	0,786	0,242	0,403	0,233	0,223	0,220	0,198	0,273
18/07	A	0,066	0,116	0,135	0,159	0,176	0,183	0,203	0,219
	B	-	0,714	0,426	0,150	0,397	0,366	0,259	0,202
	C	-	0,288	0,500	0,254	0,225	0,223	0,238	0,259
21/07	A	0,048	0,078	0,114	0,147	0,161	0,178	0,201	0,219
	B	0,277	0,791	0,644	-	0,502	0,416	0,344	0,180
	C	0,131	0,093	0,086	0,097	0,109	0,118	0,139	0,166
22/07	A	0,056	0,087	0,115	0,146	0,159	0,177	0,203	0,223
	B	-	0,798	0,739	-	0,569	0,453	0,371	0,176
	C	0,160	0,112	0,111	0,114	0,124	0,129	0,146	0,166

(continua)

Tabela 4.4 - Conclusão.

DIA	PARCELA	PROFUNDIDADES [cm]							
23/07	A	0,056	0,091	0,118	0,159	0,159	0,176	0,199	0,220
	B	-	-	0,777	-	0,613	0,480	0,281	0,158
	C	0,262	0,126	0,132	0,127	0,139	0,141	0,156	0,172
24/07	A	0,021	0,051	0,076	0,115	0,142	0,165	0,196	0,220
	B	-	-	0,795	-	0,635	0,504	0,370	0,249
	C	0,042	0,124	0,088	0,137	0,151	0,152	0,165	0,178
25/07	A	0,047	0,071	0,087	0,109	0,128	0,149	0,181	0,209
	B	-	-	0,318	-	0,612	0,504	0,406	0,272
	C	0,087	0,119	0,096	0,130	0,152	0,155	0,171	0,182
28/07	A	0,061	0,086	0,103	0,122	0,135	0,135	0,175	0,196
	B	0,145	0,123	0,123	0,130	0,133	0,147	0,160	-
	C	0,403	0,165	0,167	0,157	0,172	0,178	0,184	0,206
29/07	A	0,075	0,100	0,114	0,131	0,143	0,155	0,179	0,197
	B	0,225	0,145	0,128	0,141	0,133	0,158	0,167	-
	C	0,564	0,176	0,200	0,169	0,171	0,179	0,188	0,195
30/07	A	0,053	0,095	0,117	0,138	0,149	0,160	0,183	0,203
	B	0,199	0,157	0,132	0,146	0,150	0,163	0,181	0,170
	C	0,055	0,074	0,055	0,086	0,135	0,161	0,195	0,236
31/07	A	0,052	0,094	0,122	0,147	0,160	0,175	0,190	0,219
	B	0,096	0,182	0,168	0,155	0,168	0,177	0,194	0,190
	C	0,109	0,095	0,086	0,101	0,136	0,142	0,173	0,214
01/08	A	0,030	0,094	0,113	0,136	0,148	0,164	0,194	0,212
	B	0,107	0,197	0,179	0,172	0,175	0,183	0,197	0,201
	C	0,109	0,102	0,104	0,117	0,128	0,139	0,157	0,166

Valores correspondentes à média dos 6 horários para cada profundidade.

O tratamento B, que recebeu uma s̄o irrigação no dia (24/07), apresentou valores de potencial de água na folha que variaram de 16,0/20,0 bares (11/07) a 23,0/24,0 bares (23/07), tendo em alguns momentos chegado a 27,0/28,0 bares. Os níveis alcançados neste tratamento até a irrigação foram maiores que aqueles encontrados para o tratamento C no período anterior à sua primeira irrigação. Isto aconteceu porque a parcela C ficou 9 dias sem água, enquanto a parcela B, 14 dias. Após a irrigação os valores mantiveram-se no intervalo de 15,0 a 20,0 bares neste período. A resistência estomatal e a temperatura, apresentaram valores de 2,5 s/cm a 10,0 s/cm e 21,0/24,0°C a 27,0/31,0°C, respectivamente. A oscilação desses valores em função do tratamento de água foi observado também no potencial de água no solo.

Os resultados de  $\psi_F$  e  $\psi_S$  neste experimento foram confrontados (Tabela 4.5) com os de Espinoza et alii (1980), que trabalharam com a cultura de trigo no Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado, mostrando que há uma equivalência nos valores. Isto pode ser uma indicação que estes parâmetros variaram de acordo com os tratamentos.

Um fato interessante que se nota nestas observações é a alta taxa de elevação que os parâmetros ( $R_S$  e  $\psi_S$ ), referentes a parcela C, sofreram em relação a parcela B, até o dia 18/07. Este fenômeno pode ter acontecido devido à proximidade que a parcela B teve da parcela A (Figura 3.1). Como esta era irrigada todo dia e o predomínio do vento era N, NNE e NE, ela poderia ter criado condições na parcela B, em função da umidade, propícias a uma menor elevação de  $R_S$  e  $\psi_S$ , desde que as duas parcelas estavam com o mesmo número de dias sem água.

TABELA 4.5

VALORES DE POTENCIAL DE ÁGUA NA FOLHA (BARES) EM FUNÇÃO DOS TRATAMEN  
TOS (POTENCIAL DE ÁGUA NO SOLO)

TRATAMENTOS	ESPINOZA ET ALII (1980)
0,3 a 0,7 bar (4 a 8 dias)*	13,8 a 22,0
2,0 bares (12 dias)*	18,0 a 24,0
8,0 bares (16 a 18 dias)*	21,0 a 27,5
	VALORES ENCONTRADOS NESTE EXPERIMENTO
Parcela C 1ª irrigação (9 dias)*	15,0 a 22,0
Pacela B 1ª irrigação (14 dias)*	16,0 a 28,0

\* Os números entre parênteses são os períodos de frequência de irrigação.

4.3.2 - COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA RADIOMÉTRICA DE DOSSEL COM OS TRATAMENTOS DE ÁGUA

Alguns dados de temperatura de dossel foram colocados na forma de gráficos, em função dos horários de coleta, para melhor ilustrar sua variação com os tratamentos de água.

No gráfico do dia 10/07 onde são inicializados os tratamentos atenta-se para o fato de que a parcela A (teoricamente em evapotranspiração potencial, portanto tendo que apresentar temperaturas mais baixas que as outras parcelas) mostra uma curva de temperatura de dossel ligeiramente superior a das outras parcelas, no período de 13:00 horas em diante. Em 15/07 (Gráfico 4.2), 5 dias após o começo dos tratamentos, a parcela C apresenta uma curva com temperaturas superiores às outras parcelas indicando um estresse de água maior. A condição de maior estresse da parcela C vai ser confirmada ao se analisar o Gráfico 4.3 (dia 18/07 - um dia antes da 1ª irrigação em C), que para uma temperatura do ar em torno de 25°C, apresentou temperatura de dossel, entre 11:00 e 15:00 hs, variando de 26 a 28°C, enquanto na parcela B manteve-se nos mesmos níveis apresentados no dia 15/07. Já os valores de resistências estomatal e temperatura de folha apresentaram-se com valores em torno de 60 s/cm e 30°C, respectivamente, enquanto que o tensiômetro marcava em torno de 0,8 bar (segundo Espinoza et alii (1980) é um valor que acusa umidade abaixo da capacidade de campo). Os valores encontrados até aqui, tanto para a parcela B como para C, permitem indicar que estas estão com níveis inferiores de água em relação a parcela A.

Após a primeira irrigação na parcela C (dia 19/07), novas medidas foram realizadas no dia 21/07 (Gráfico 4.4) indicando um deslocamento da curva de temperatura de dossel no sentido de menores valores. Na maioria dos horários os valores de temperatura de dossel se mantiveram abaixo da curva correspondente a parcela A atingindo um mínimo dois dias após a irrigação. Neste mesmo gráfico (4.4) se observa que a curva da parcela B, agora mais estressada que C, se mantém próxima a curva de temperatura do ar. Este comportamento tende a continuar até dia 23/07 (Gráfico 4.5), exceto pelos horários de 14:00 hs em diante que são valores coletados com nuvem, não refletindo a tendência da curva que seria a de se manter acima da temperatura do ar. Esta condição de estresse de água é acompanhada pelos valores de temperatura de folha em torno de 26°C e resistência estomatal ao redor de 10,0 s/cm. Valores estes inferiores daqueles encontrados para a parcela C, num período de tempo mais curto, mas maiores que os encontrados para a parcela A.

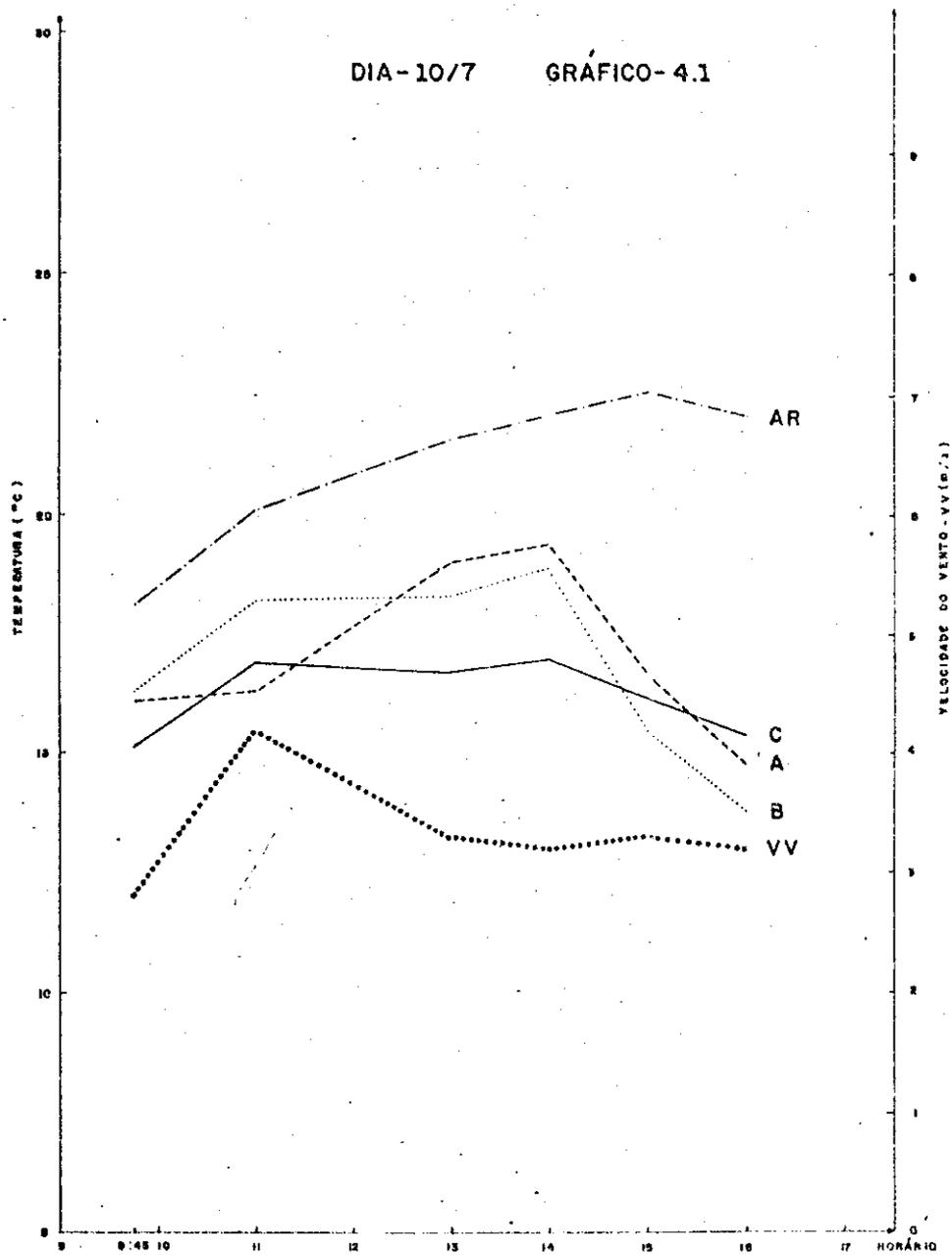


Gráfico 4.1 - Comportamento da temperatura radiométrica de dossel, nas três parcelas, temperatura do ar e velocidade do vento, nos 6 horários de coleta de medidas para o dia 10/07:

