

EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA, RESISTÊNCIA ESTOMÁTICA
E PARÂMETROS AERODINÂMICOS DA CULTURA
DE MILHO (*Zea mays* L.)

CLOVIS ALBERTO VOLPE

Orientador: Dr. ORIVALDO BRUNINI

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz" da Uni-
versidade de São Paulo, para obtenção
do título de Doutor em Agronomia. Área
de Concentração: "Solos e Nutrição de
Plantas".

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Junho, 1986

Ao meu pai e ao meu avô, que sempre me acompanham, e
na certeza que os encontrarei em outra esfera de LUZ

MINHA HOMENAGEM ESPECIAL

Aos Professores CARLOS NOBRE ROSA (*in memoriam*) e BRÁULIO
LEMONS, os primeiros a me mostrarem a importância e os ca-
minhos da ciência

MINHA HOMENAGEM

À minha mãe APARECIDA e à minha avó MARIA, exemplos de
dedicação aos filhos, pelas orações

DEDICO

À minha esposa ELAINE e aos meus filhos ERIKA, ESIMERE e
CLOVIS, que me ajudam a ter

o azul do céu

o verde das plantas

e o doce do mel

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. ORIVALDO BRUNINI, pela orientação e amizade.

Ao Prof. Dr. NILSON A. VILLA NOVA, pela orientação inicial no curso de pós-graduação e pela amizade e constante apoio.

Aos pesquisadores científicos, ROGÉRIO R. ALFONSI, MARCELO B. PAES DE CAMARGO, MARIO J. PEDRO JR. e ALTINO ALDO ORTOLANI, da Seção de Climatologia Agrícola, do Instituto Agrônômico, SAAESP, pela efetiva participação na execução do projeto de pesquisa.

Aos Profs. Dr. JOSÉ CARLOS BARBOSA e Dr. EUCLIDES BRAGA MA
LHEIROS pela colaboração no tratamento dos dados.

Aos Srs. LUIS ANDRÉ MACEDO, JOSÉ CARLOS FABRI e ADAMASTOR POLASTRO (in memorian), funcionários da Seção de Climatologia do Institu
to Agrônômico, SAAESP, pela colaboração na coleta dos dados.

Aos colegas professores do Departamento de Ciências Exatas da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, UNESP, pelo apoio e estímulo.

Aos colegas professores do Departamento de Física e Meteoro
logia da ESALQ/USP, pelos valiosos ensinamentos e trocas de idéias durante a realização do Curso de Pós-Graduação.

Ao Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP, pela oportunidade de realizar o curso.

Ao Instituto Agronômico, SAAESP, pelas facilidades e cooperação oferecidas na realização dos ensaios de campo.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP; Campus de Jaboticabal, pela possibilidade de realizar o curso.

Ao MEC/SESU/CAPES-PICD, pela bolsa de estudo oferecida.

À FINEP, pelo recurso financeiro dado ao projeto.

À Fundação Cargill pelo auxílio fornecido para a execução do estudo e ao Dr. GLAUCO P. VIEGAS, pelas sugestões apresentadas.

À Seção de Milho e Cereais Diversos do Instituto Agronômico, SAAESP, pela cessão das sementes utilizadas.

À Srta. MARIA JOSÉ SERVIDONE, pelo serviço de datilografia.

Ao Prof. ARGEMIRO OLIVEIRA SOUSA, pela revisão do texto.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
RESUMO.....	xix
SUMMARY.....	xxiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Considerações gerais.....	4
2.2. Considerações sobre a planta.....	6
2.3. Balanço hídrico e eficiência no uso da água.....	10
2.4. Resistência estomática e aerodinâmica ao fluxo de vapor d'água.....	20
2.5. Parâmetros aerodinâmicos.....	28
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1. Caracterização dos experimentos.....	34
3.1.1. Local e solo.....	34
3.1.2. Cultivares, sementeiras e tratamentos culturais.....	35
3.1.3. Delineamento estatístico.....	36
3.2. Crescimento da cultura.....	37
3.2.1. Índice de área foliar.....	40
3.2.2. Peso da matéria seca.....	41
3.2.3. Taxa de crescimento da cultura.....	41
3.2.4. Eficiência na conversão de matéria seca em grãos....	42
3.3. Análise de produção.....	43
3.4. Balanço hídrico.....	43
3.4.1. Equação do balanço hídrico de campo.....	44
3.4.2. Determinação dos componentes do balanço hídrico....	44
3.4.2.1. Variação do armazenamento da água no solo.	45
3.4.2.2. Drenagem profunda.....	46

	Página
3.4.2.3. Precipitação pluvial e irrigação.....	52
3.5. Evapotranspiração de referência.....	54
3.6. Eficiência no uso da água.....	55
3.7. Resistência estomática à difusão de vapor d'água.....	55
3.8. Radiação fotossinteticamente ativa.....	58
3.9. Deficit de pressão de vapor d'água.....	60
3.10. Parâmetros aerodinâmicos.....	60
3.10.1. Superfície e época das observações.....	60
3.10.2. Instrumental.....	61
3.10.2.1. Anemômetros.....	61
3.10.2.2. Termômetros.....	61
3.10.3. Perfil médio do vento próximo à superfície.....	61
3.10.4. Caracterização da estabilidade atmosférica.....	62
3.10.5. Determinação do deslocamento do plano zero (d); do parâmetro de rugosidade (z_0); e da resistência ae rodinâmica ao fluxo de vapor d'água (r_a).....	63
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
4.1. Crescimento da cultura.....	66
4.1.1. Número de folhas por planta e índice de área foliar	66
4.1.2. Acumulação de matéria seca.....	71
4.1.2.1. Peso da matéria seca de folhas por unidade de área de terreno.....	71
4.1.2.2. Peso da matéria seca de colmos por unidade de área de terreno.....	74
4.1.2.3. Peso da matéria seca de brácteas, ráquis e grãos por unidade de área de terreno.....	77
4.1.2.4. Peso da matéria seca total por unidade de área de terreno.....	77
4.2. Balanço hídrico.....	89
4.2.1. Primeiro experimento.....	89
4.2.2. Segundo experimento.....	102
4.3. Eficiência no uso da água.....	117
4.4. Resistência estomática à difusão do vapor d'água.....	125

	Página
4.5. Parâmetros aerodinâmicos.....	157
5. CONCLUSÕES.....	182
6. LITERATURA CITADA.....	186

LISTA DE TABELAS

Tabela nº		Página
1	Composição granulométrica e massa específica global das várias camadas dos solos das áreas em estudo.....	35
2	Número médio de folhas por plantas de três cultivares de milho e resultados da análise de variância e do teste de Tukey. Campinas, 82/83.....	67
3	Índice de área foliar de três cultivares de milho e resultados da análise de variância e do teste de Tukey. Campinas, 82/83.....	70
4	Peso médio da matéria seca de folhas por unidade de área de terreno (g.m^{-2}) de três cultivares de milho e resultados da análise de variância e do teste de Tukey. Campinas, 82/83.....	73
5	Peso médio da matéria seca de folhas secas por unidade de área de terreno (g.m^{-2}) de três cultivares de milho e resultados da análise de variância e do teste de Tukey. Campinas, 82/83.....	75
6	Peso médio da matéria seca de colmos por unidade de área de terreno (g.m^{-2}) de três cultivares de milho e resultados da análise de variância e do teste de Tukey. Campinas, 82/83.....	76
7	Peso médio da matéria seca de brácteas por unidade de área de terreno (g.m^{-2}) de três cultivares de milho e resultados da análise de variância e do teste de Tukey. Campinas, 82/83.....	78
8	Peso médio da matéria seca de ráquis por unidade de área de terreno (g.m^{-2}) de três cultivares de milho e resultados da análise de variância e do teste de Tukey. Campinas, 82/83.....	79