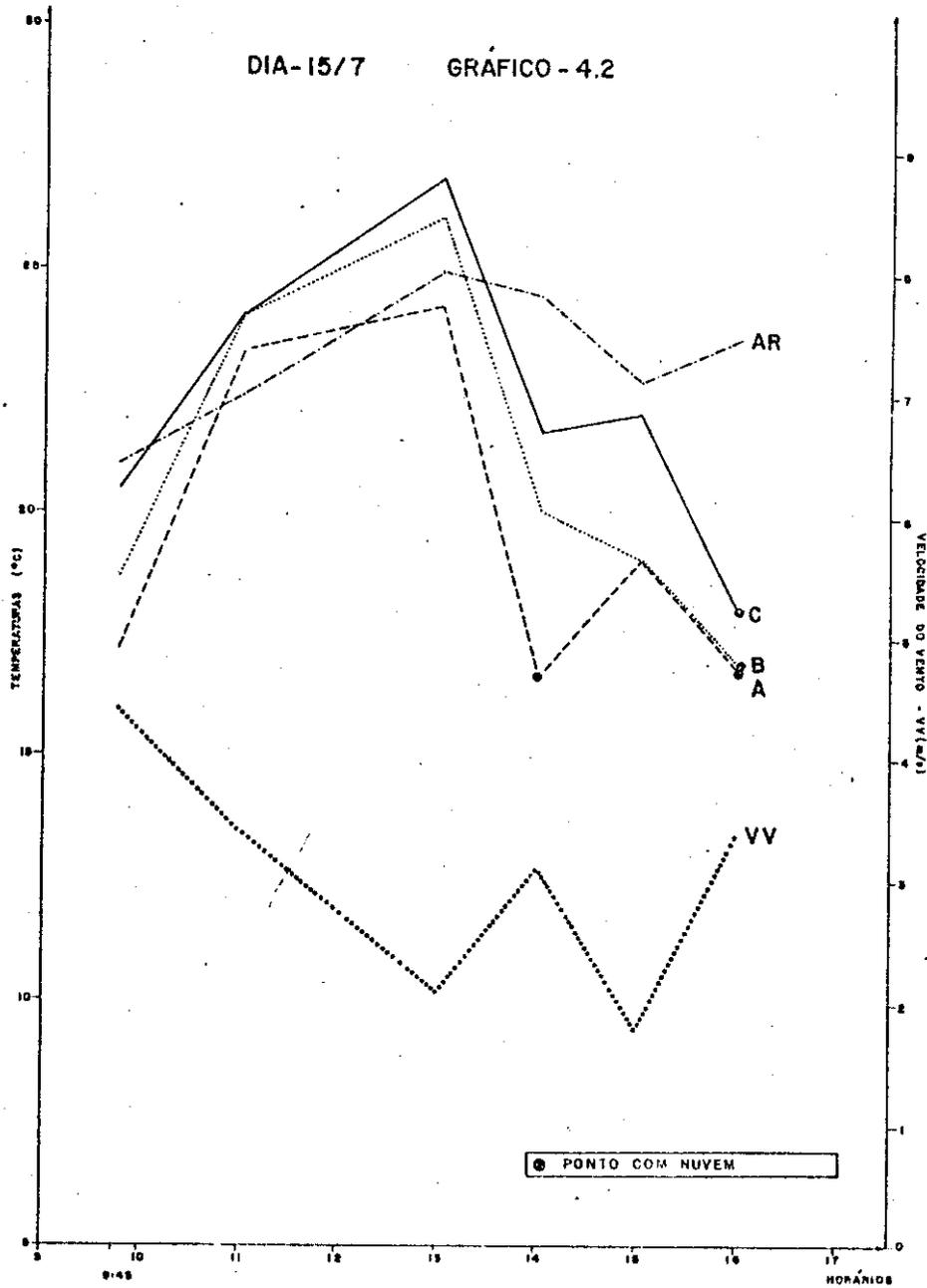


Gráfico 4.2 - Comportamento da temperatura radiométrica de dossel, nas três parcelas, temperatura do ar e velocidade do vento, nos 6 horários de coleta de medidas, para o dia 15/07.

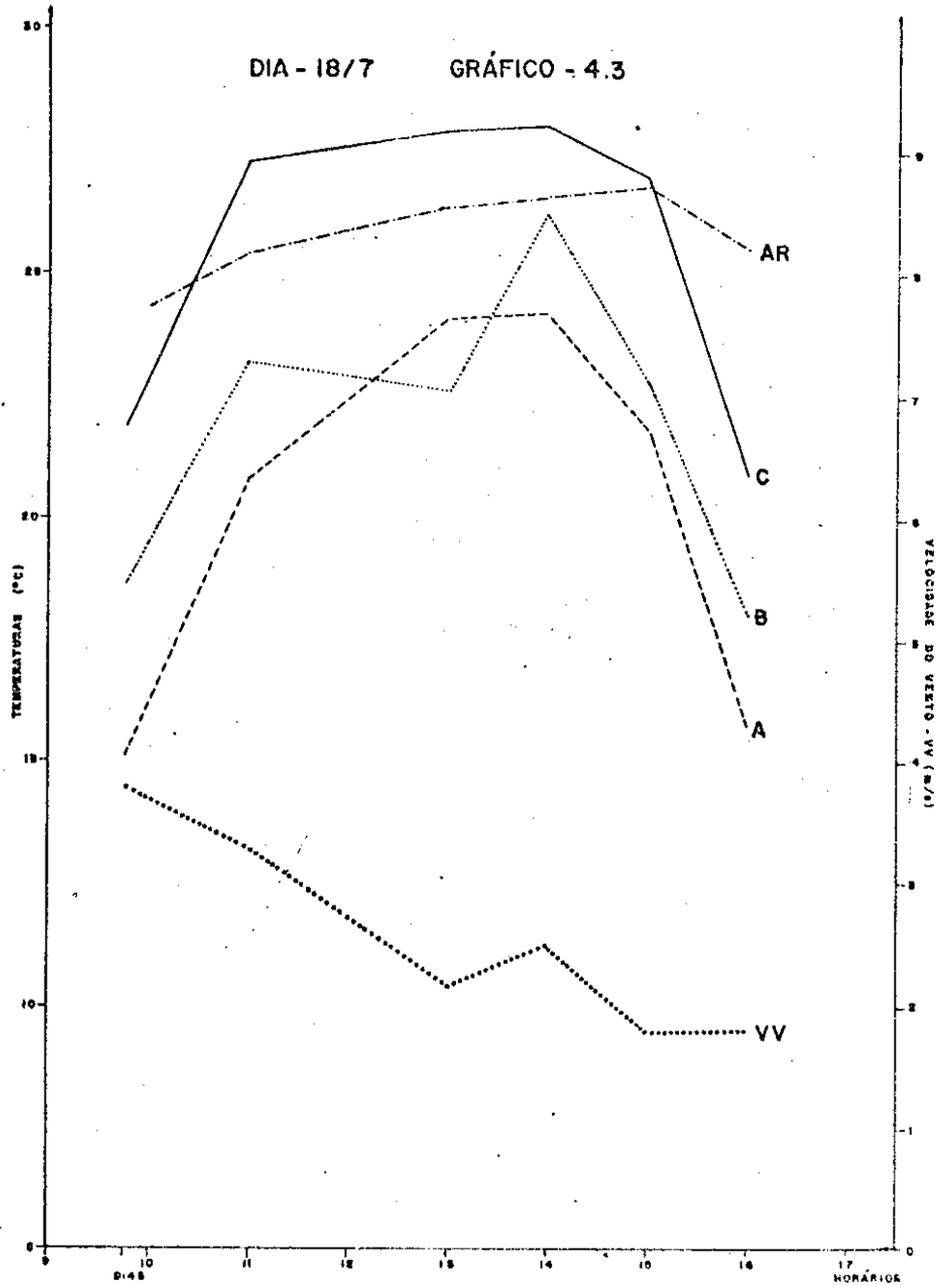


Gráfico 4.3 - Comportamento da temperatura radiométrica de dossel, nas três parcelas, temperatura do ar e velocidade do vento, nos 6 horários de coleta de medidas, para o dia 18/07.

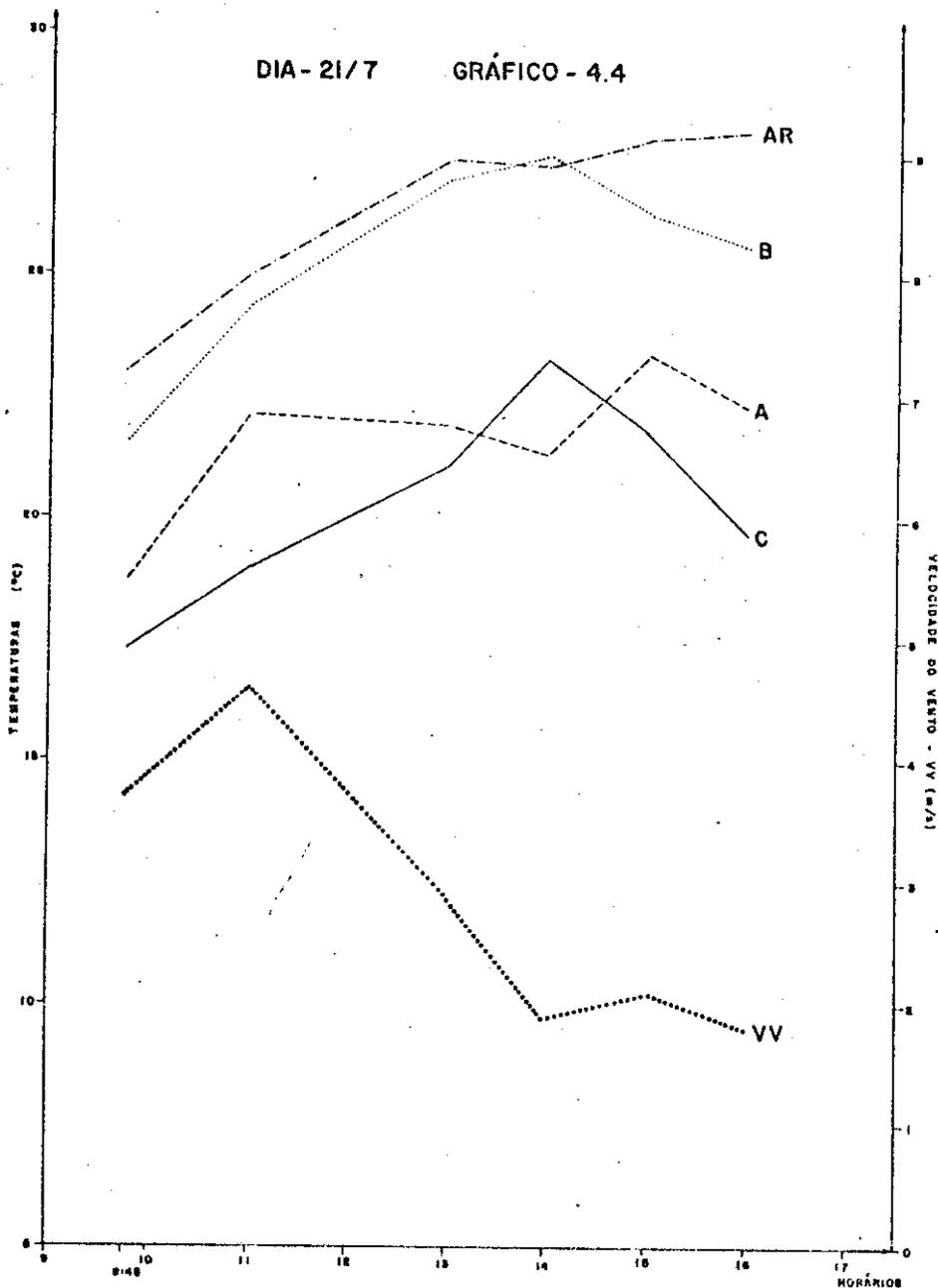


Gráfico 4.4 - Comportamento da temperatura radiométrica de dossel, nas três parcelas, temperatura do ar e velocidade do vento, nos 6 horários de coleta de medidas, para o dia 21/07.