Tabela nº		Página
9	Peso médio da matéria seca de grãos por unidade de área de terreno (g.m^2) de três cultivares de milho e resultados da análise de variância e do teste de Tukey. <u>Campinas</u> , 82/83.....	80
10	Peso médio da matéria seca total por unidade de área de terreno (g.m^2) de três cultivares de milho e resultados da análise de variância e do teste de Tukey. <u>Campinas</u> , 82/83.....	81
11	Funções logísticas que descrevem o acúmulo de matéria seca total em três cultivares de milho. <u>Campinas</u> , 82/83..	83
12	Funções logísticas que descrevem o acúmulo de matéria seca total em três cultivares de milho. <u>Campinas</u> , 81/82..	84
13	Relação entre a matéria seca de grãos e a matéria seca de folhas mais colmos de três cultivares de milho e resultados das análises de variância e do teste de Tukey. <u>Campinas</u> , 82/83.....	87
14	Relação entre a matéria seca de grãos e a matéria seca total exceto a de grãos de três cultivares de milho e resultados das análises de variância e do teste de Tukey. <u>Campinas</u> , 82/83.....	90
15	Relação entre a matéria seca de grãos e a matéria seca das espigas de três cultivares de milho e resultados das análises de variância e do teste de Tukey. <u>Campinas</u> , 82/83.....	91
16	Relação entre a matéria seca de grãos e a matéria seca total de três cultivares de milho e resultados das análises de variância e do teste de Tukey. <u>Campinas</u> , 82/83..	92

Tabela nº	Página
17	Dados de precipitação pluvial (P), variação do armazenamento de água no solo (ΔA), drenagem profunda (D), evapotranspiração real (ETR) e porcentagem de perdas por drenagem profunda para o cultivar IAC-Maya (2 parcelas). Campinas, 81/82..... 93
18	Dados de precipitação pluvial (P), variação do armazenamento de água no solo (ΔA), drenagem profunda (D), evapotranspiração real (ETR) e porcentagem de perdas por drenagem profunda para o cultivar IAC-Maya Latente (2 parcelas). Campinas, 81/82..... 94
19	Dados de precipitação pluvial (P), variação do armazenamento de água no solo (ΔA), drenagem profunda (D), evapotranspiração real (ETR) e porcentagem de perdas por drenagem profunda para o cultivar Cargill-601 (2 parcelas). Campinas, 81/82..... 95
20	Umidade relativa média (\overline{UR}); velocidade média do vento (\overline{U}); coeficiente de tanque (K_p); evaporação média do tanque Classe A (\overline{ECA}); evapotranspiração de referência média e por período (E_{To}) durante o 1º experimento (81/82) 98
21	Dados médios diários da evapotranspiração de referência (E_{To}) e da evapotranspiração real (ETR) durante o ciclo de três cultivares de milho (2 parcelas). Campinas, 81/82. 99
22	Dados de precipitação (P); irrigação (I); variação do armazenamento de água no solo (ΔA); drenagem profunda (D); evapotranspiração real (ETR) e da porcentagem de perdas por drenagem profunda para o cultivar IAC-Maya (Parcelas 1 e 4). Campinas, 82/83..... 103
23	Dados de precipitação (P); irrigação (I); variação do armazenamento de água no solo (ΔA); drenagem profunda (D); evapotranspiração real (ETR) e da porcentagem de perdas por drenagem profunda para o cultivar IAC Maya (Parcelas 2 e 3). Campinas, 82/83..... 104

Tabela nº		Página
24	Dados de precipitação (P); irrigação (I); variação do armazenamento de água no solo (ΔA); drenagem profunda (D); evapotranspiração real (ETR) e da porcentagem de perdas por drenagem profunda para o cultivar IAC-Maya Latente (Parcelas 1 e 4). Campinas, 82/83.....	105
25	Dados de precipitação (P); irrigação (I); variação do armazenamento de água no solo (ΔA); drenagem profunda (D); evapotranspiração real (ETR) e da porcentagem de perdas por drenagem profunda para o cultivar IAC-Maya Latente (Parcelas 2 e 3). Campinas, 82/83.....	106
26	Dados de precipitação (P); irrigação (I); variação do armazenamento de água no solo (ΔA); drenagem profunda (D); evapotranspiração real (ETR) e da porcentagem de perdas por drenagem profunda para o cultivar Cargill-601 (Parcelas 1 e 4). Campinas, 82/83.....	107
27	Dados de precipitação (P); irrigação (I); variação do armazenamento de água no solo (ΔA); drenagem profunda (D); evapotranspiração real (ETR) e da porcentagem de perdas por drenagem profunda para o cultivar Cargill-601 (Parcelas 2 e 3). Campinas, 82/83.....	108
28	Umidade relativa média (\overline{UR}); velocidade média do vento (\overline{U}); coeficiente de tanque (K_p); evaporação média do tanque Classe A (\overline{ECA}); evapotranspiração de referência média e por período (ET_o) durante o 2º experimento (82/83)	112
29	Dados médios diários da evapotranspiração de referência (ET_o) e da evapotranspiração real (ETR) durante o ciclo de três cultivares de milho (4 parcelas). Campinas, 82/83.....	114
30	Eficiência no uso da água para a produção de matéria seca de três cultivares de milho. Campinas, 82/83.....	117

Tabela nº		Página
31	Eficiência no uso da água para a produção máxima de matéria seca total obtida através das curvas ajustadas.....	119
32	Consumo de água, produtividade de grãos e eficiência no uso da água para a produção de grãos (13% de umidade) de três cultivares de milho. Campinas, 81/82.....	122
33	Consumo de água, produtividade de grãos e eficiência no uso da água para a produção de grãos (13% de umidade) de três cultivares de milho. Campinas, 82/83.....	123
34	Valores de F, valores médios e teste de Tukey para resistência estomática total.....	133
35	Valores de F e coeficiente de variação para a análise das resistências estomáticas adaxial e abaxial.....	134
36	Valores de F para o desdobramento dos graus de liberdade da interação significativa horário x superfície, valores médios e teste de Tukey para resistência estomática.....	136
37	Valores de resistências estomáticas de dois cultivares de milho em função da radiação fotossinteticamente ativa	145
38	Valores de F e coeficiente de variação para a análise das temperaturas da folha.....	154
39	Valores de F para o desdobramento dos graus de liberdade da interação significativa horário x superfície, valores médios e teste de Tukey para temperatura da folha.....	155
40	Valores de F para o desdobramento dos graus de liberdade da interação significativa horário x cultivar, valores médios e teste de Tukey para temperatura da folha.....	156
41	Perfis da velocidade do vento ($m.s^{-1}$) acima de uma cultura de milho. Campinas, 09/02/82.....	161
42	Perfis da temperatura do ar (oC) acima de uma cultura de milho. Campinas, 09/02/82.....	162

Tabela nº		Página
43	Perfis da velocidade do vento ($m.s^{-1}$) acima de uma cultura de milho. Campinas, 11/02/82.....	163
44	Perfis da temperatura do ar ($^{\circ}C$) acima de uma cultura de milho. Campinas, 11/02/82.....	164
45	Caracterização da estabilidade atmosférica pelo número de Richardson (Ri). Cultura de milho. Campinas, 09/02/82. $Z_1 = 3,00$ e $Z_2 = 4,10$ m	165
46	Caracterização da estabilidade atmosférica pelo número de Richardson (Ri). Cultura de milho. Campinas, 11/02/82. $Z_1 = 3,00$ e $Z_2 = 4,10$ m.....	166
47	Valores de d , z_0 , d/h e z_0/h para vários perfis de velocidade do vento próximos à neutralidade. Cultura de milho. Campinas, 09 e 11/02/82. $h = 2,80$ m.....	175
48	Valores da velocidade de fricção (u^*), resistência aerodinâmica ao fluxo de momentum (r_{am}) e resistência aerodinâmica ao fluxo de vapor d'água (r_a).....	180