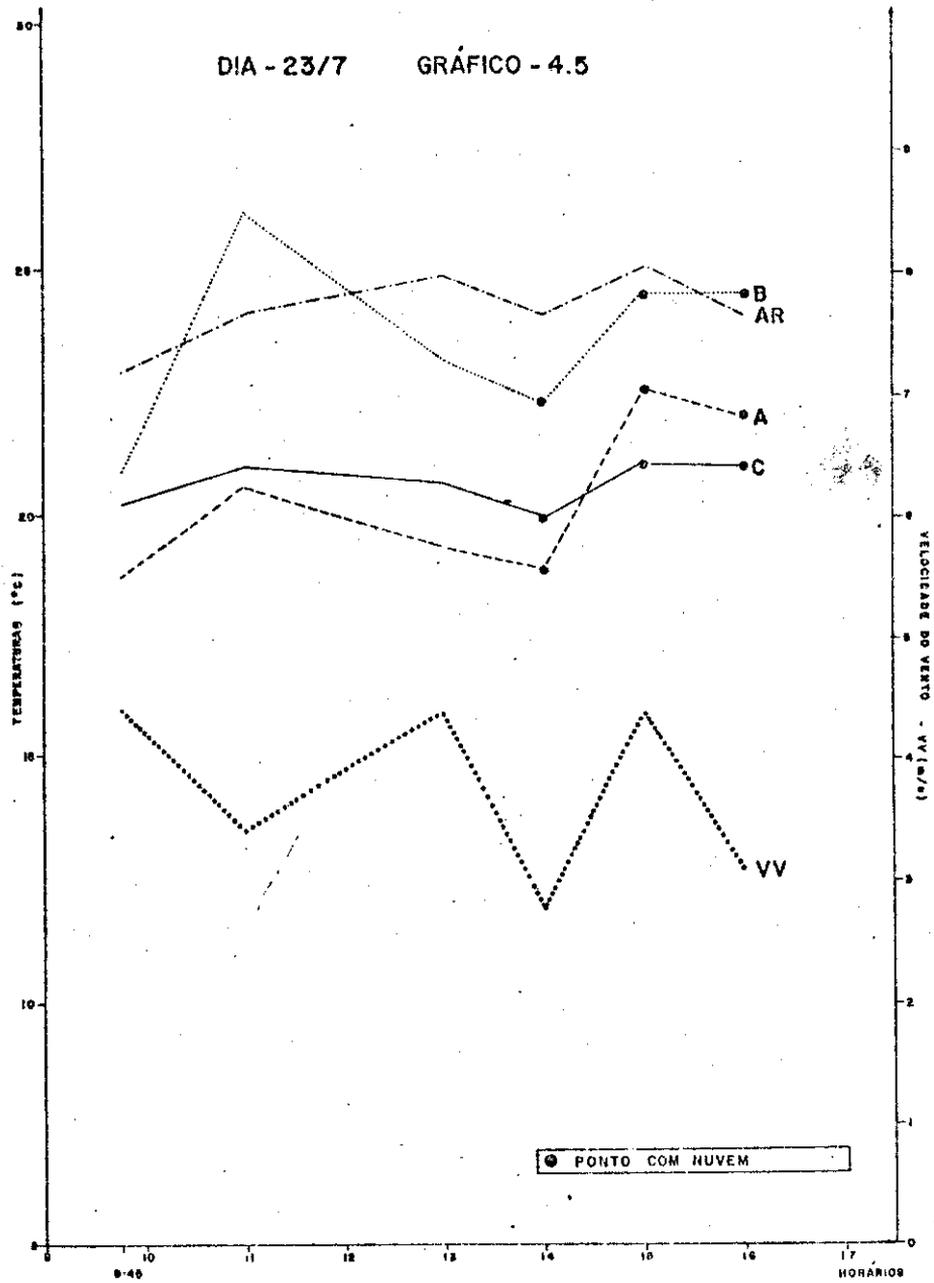


Gráfico 4.5 - Comportamento da temperatura radiométrica de dossel, nas três parcelas, temperatura do ar e velocidade do vento, nos 6 horários de coleta de medidas, para o dia 23/07.

Ao se aplicar água no dia 24/07 (parcela B), as medidas de temperatura de dossel diminuíram se aproximando das curvas referentes às outras parcelas. A proximidade entre as curvas permaneceu até o fim do experimento (Gráficos 4.6 e 4.7).

Esta análise mostra que a temperatura de dossel é um parâmetro sensível ao estresse de água, o que está de acordo com a literatura (Gardner et alii, 1981; Ehrlér et alii, 1978a).

Desta análise pode-se observar 3 fatos:

- a) O aparecimento de temperaturas de dossel, nas parcelas B e C menores que os da parcela A, dita em evapotranspiração potencial e portanto deveria conter os menores valores.
- b) A alta taxa de elevação da temperatura de dossel, na parcela C, em relação aos valores encontrados na parcela B.
- c) O aparecimento de temperatura de dossel menores que a temperatura do ar, em muitos horários, principalmente entre 13:00 e 14:00 hs.

A hipótese que se levanta com relação ao primeiro fato é de que a parcela A não estava em evapotranspiração potencial e assim por vezes apresentou temperaturas de dossel maiores que as outras duas parcelas (B e C) quando de suas irrigações.

O segundo fato talvez possa ser explicado pela proximidade que a parcela B, tinha de A, propiciando condições (umidades geradas a partir das irrigações diárias da parcela A) que levaram a uma menor taxa de elevação da temperatura de dossel.

No terceiro caso (C) a teoria explica que a planta sob estresse fecha os estômatos (Reichardt e Libardi, 1976), produzindo então o aumento de sua temperatura. Este aumento é causado pela interrupção do fluxo de calor latente da planta para a atmosfera, principal mecanismo responsável pelo resfriamento da folha.

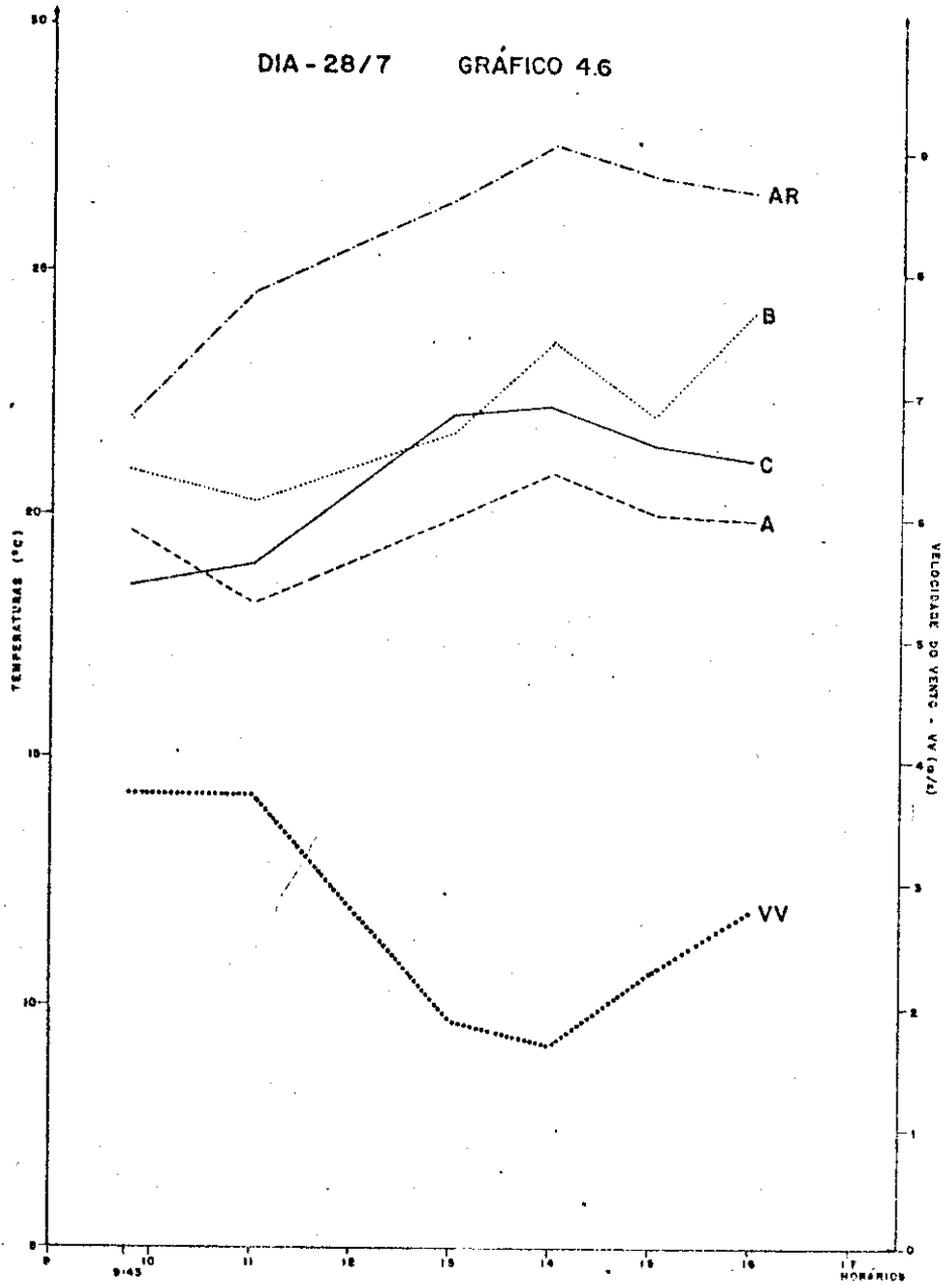


Gráfico 4.6 - Comportamento da temperatura radiométrica de dossel, nas três parcelas, temperatura do ar e velocidade do vento, nos 6 horários de coleta de medidas, para o dia 28/07.

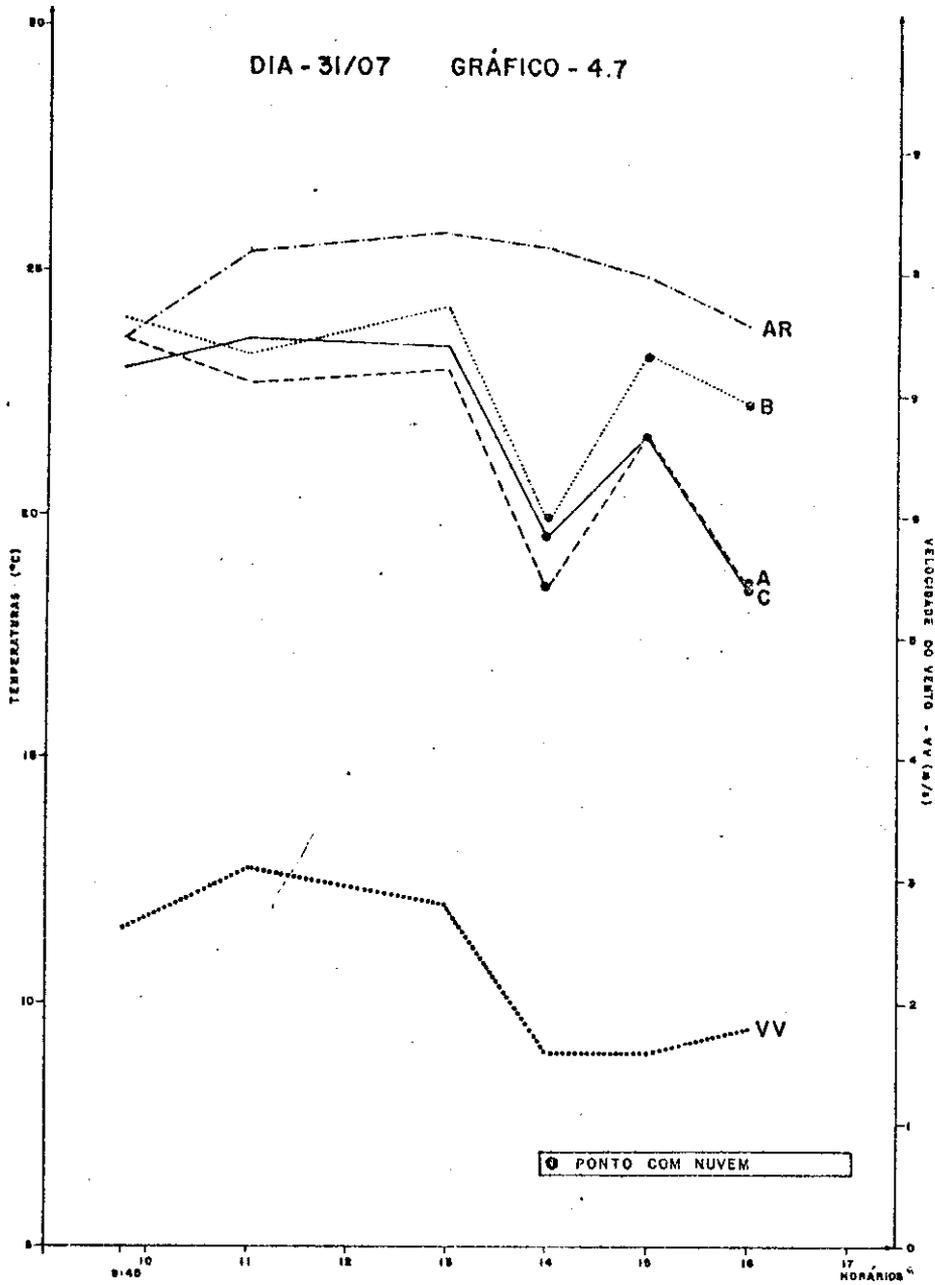


Gráfico 4.7 - Comportamento da temperatura radiométrica de dossel, nas três parcelas, temperatura do ar e velocidade do vento, nos 6 horários de coleta de medidas, para o dia 31/07.