LISTA DE FIGURAS

Figura nº		Página
1	Vista geral da área do primeiro experimento (as parcelas menores foram usadas para a análise de produção). <u>Campinas</u> , 81/82.....	38
2	Vista geral da área do segundo experimento. <u>Campinas</u> , 82/83.....	39
3	Curva característica para a camada de 0 a 60 cm do solo do primeiro experimento (82/83).....	48
4	Curva característica para a camada de 0 a 60 cm do solo do segundo experimento (82/83).....	49
5	Infiltração horizontal da água no solo em função da raiz quadrada do tempo, para a camada (0 - 60 cm) do solo do primeiro experimento (81/82).....	50
6	Condutividade hidráulica em função da umidade do solo (81/82).....	51
7	Condutividade hidráulica em função da umidade do solo (82/83).....	53
8	Número de folhas por planta de três cultivares de milho. <u>Campinas</u> , 82/83.....	69
9	Índice de área foliar de três cultivares de milho. <u>Campinas</u> , 82/83.....	72
10	Acúmulo de matéria seca total em três cultivares de <u>mi</u> lho. <u>Campinas</u> , 82/83.....	82
11	Acúmulo de matéria seca nas diversas partes da planta de três cultivares de milho. <u>Campinas</u> , 82/83.....	85
12	Taxa de crescimento da cultura de três cultivares de <u>mi</u> lho. <u>Campinas</u> , 82/83.....	86

Figura nº		Página
13	Eficiência na conversão de matéria seca em grãos de três cultivares de milho. Campinas, 82/83.....	88
14	Evapotranspiração de referência, evapotranspiração acumulada de três cultivares de milho e precipitação pluviométrica nos períodos de análise. Campinas, 81/82.....	97
15	Razão entre a evapotranspiração real (ETR) e de referência (ET _o) obtida através de dados do tanque Classe A durante o ciclo de três cultivares de milho. Campinas, 81/82.....	100
16	Evapotranspiração real observada durante as fases fenológicas de três cultivares de milho e precipitação diária média nos períodos de análise. Campinas, 82/83.....	110
17	Evapotranspiração de referência, evapotranspiração acumulada de três cultivares de milho e precipitação pluviométrica nos períodos de análise. Campinas, 82/83.....	111
18	Razão entre a evapotranspiração real (ETR) de três cultivares de milho e a evapotranspiração de referência (ET _o). Campinas, 82/83.....	116
19	Variação da eficiência no uso da água para a produção de matéria seca de folhas durante o ciclo de três cultivares de milho. Campinas, 82/83.....	120
20	Variação da eficiência no uso da água para a produção de matéria seca de colmos durante o ciclo de três cultivares de milho. Campinas, 82/83.....	120
21	Variação da eficiência no uso da água para a produção de matéria seca total durante o ciclo de três cultivares de milho. Campinas, 82/83.....	121
22	Perfis de umidade do solo nos dias em que foram efetuadas as medidas de resistência estomática.....	126

Figura nº		Página
23	Variação diária da resistência estomática abaxial à difusão de vapor d'água para três cultivares de milho. Campinas, 30/12/81.....	128
24	Variação diária da resistência estomática adaxial, abaxial e total à difusão de vapor d'água para três cultivares de milho. Campinas, 18/02/82.....	129
25	Variação diária da resistência estomática das folhas de dois cultivares de milho crescendo sem restrição de água. Campinas, 24/11/82.....	137
26	Variação diária da radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície adaxial de folha de milho. Campinas, 24/11/82.....	139
27	Relação entre resistência estomática adaxial e radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior da folha do cultivar de milho IAC-Maya Latente.....	140
28	Relação entre resistência estomática adaxial e radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior da folha do cultivar de milho Cargill-601.....	140
29	Relação entre resistência estomática abaxial e radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior da folha do cultivar de milho IAC-Maya Latente.....	141
30	Relação entre resistência estomática abaxial e radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior da folha do cultivar de milho Cargill-601.....	141
31	Relação entre resistência estomática total e radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior da folha do cultivar de milho IAC-Maya Latente.....	142