Quando se está na condição acima citada, supõe-se que o balanço de energia está sendo realizado no sentido vertical unicamente, isto é, não se está considerando fluxos de energia no sentido horizontal com relação ao dossel (Figura 4.1).

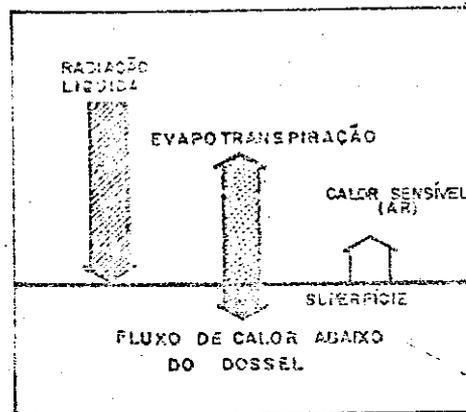


Fig. 4.1 - Balanço de energia no dossel.

FONTE: Adaptado de Tanner (1968), p. 84.

Pelos Gráficos 4.1 a 4.7 e Tabela 4.1 verifica-se que as temperaturas de dossel, com raras exceções, estão abaixo da temperatura do ar. Isto poderia levar a uma suposição de que estaria havendo uma influência da vizinhança no balanço de energia. Esta ação pode ter sido devido ao fenômeno de advecção, que segundo Slatyer (1967b) ocorre a nível de microclima quando:

- há diversidade espacial na distribuição das plantas;
- existem áreas de solo nu e secos, que se alternam com áreas relativamente úmidas.

Advecção segundo o Glossary of Meteorology é o processo de transporte de uma propriedade atmosférica, pelo movimento de massa da atmosfera.

Essa suposição é válida no sentido de que, na análise da Figura 3.1 atenta-se para o fato do aparecimento de solo nu em volta do experimento e no predomínio da direção do vento N, NNE e NE.

Estes dois fatos poderiam estar contribuindo para o transporte de energia das regiões secas (solo nu) para regiões úmidas (área irrigada).

A origem do calor sensível advectivo de outras localidades, depende das condições da superfície. A fração de cada fluxo de calor no solo (latente, sensível e no próprio solo) depende da disponibilidade de água na superfície da terra (Rosenberg, 1974). Solo nu com pouca disponibilidade de água, em superfície, produz fluxos de calor sensível muito grandes.

Rosenberg (1974) em estudos com balanço de energia afirma que, em caso de advecção de calor sensível, uma segunda fonte de energia é adicionada a transpiração, portanto  $\lambda E > R_n - G$  (Figura 4.2).

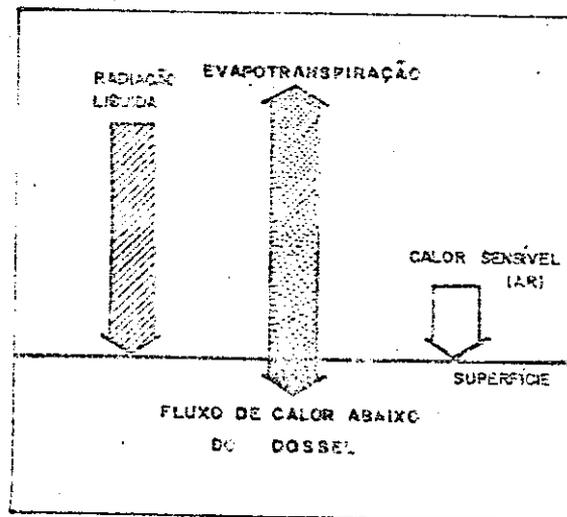


Fig. 4.2 - Balanço de energia, com a advecção, no dossel.

FONTE: Adaptado de Tanner (1968), p. 85.

Khera e Sandhu (1986) em estudos com cana-de-açúcar, no norte da Índia, observaram influência do meio, através de transporte de energia. As temperaturas de dossel para campos, com tratamentos de água diferenciados, foram de 1 a 12<sup>o</sup>C mais frios que o ar. Os resultados foram sustentados, por dados de evapotranspiração, os quais sugeriram que a perda de calor latente era maior ou igual a radiação líquida, por longos períodos, devido a contribuição do calor advectivo da região vizinha, quente e seca.

Calculou-se então os valores do fluxo de calor sensível a partir da equação 2.2 e fluxo de calor latente pela equação de Penman-Monteith. Esta é a combinação das equações 2.1, 2.2 e 2.3 para estimativa de evapotranspiração em termos das resistências de dossel e aerodinâmica,

$$\lambda E = \frac{\Delta R_n + \rho C_p (e_A^* - e_A) / r_a}{\Delta + \gamma (1 + r_d / r_a)} \quad (\text{Monteith, 1973; Jackson et alii, 1981}).$$

Em seguida tirou-se a média do dia para cada fluxo para se poder comparar com a média diária da radiação líquida. Os valores finais e as relações entre os fluxos de energia latente, sensível e radiação líquida) estão apresentados na Tabela 4.6.

Nota-se pela Tabela 4.6 que os valores de calor latente são menores que radiação líquida o que significa que não está havendo deslocamento de calor advectivo das áreas vizinhas.

Pode-se ainda observar que está havendo um aporte de energia do ar para o dossel, comprovado pelo sinal negativo dos valores de calor sensível. Este valor somado ao da radiação líquida menos o calor latente vai definir uma certa quantidade de calor no dossel. Assim este calor foi tal, que traduzindo em termos de temperatura de dossel, não foi suficiente para elevá-las a níveis maiores que temperatura do ar.

TABELA 4.6

RELAÇÕES ENTRE CALOR LATENTE, CALOR SENSÍVEL E RADIAÇÃO LÍQUIDA

DIA	10/07	11/07	14/07	15/07	16/07	17/07	18/07	21/07	22/07	23/07	24/07	25/07	28/07	29/07	30/07	31/07	01/08
PARCELA A																	
λE	540,2	553,2	808,8	-141,8	317,3	408,4	4857,9	594,2	495,4	363,3	155,0	2573,2	694,4	657,4	741,2	373,3	1644,2
H	-153,1	-133,8	-146,1	-111,3	-87,0	-90,6	-128,2	-124,4	-2504,6	11878,0	-26,2	-70,7	-142,7	-123,1	-137,8	-99,5	-146,4
R <sub>0</sub>	566	420	469	387	457	317	469	463	387	276	700	247	507	507	476	349	542
E/E <sub>0</sub>	1,07	1,31	1,72	-0,37	0,69	1,28	10,3	1,78	1,78	1,31	0,78	10,8	1,36	1,29	1,56	1,07	19,7
H/H <sub>0</sub>	-0,30	-0,30	-0,30	-0,28	-0,20	-0,30	-0,27	-0,27	-6,47	-43,0	-0,17	-0,28	-0,28	-0,24	-0,29	-0,26	-0,27
PARCELA B																	
λE	646,9	487,7	8749,5	85,5	-306,7	487,0	1186,9	-2553,8	371,8	333,0	273,2	-187,1	787,4	215,1	5731,5	-892,7	1338,8
H	-177,6	-117,9	-150,0	-18,5	-137,6	-89,1	-132,4	-109,3	10,0	-21,6	-66,0	-27,1	-158,7	-137,4	-149,8	-64,8	-170,1
R <sub>0</sub>	551	370	495	487	473	323	482	488	349	254	209	266	538	538	481	374	637
E/E <sub>0</sub>	1,21	1,32	17,7	0,18	-0,64	1,51	7,46	-5,22	1,06	0,52	1,30	-6,93	1,48	0,40	11,9	-2,65	2,87
H/H <sub>0</sub>	-0,32	-0,31	-0,30	0,03	-0,29	-0,27	-0,27	-0,27	0,02	-0,08	-0,31	-0,10	-0,29	-0,26	-0,31	-0,25	-0,26
PARCELA C																	
λE	481,8	535,0	52,5	-466,7	-602,0	-186,3	-1513,5	582,7	700,5	362,6	309,3	-46,4	640,3	754,9	367,4	2200,6	767,0
H	-157,1	-120,4	22,9	-19,4	10,6	-28,5	61,6	-120,4	-110,4	-80,3	-74,8	-59,1	-137,2	-130,2	-156,9	-449,4	-161,5
R <sub>0</sub>	449	407	438	488	354	801	490	462	406	281	238	209	495	495	488	361	544
E/E <sub>0</sub>	1,00	1,31	0,12	-0,95	-1,70	-0,61	-3,09	1,26	1,72	1,29	1,29	-2,22	1,29	1,22	0,75	6,26	1,27
H/H <sub>0</sub>	-0,32	-0,31	0,05	-0,04	0,03	-0,09	0,12	-0,27	-0,27	-0,28	-0,31	-0,28	-0,27	-0,26	-0,32	-1,24	-0,24

#### 4.2.3 - INFLUÊNCIA DE NUVENS E VENTO NA TEMPERATURA RADIOMÉTRICA DE DOSSSEL

O balanço de energia que ocorre no dossel, em função dos tratamentos de água, vai definir uma quantidade de energia líquida disponível, que por sua vez define uma temperatura.

O vento por um lado poderia influenciar em alguma mudança, já que ele pode transportar energia de uma área para outra (Rosenberg, 1974). Esta influência não foi observada através da hipótese levantada na discussão do item 4.2.2, ao se tentar explicar a menor temperatura de dossel em relação ao ar.

Por outro lado a variação de sua velocidade poderia provocar mudanças no fluxo de calor por convecção que por sua vez provocaria uma oscilação da temperatura. Isto é, para uma maior velocidade de vento ter-se-ia uma menor temperatura de dossel. Apesar deste efeito não ser muito pronunciado ele pode ser notado nos Gráficos 4.1, 4.4 e 4.6 (14:00 hs), 4.2 (13:00 hs). O fato deste efeito não aparecer muito pronunciado é devido a maneira pela qual foi medida a velocidade do vento. Ela foi coletada na estação meteorológica, a uma altura de 2 m do solo. Esta situação não indica a real velocidade sobre a cultura, existindo então uma diferença de valores. O segundo ponto a ser observado é a qualidade da medida, que neste caso não foi das mais precisas. A coleta de medidas da velocidade do vento foi feita através do anemômetro de canecas, impróprio para medidas de micrometeorologia e portanto não sensível a pequenas mudanças da velocidade do vento.

O efeito das nuvens na temperatura de dossel se faz através da interrupção da chegada de radiação à superfície do dossel. Esta interrupção faz com que menor quantidade de energia esteja disponível, se traduzindo então numa menor temperatura de dossel. Esta condição é bem expressa pelo valor da radiação líquida do dia 15/07 na parcela A, as 14:00 hs (Gráfico 4.2), que era de 152 w/m<sup>2</sup> (valor coletado com nuvem) enquanto em outros dias no mesmo horário e sem nuvem, os valores

variavam de 400 a 500 w/m<sup>2</sup>. No Gráfico 4.5 e 4.7 nota-se a grande influência de nuvens a partir das 14:00 hs, onde todos os valores de temperatura de dossel caem em função de uma diminuição da radiação líquida disponível, em todas as parcelas (os horários em que a medida se encontra envolta por um círculo, são dados coletados com nuvens).

De uma maneira geral dados da temperatura do ar e temperatura de dossel apresentam um comportamento padrão; sofrem um aumento no período da manhã, atingem um pico e decaem a tarde. Segundo Rosenberg (1974), a radiação líquida máxima ocorre quando a radiação total incidente é máxima, isto é, 12:00 hs e a temperatura do ar atingirá o máximo entre 14:00 e 15:00 hs, dependendo da altura em que está sendo medida.

Os Gráficos 4.1 a 4.7 em que estão plotados os valores de temperaturas de dossel e ar para o período de coleta de dados, ilustram a afirmação acima, na medida em que os picos de temperatura do ar se localizam entre os horários de 14:00 e 15:00 hs. Já o pico, máximo de temperatura de dossel, se apresenta por volta de 13:00 hs portanto uma hora de defasagem. Isto se explica porque as medidas foram feitas na superfície da planta (dossel) e não na mesma altura em que estava sendo coletada a temperatura do ar.

#### 4.2.4 - COMPORTAMENTO DO ÍNDICE (CWSI) EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS DE ÁGUA

Para melhor visualização do comportamento do Índice, os valores foram plotados em Gráficos (4.8 a 4.16). Mesmo com as temperaturas de dossel, na maioria das vezes, sendo menores que as do ar, o índice tem um comportamento lógico, isto é, parte de um valor baixo pela manhã, tem um pico entre 13:00 e 14:00 horas e decai no fim da tarde. No primeiro dia (Gráfico 4.8) já se percebe este comportamento, apesar de ser início de tratamento.

DIA-10/07 GRÁFICO-4.8

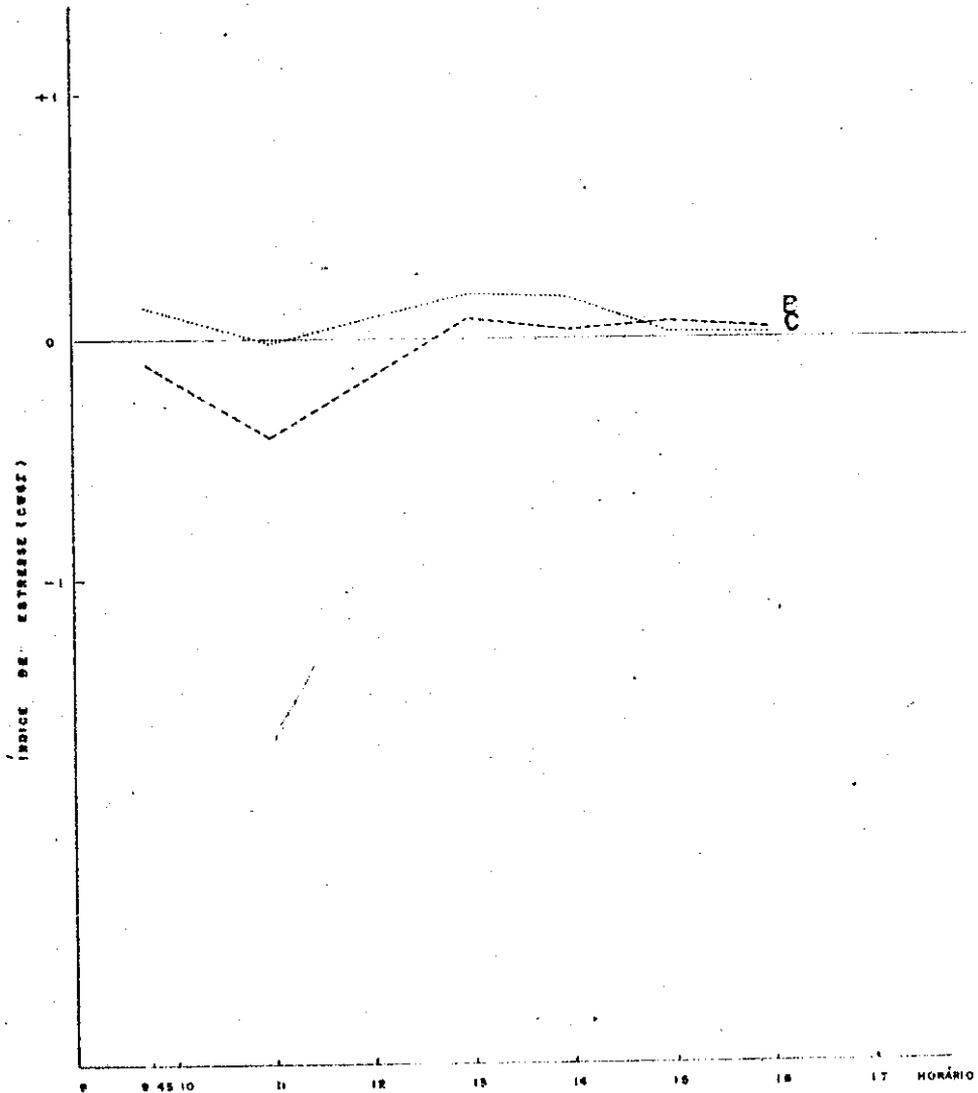


Gráfico 4.8 - Comportamento do Índice, com os tratamentos B e C, em função dos 6 horários de coleta de medidas, para o dia 10/07.

Sente-se uma maior definição das curvas a partir do dia 14/07, quatro dias após o início dos tratamentos, apesar das bruscas variações devido a presença de nuvens (Gráfico 4.9). A parcela C neste dia apresenta valores bem maiores que a B, indicando nos mesmos termos da temperatura de dossel, que a elevação do índice esta se processando numa taxa mais alta. Este comportamento é confirmado pela análise dos parâmetros fisiológicos da planta ( $\psi_F$ ,  $T_F$ ,  $R_S$ ) e do potencial de água no solo ( $\psi_S$ ), que neste período sofrem uma elevação mais rápida na parcela C, que em B (já analisados no item 4.2.1). A hipótese deste comportamento pode ser o mesmo levantado para a temperatura de dossel, isto é, proximidade da parcela B de A. Enquanto que a curva do índice para a parcela B continua a apresentar valores menores.

No Gráfico 4.10 correspondente ao dia 18/07, dia anterior a irrigação em C, observa-se que a curva referente a esta, apresenta valores positivos em torno de 0,40, apesar de não alcançar os mesmos valores encontrados para o dia 14/07 nos horários de 13:00 e 15:00 hs. E neste mesmo gráfico já é notada uma tendência da curva relativa a parcela B de assumir valores positivos indicando uma situação de maior estresse. Esta situação esta de acordo com os dados dos parâmetros fisiológicos da planta ( $\psi_F$ ,  $R_S$  e  $T_F$ ) e o parâmetro do solo ( $\psi_S$ ) que indicam valores mais altos dos que aqueles apresentados no começo do tratamento.

Ao se efetuar a irrigação em C, dia 19/07, e a realização de novas medidas no dia 21/07 (Gráfico 4.11) nota-se uma inversão das curvas, isto é, a parcela C que recebeu água a 2 dias mostra valores menores que a parcela B que até agora não recebeu nenhum tratamento de água. Os valores alcançados neste dia, pela parcela B, variaram de 0,21 a 0,59 enquanto na parcela C os valores ficaram em torno de zero. No dia 22/07 (Gráfico 4.13) os valores tenderam a ficar no patamar de 0,4, apesar do aparecimento de valores com nuvens das 14:00 hs em diante.

DIA-14/07 GRÁFICO 4.9

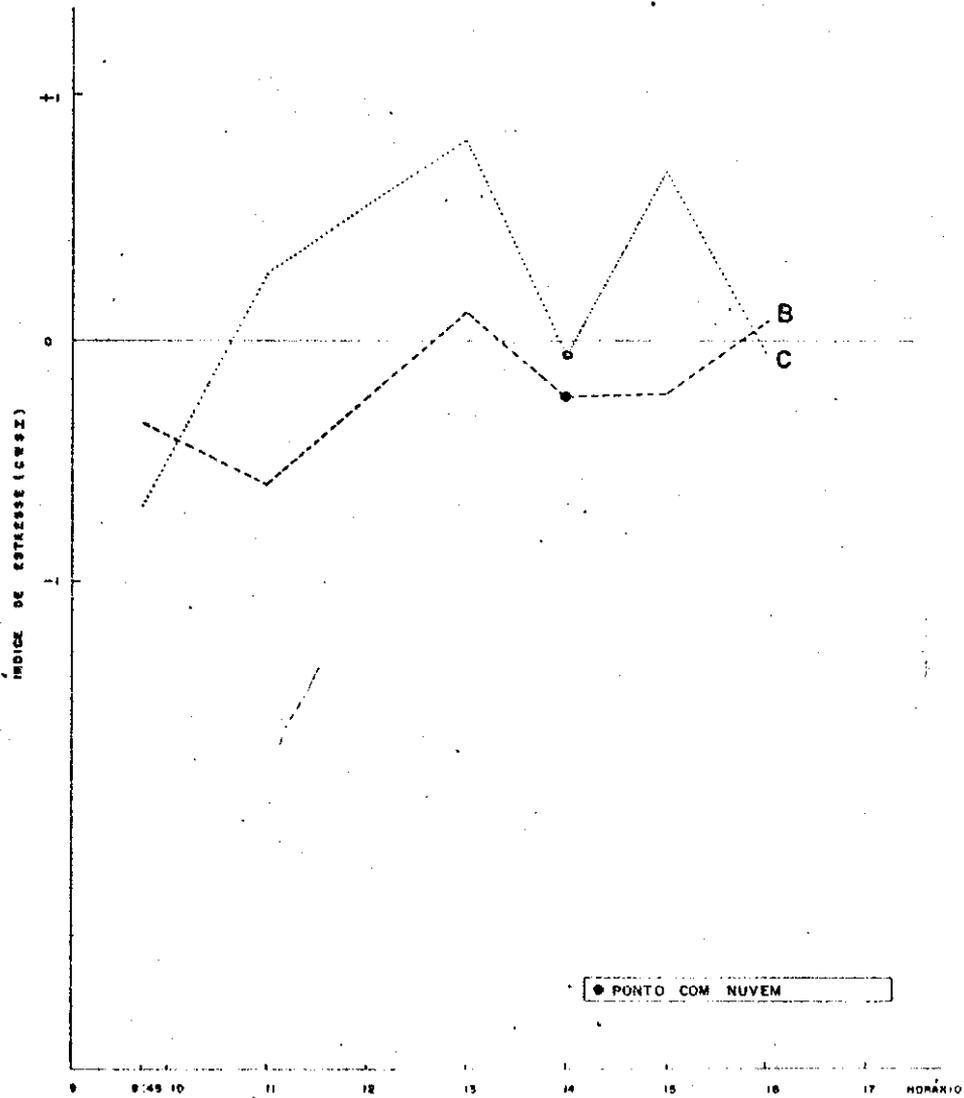


Gráfico 4.9 - Comportamento do índice, com os tratamentos B e C, em função dos 6 horários de coleta de medidas, para o dia 14/07.

DIA-18/07 GRÁFICO-4.10

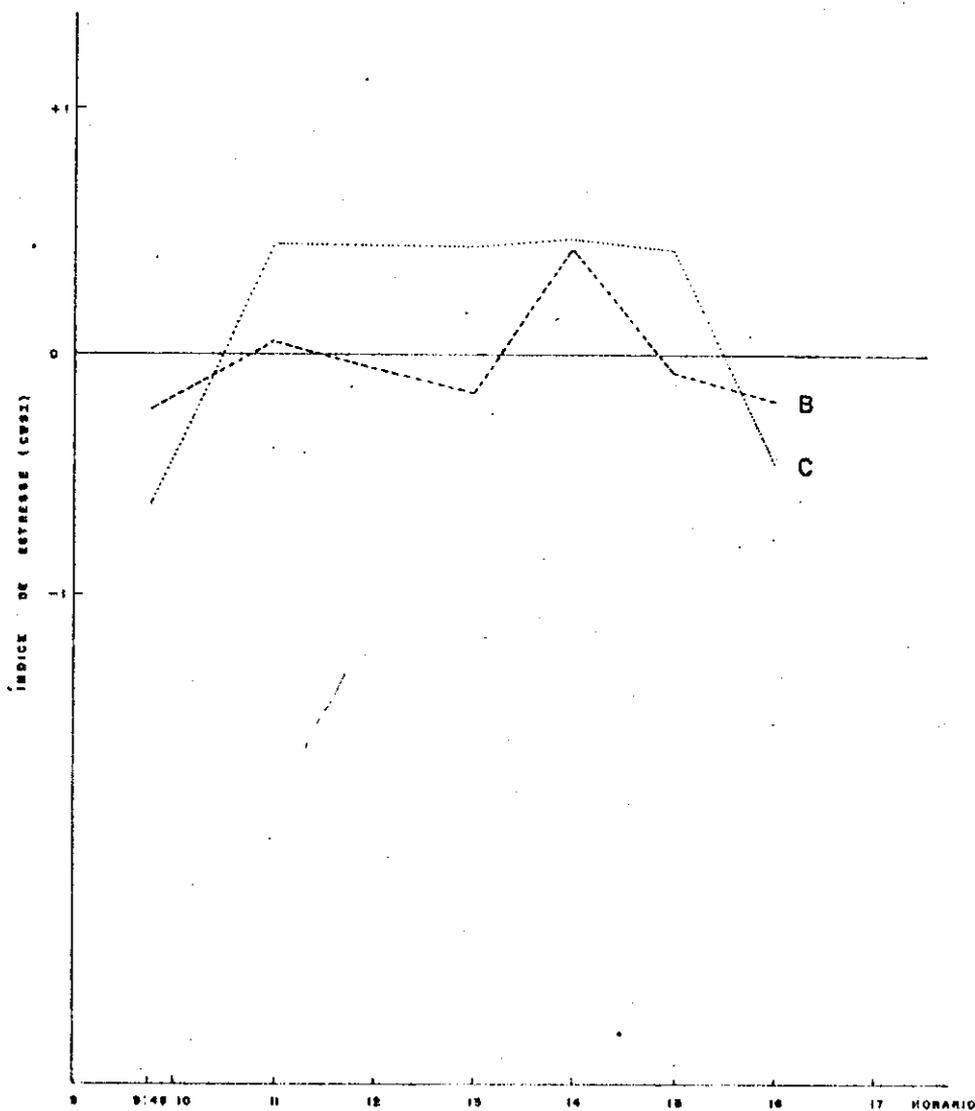


Gráfico 4.10 - Comportamento do Índice, com os tratamentos B e C, em função dos 6 horários de coleta de medidas, para o dia 18/07.

DIA - 21/07 GRÁFICO - 4.11

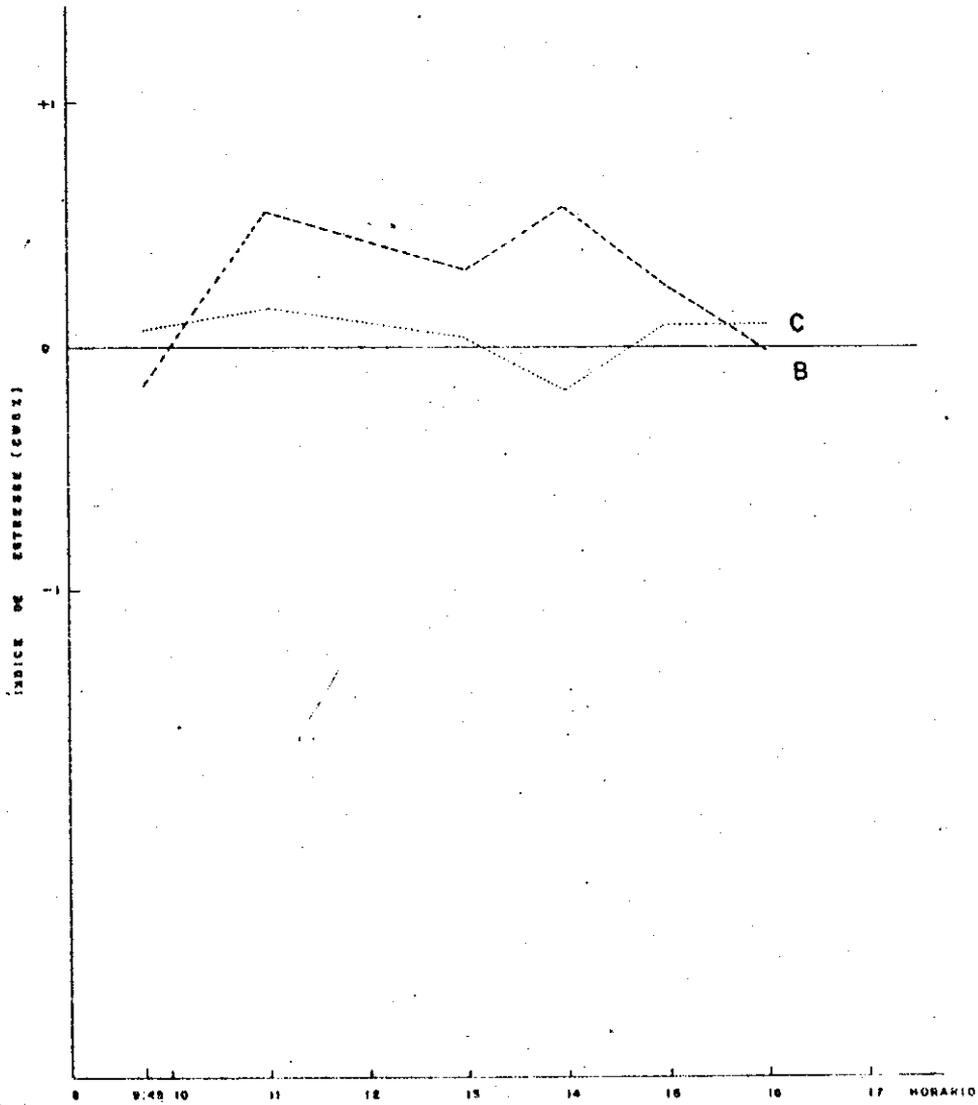


Gráfico 4.11 - Comportamento do Índice, com os tratamentos B e C, em função dos 6 horários de coleta de medidas, para o dia 21/07.

DIA - 22/07 GRÁFICO-4.12

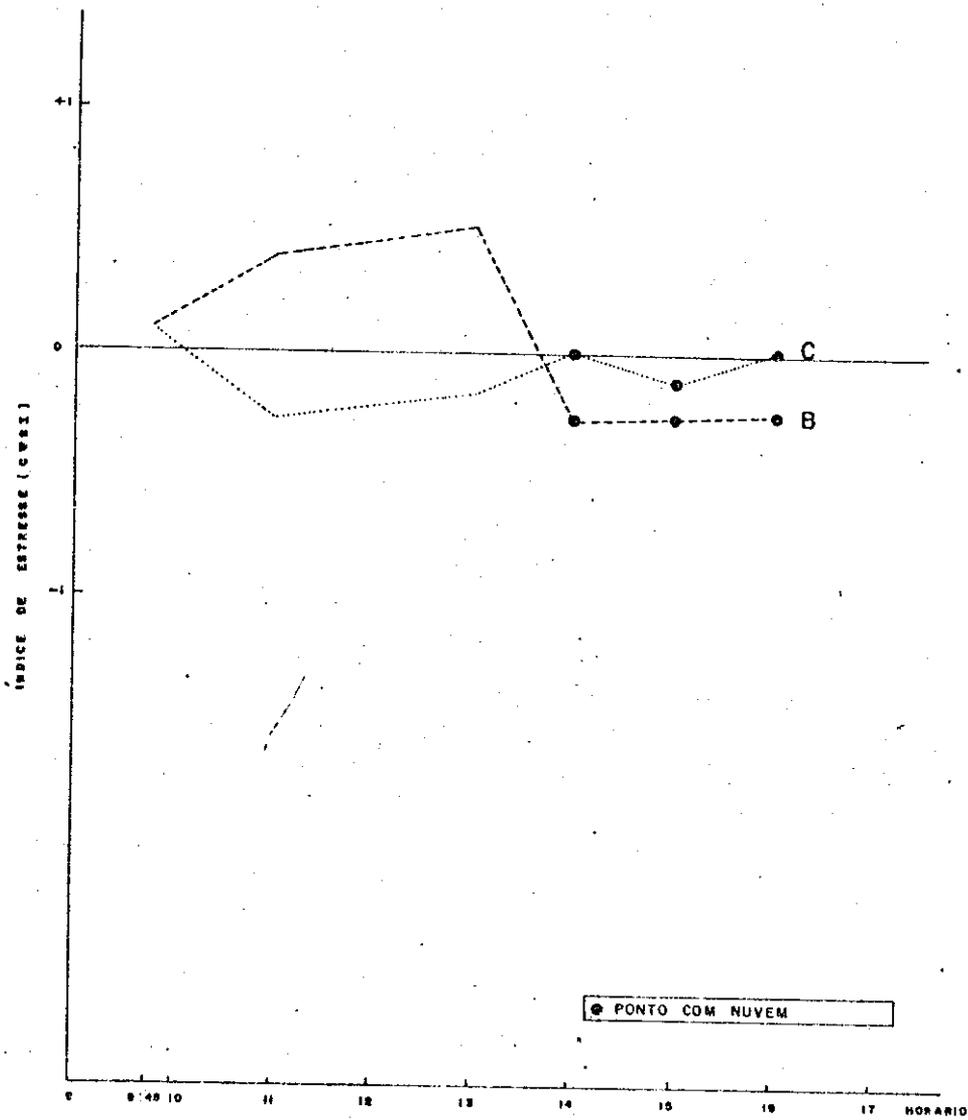


Gráfico 4.12 - Comportamento do Índice, com os tratamentos B e C, em função dos 6 horários de coleta de medidas, para o dia 22/07.

DIA- 23/07 GRÁFICO- 4.13

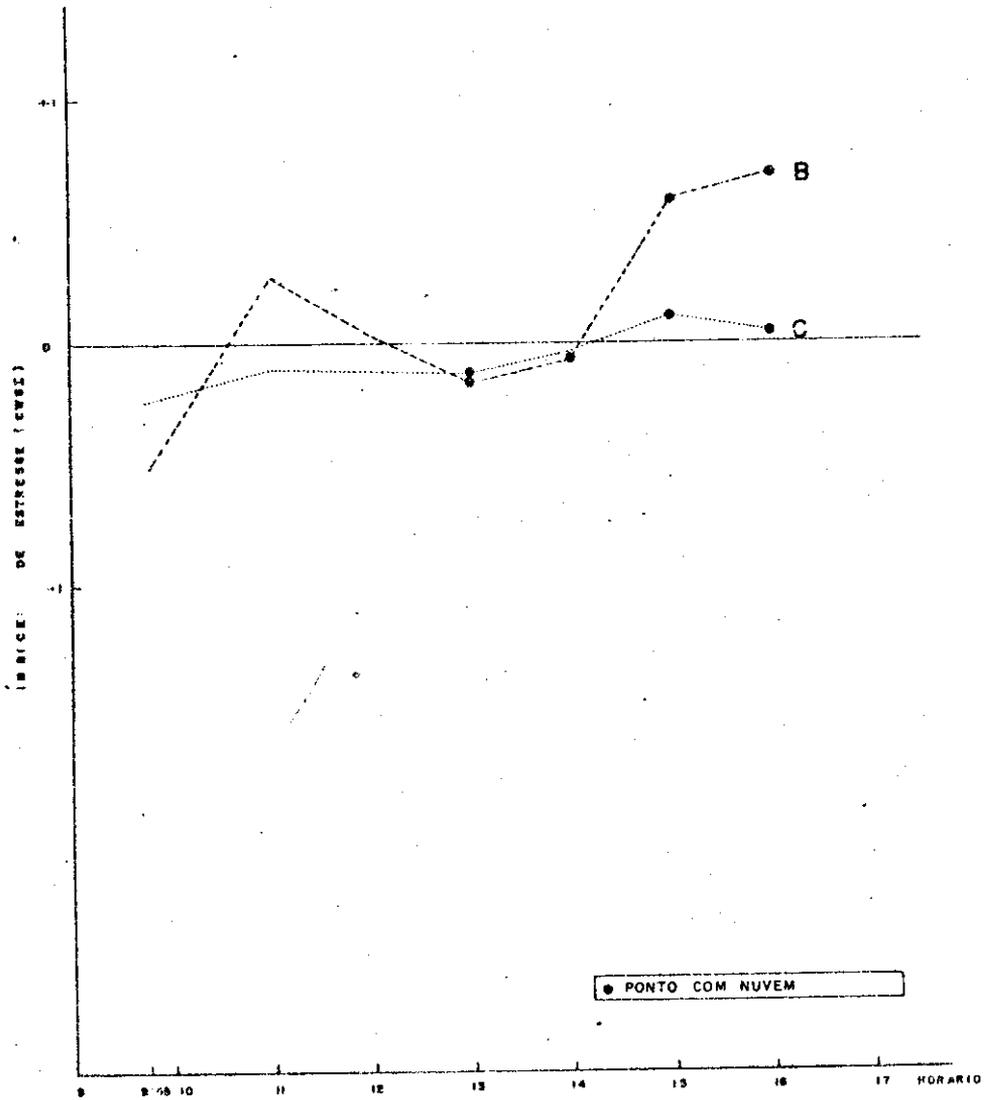


Gráfico 4.13 - Comportamento do índice, com os tratamentos B e C, em função dos 6 horários de coleta de medidas, para o dia 23/07.

DIA - 25/07 GRÁFICO-4.14

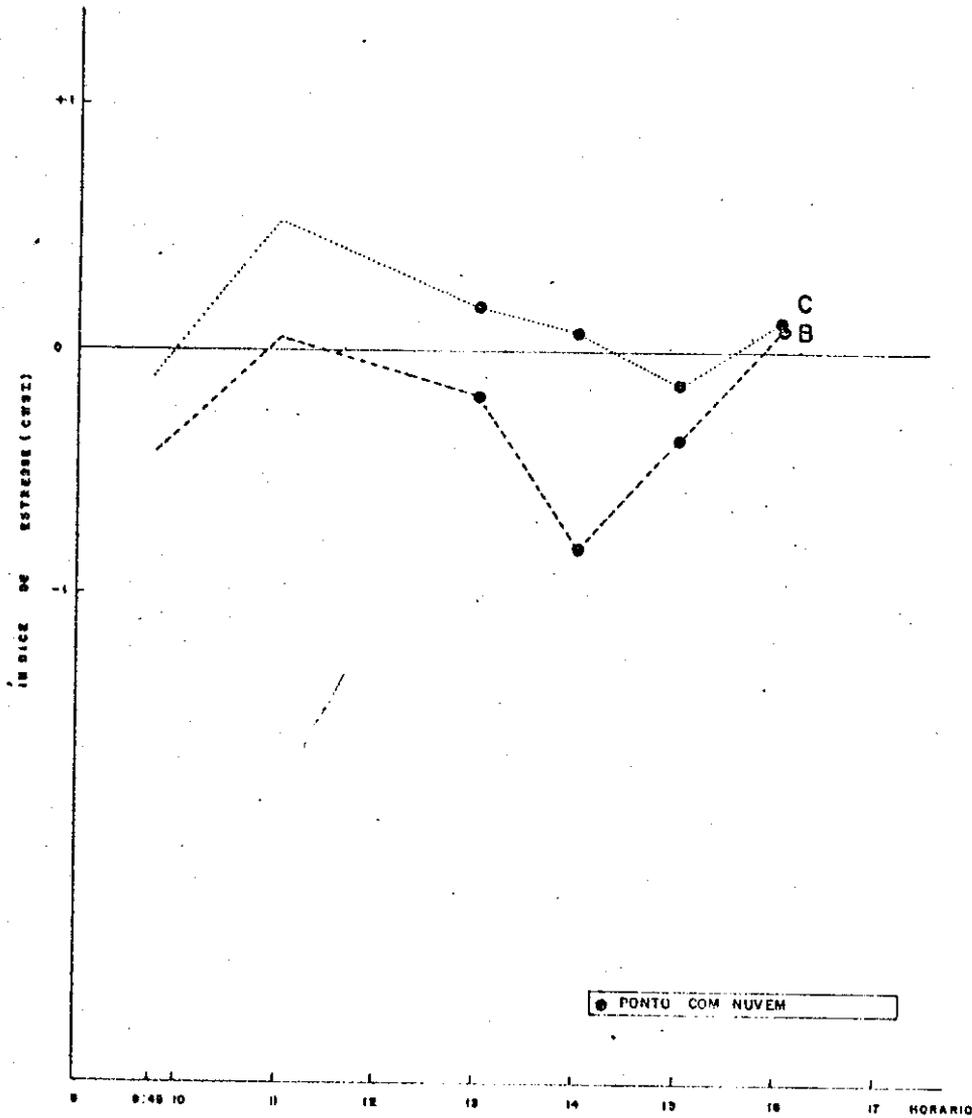


Gráfico 4.14 - Comportamento do índice, com os tratamentos B e C, em função dos 6 horários de coleta de medidas para o dia 25/07.

DIA - 28/07    GRÁFICO-4.15

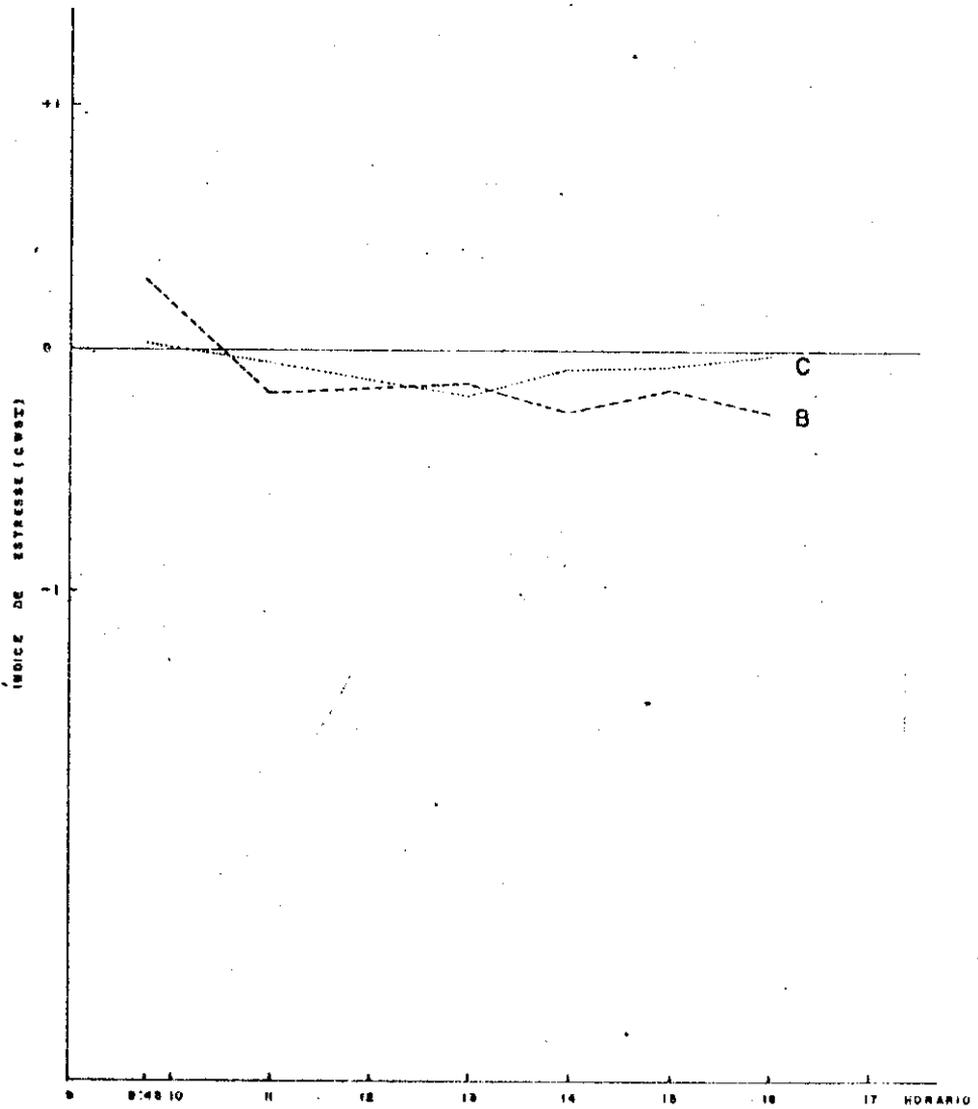


Gráfico 4.15 - Comportamento do índice, com os tratamentos B e C, em função dos 6 horários de coleta de medidas, para o dia 28/07.

DIA- 31/07 GRÁFICO- 4.16

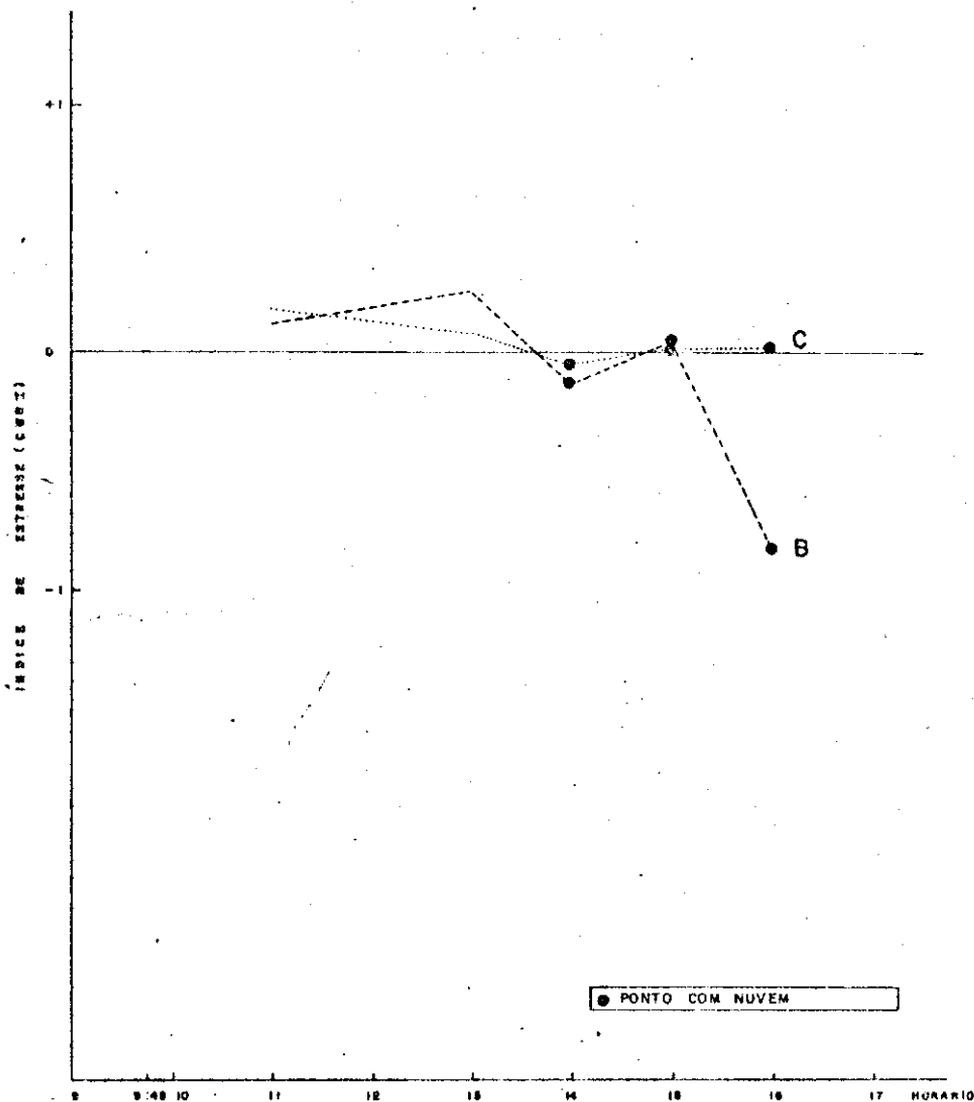


Gráfico 4.16 - Comportamento do índice, com os tratamentos B e C, em função dos 6 horários de coleta de medidas, para o dia 31/07.

Aqui neste gráfico (4.13) se observa que os valores do índice, na parcela C, chegaram a um mínimo. Este período de 3 dias foi o necessário para a planta se adaptar ao tratamento e os valores chegaram a esses níveis.

Um dia antes da irrigação da parcela B (23/07), a curva tem uma tendência também de se manter acima do zero com valores positivos, mas nos horários de 13:00 hs em diante seus valores foram mascarados pelo aparecimento de nuvens. Nota-se que os valores referentes a parcela C já estão se aproximando novamente do zero.

Do dia 25/07 até o fim do experimento as curvas dos valores do índice, nas duas parcelas se mantiveram próximas (Gráficos 4.15 e 4.16), talvez pela influência das chuvas do dia 23/07 e 24/07.



## CAPÍTULO 5

### CONCLUSÕES

Da análise dos dados coletados pode-se chegar as seguintes conclusões:

Observou-se um comportamento da temperatura de dossel, em função dos tratamentos de água, que foi corroborado pelos dados de potencial de água na folha e solo, resistência estomatal e temperatura da folha.

A análise da influência de vento na temperatura radiométrica de dossel se deu de forma superficial por causa da maneira pela qual foram coletadas as medidas (já explicado anteriormente). Mesmo, neste, nível se observa uma influência deste na temperatura agindo de modo inverso, isto é, quanto maior a velocidade menor a temperatura e vice-versa. Já as nuvens tem uma ação bem caracterizada, fazendo com que haja mudanças bruscas no comportamento da temperatura e assim evitando uma análise inclusiva com estes dados.

Com respeito ao índice CWSI também se nota um comportamento, de modo geral, de acordo com os tratamentos de água, inclusive corroborados pelos dados de potencial de água na folha, no solo, resistência estomatal e temperatura da folha.

Devido a maneira pela qual foram coletados os dados, isto é, aparelhos não muito sensíveis, só se pode analisar esta metodologia de modo qualitativo não se podendo chegar a nenhuma conclusão quantitativa.

A análise desta metodologia só de modo qualitativo não a inviabiliza, mas deixa em aberto muitos caminhos, os quais podem servir de temas para futuros trabalhos, principalmente pelo fato de conter uma gama muito grande de parâmetros que devem ser analisados mais detalhadamente e verificados a influência que cada um tem dentro do índice CWSI.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY. Glossary of meteorology.  
Boston, MA, 1959.
- ASTON, A.R.; VAN BAVEL, C.H.M. Soil surface water depletion and leaf temperature. Agronomy Journal, 64(3):368-373, May/June 1972.
- BARTHOLIC, J.F.; NAMKEN, L.N.; WIEGAND, C.L. Aerial thermal scanner to determine temperatures of soils and of crop canopies differing in water stress. Agronomy Journal, 64(5):603-608, Sept./Oct. 1972.
- BERLINER, P.; OOSTERHUIS, D.M.; GREEN, G.C. Evaluation of the infrared thermometer as a crop stress detector. Agricultural and Forest Meteorology, 31(3/4):219-230, June 1984.
- BLAD, B.L.; ROSENBERG, N.S. Measurements of crop temperature by leaf thermocouple, infrared thermometry, and remotely sensed thermal imagery. Agronomy Journal, 68(4):635-641, Jul/Aug. 1976.
- CHOU DHURY, B. Simulating the effects of weather variables and soil water potential on corn canopy temperature. Agricultural Meteorology, 29(3):169-182, Jul. 1983.
- CLARK, R.N.; HILER, E.A. Plant measurements as indicators of crop water deficit. Crop Science, 13(s.f.):466-469, 1973.
- CLAWSON, K.L.; BLAD, B.L. Infrared thermometry for scheduling irrigation of corn. Agronomy Journal, 72(2):311-316, Mar/Apr. 1982.
- DIAZ, R.A.; MATTHIAS, A.D.; HANKS, R.J. Evapotranspiration and yield estimation of spring wheat from canopy temperature. Agronomy Journal, 75(5):805-810, Sept/Oct. 1983.
- DOOREMBOS, J.; KASSAM, A.H. Yield response to water. Rome, FAO, 1979. (FAO - Plant Production and Protection, Paper n<sup>o</sup> 33).
- EATON, F.M.; BELDEN, G.O. Leaf temperature of cotton and their relation to transpiration, varietal differences and yields. Technical Bulletin, V. 91, 39 p. 1929.

- EHRLER, W.L. Cotton leaf temperatures as related to soil water depletion and meteorological factors. Agronomy Journal, 65(3): 404-409, May/June 1973.
- EHRLER, W.L.; IDSO, S.B.; JACKSON, R.D.; REGINATO, R.J. Diurnal changes in plant water potential and canopy temperatures as affected by drought. Agronomy Journal, 70(6):999-1004, Nov./Dec. 1978.
- Wheat canopy temperature: relation to plant water potential. Agronomy Journal, 70(2):251-256, Mar./Apr. 1978a.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisas Pedológicas. Mapa Esquemático dos solos da Região Norte, Meio-Norte e Centro-Oeste do Brasil - Texto Explicativo. Rio de Janeiro, 1975, p. 98-101 (Boletim Técnico nº 17).
- EPIPHANIO, J.C.N. Sensoriamento Remoto termal para avaliação de produtividade e deficiência hídrica de milho (Zea mays L.) na região dos Cerrados. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, São José dos Campos, INPE, Abr. 1983. 123 p. (INPE-2704-TDL/129).
- ESPINOZA, W.; AZEVEDO, L.G.; JARRETA JR., M. O clima da região dos cerrados em relação à agricultura. Planaltina, DF, EMBRAPA, Jul. 1982.
- ESPINOZA, W.; SILVA, E.M.; SOUZA, O.C. Irrigação de trigo em solo de cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 15(1):107-115, Jan. 1980.
- FUCHS, M.; TANNER, C.B. Infrared thermometry of vegetation. Agronomy Journal, 58(6):597-601, Nov./Dec. 1966.
- GARDNER, B.R.; BLAD, B.L.; GARRITY, D.P.; WATTS, D.G. Relationships between crop temperature, grain yield, evapotranspiration and phenological development in two hybrids of moisture stressed sorghum. Irrigation Science, 2(s.f.):213-224, 1981a.
- GARDNER, B.R.; BLAD, B.L.; WATTS, D.G. Plant and air temperatures in differentially-irrigated corn. Agricultural Meteorology, 25(3):207-217, Dec. 1981.

- GATES, D.M. Characteristics of soil and vegetated surface to reflected and emitted radiation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, Ann Arbor, MI, Oct. 14-16, 2 ed., 1964. Proceedings. Ann Arbor, MI. University of Michigan, Nov. 1965, p. 573-600.
- HATFIELD, J.L.; REGINATO, R.J.; IDSO, S.B. Evaluation of canopy temperature-evapotranspiration models over various crops. Agricultural and Forest Meteorology, 32(1):41-53, July 1984.
- IDSO, S.B.; JACKSON, R.D.; EHRLER, W.L.; MITCHELL, S.T. A method for determination of infrared emittance of leaves. Ecology, 50(s.f.): 899-902, 1969.
- IDSO, S.B.; JACKSON, R.D.; PINTER JR., P.J.; HATFIELD, R.J. Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. Agricultural Meteorology, 24(1):45-55, May 1981.
- IDSO, S.B.; JACKSON, R.D.; REGINATO, R.J. Remote Sensing of Crop Yields. Science, 196(4285):19-24, Apr. 1977.
- JACKSON, R.D. Canopy temperature and crop water stress. In: HILLEL, D. ed. Advances in Irrigation. New York, N.Y., Academic Press, 1982, v. 1, p. 43-80.
- \_\_\_\_\_ Interactions between canopy geometry and thermal infrared measurements. In: COLLOQUE INTERNATIONAL SIGNATURES SPECTRALES D'OBJETS EN TÉLÉDÉTECTION, Avignon, Set. 8-11, 1981. Montfavet, France, I.N.R.A., 1981, p. 291-302.
- JACKSON, R.D.; IDSO, S.B.; REGINATO, R.J.; PINTER JR., P.J. Canopy temperature as a crop water stress indicator. Water Resources Research, 17(4):1133-1138, Aug. 1981.
- JACKSON, R.D.; PINTER JR., P.J. Detection of water stress in wheat by measurement of reflected solar and emitted thermal IR radiation. In: COLLOQUE INTERNATIONAL SIGNATURES SPECTRALES D'OBJETS EN TÉLÉDÉTECTION, Avignon, Set. 8-11, 1981. Montfavet, France, I.N.R.A., 1981. p. 399-406.

- JACKSON, R.D.; REGINATO, R.J.; IDSO, S.B. Wheat canopy temperatures: a practical tool for evaluation water requirements. Water Resources Research, 13(3):651-656, June 1977.
- JOHNSON, V.A. Agronomists and food: contributions and challenges. Madison, WI. American Society of Agronomy, 1977. p. 37.
- KHERA, K.L.; SANDHU, B.S. Canopy temperature of sugarcane as influenced by irrigation regime. Agricultural and Forest Meteorology, 37(3): 245-258, Aug. 1986.
- KIMES, D.S. Effects of vegetation canopy structure on remotely sensed canopy temperatures. Remote Sensing of Environment, 10(3):165-174, Nov. 1980.
- \_\_\_\_\_ Azimutal radiometric temperature measurements of wheat canopies. Applied Optics, 20(7):1119-1121, Apr. 1980a.
- KIMES, D.S.; IDSO, S.B.; PINTER JR., P.J.; REGINATO, R.J.; JACKSON, R.D. View angle effects in the radiometric measurement of plant canopy temperatures. Remote Sensing of Environment, 10(4):273-284, Dec. 1980.
- LORENZ, D. Temperature measurements of natural surfaces using infrared radiometers. Applied Optics, 7(9):1705-1710, Sept. 1968.
- LUCHIARI JR., A.; RESENDE, M. Determinação do coeficiente de cultura ( $K_c$ ) para o trigo irrigado em áreas de cerrado do Planalto Central Brasileiro. In: REUNIÃO ANUAL DA COMISSÃO NORTE BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 9, EMBRAPA/CPAC, 1982, 2 p.
- LUCHT, L.A.M. O uso da temperatura de radiação para detectar o estresse de água da cultura de cana-de-açúcar. São José dos Campos, INPE, 1980. (INPE-1767-TDL/028).
- MATSUSHITA COMMUNICATION INDUSTRIAL, Radio Telecommunication Department. Pyroelectric infrared thermometer - model ER-2008: manual de instrução. Yokohama, Japan. National, 27 p.
- MILLER, E.C.; SAUNDERS, A.R. Some observations on the temperature of leaves of crop plants. Journal of Agriculture Research, 16(s.f.): 15-18, 1923.

- MONTEITH, J.L. Principles of environmental physics. New York, American Elsevier, 1973. 243 p.
- MONTEITH, J.L.; SZEICZ, G. Radiative temperature in heat balance of natural surface. Quarterly Journal of Royal Meteorological Society, 88(s.f.):496-507, 1962.
- MOTA, F.S. Clima e zoneamento para a triticultura no Brasil. In: FUNDAÇÃO CARGILL, Trigo no Brasil, Campinas, Fundação Cargill, 1982. v. 1, p. 29-58.
- MTUI, T.A.; KANEMASU, E.T.; WASSOM, C. Canopy temperatures, water use and water use efficiency of corn genotypes. Agronomy Journal, 73(4):639-643, July/Aug. 1981.
- NIXON, P.R.; NAMKEN, L.N.; WIEGAND, C.L. Spatial and temporal variation of crop canopy temperatures and implications for irrigation scheduling. SCHAHAKHI, F., ed. Remote sensing of the earth resources. Tullahoma, T.N. University of Tennessee, 1973. v. 2, p. 643-657.
- PALMER, J.H. Diurnal variation in leaf and boll temperatures of irrigated cotton grown under two soil moisture regimes in a semi-arid climate. Agricultural Meteorology, 4(s.f.):39-54, 1967.
- PARSON, A.J. Directionality in emitted infrared radiation from grassy surfaces. International Journal of Remote Sensing, 6(6):903-910, 1985.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. Soc. London Ser. A, 193:120-145, 1948.
- RASCHKE, K. Heat transfer between plant and the environment. In: ANNUAL REVIEW PLANT PHYSIOLOGY. Palo Alto, C.A., Annual Reviews, 1960. v. 11, p. 111-126.
- REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L. A água, o solo e a planta. Water, soil and the plant. São Paulo, EPU-EDUSP, 1976. 170 p.

- ROSENBERG, N.J. Evapotranspiration. In: MICROCLIMATE: The Biological Environment. John Wiley and Sons. New York, 1974. Cap. 7, p. 159-194.
- SHARRATT, B.S.; REICOSK, D.C.; IDSO, S.B.; BAKER, D.G. Relationships between leaf water potential, canopy temperature, and evapotranspiration in irrigated and non irrigated alfalfa. Agronomy Journal, 75(5):891-894, Sept./Oct. 1983.
- SILVA, A.R. A cultura do trigo nos cerrados no Brasil Central. In: FUNDAÇÃO CARGILL. Trigo no Brasil. Campinas, Fundação Cargill, 1982, v. 2, p. 591-620.
- SILVA, A.R.; CALDAS LEITE, J.; MAGALHÃES, J.C.A.J.; NEUMAIER, N. A cultura do trigo irrigada nos cerrados do Brasil Central. Planaltina, D.F. EMBRAPA/CPAC. Jan. 1980 (Circular Técnica nº 01).
- STEWART, B.A.; MUSICK, J.T.; DUSEK, D.A. Yield and water use efficiency of grain sorghum in a limited irrigation-dryland farming system. Agronomy Journal, 75(4):629-634, July/Aug. 1983.
- SLATYER, R.O. Development and significance of internal water deficits. In: PLANT-WATER relationships. London, Academic, 1967c. Cap. 8, p. 237-274 (Series of Monography).
- \_\_\_\_\_ Environmental aspects of plant-water relationships. In: PLANT-WATER RELATIONSHIPS: London, Academic, 1967b. Cap. 2, p. 27-64. (Series of Monography).
- \_\_\_\_\_ Plant-water relationships. London. Academic Press, 1967a. 366 p.
- SUMAYAO, C.R.; KANEMASU, E.T.; BRAKKE, T.W. Using leaf temperature to assess evapotranspiration and advection. Agricultural Meteorology, 22(2):153-166, Nov. 1980.
- TANNER, C.B. Evaporation of water from plants and soil. In: KOZLOWSKI, T.T. Water deficits and plant growth. Development, control and measurement. Academic Press. New York. 1968. v. 1, Cap. 4, p. 73-106.

- TANNER, C.B. Plant temperatures. Agronomy Journal, 55(s.f.):210-211, 1963.
- THOFELT, L.; RUFELT, H. A note on the influence of a wind break on plant temperature. Agricultural and Forest Meteorology, 32(1): 01-11, July 1984.
- TUBELIS, A.; SOUZA, F.G.A. Determinação do período crítico de irrigação na cultura do trigo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 17(8):1193-1198, Agosto 1982.
- WANJURA, D.F.; KELLY, C.A.; WENOT, C.W.; HATFIELD, J.L. Canopy temperature and water stress of cotton crops with complete and partial ground cover. Irrigation Science, 5(1):36-46, 1984.
- WIEGAND, C.L.; NANKEN, L.N. Influences of plant moisture stress, solar radiation and air temperatures on cotton leaf temperature. Agronomy Journal, 58(s.f.):582-586, 1966.