Figura nº		Página
32	Relação entre resistência estomática total e radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior da folha do cultivar de milho Cargill-601.....	142
33	Relação entre resistências estomáticas adaxial, abaxial e total e a radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior da folha de milho....	143
34	Variação diária da temperatura do ar e do déficit de pressão de vapor d'água do ar. a) 17 de novembro; b) 18 de novembro de 1982.....	149
35	Relação entre a resistência estomática total e o déficit de pressão de vapor. a) no interior da cultura (1,60 m da superfície do solo); b) acima da cultura (3,20 m da superfície do solo).....	151
36	Variação diária da temperatura das folhas do cultivar de milho IAC-Maya Latente crescendo sem restrição de água. Campinas, 24/11/82.....	158
37	Variação diária da temperatura das folhas do cultivar de milho Cargill-601 crescendo sem restrição de água. Campinas, 24/11/82.....	159
38	Perfis de velocidade do vento ($m.s^{-1}$) acima de uma cultura de milho. Campinas, 09/02/82 (Perfis 1, 8, 9 e 15) (h = 2,80 m).....	167
39	Perfis de velocidade do vento ($m.s^{-1}$) acima de uma cultura de milho. Campinas, 11/02/82 (Perfis 16, 17 e 18) (h = 2,80 m).....	168
40	Perfis de velocidade do vento ($m.s^{-1}$) acima de uma cultura de milho. Campinas, 11/02/82 (Perfis 19, 20 e 21) (h = 2,80 m)	169
41	Representação gráfica de $\ln(z - d)$ versus velocidade do vento (u). Campinas, 09/02/82 (Perfis 1 e 8).....	170

Figura nº		Página
42	Representação gráfica de $\ln(z - d)$ versus velocidade do vento (u). Campinas, 09/02/82 (Perfis 9 e 15).....	171
43	Representação gráfica de $\ln(z - d)$ versus velocidade do vento (u). Campinas, 11/02/82 (Perfis 16 e 17).....	
44	Representação gráfica de $\ln(z - d)$ versus velocidade do vento (u). Campinas, 11/02/82 (Perfis 18 e 19).....	173
45	Representação gráfica de $\ln(z - d)$ versus velocidade do vento (u). Campinas, 11/02/82 (Perfis 20 e 21).....	174
46	Relação entre as razões d/h e z_0/h com a velocidade do vento (u) medida a 3,00 m da superfície do solo.....	176
47	Relação entre as razões d/h e z_0/h com a velocidade do vento (u) medida a 4,10 m da superfície do solo.....	177
48	Relação entre as razões d/h e z_0/h com a velocidade do vento (u) medida a 6,60 m da superfície do solo.....	178

EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA, RESISTÊNCIA ESTOMÁTICA E PARÂMETROS
AERODINÂMICOS DA CULTURA DE MILHO (*Zea mays* L.)

CLOVIS ALBERTO VOLPE

Orientador: ORIVALDO BRUNINI

RESUMO

O presente trabalho foi conduzido com os objetivos de determinar a eficiência no uso da água para a produção de matéria seca e de grãos, a resistência estomática à difusão do vapor d'água e os parâmetros aerodinâmicos, para a cultura do milho (*Zea mays* L.). O estudo foi realizado com as variedades IAC-Maya, IAC-Maya Latente e o híbrido Cargill-601, durante os anos agrícolas 1981/82 e 1982/83. Os experimentos foram instalados na Estação Experimental do Instituto Agronômico de Campinas, em área de superfície plana, cujo solo é Latossol Roxo.

Os parâmetros fisiológicos foram determinados através de amostragens quinzenais das plantas. Os parâmetros fisiológicos analisados foram: índice de área foliar, taxa de crescimento da cultura, eficiência da planta para a produção de grãos, produtividade total de grãos e eficiência no uso da água para a produção de grãos e de matéria seca.

A evapotranspiração real (consumo de água), determinada através do balanço hídrico de campo, foi relacionada com a evapotranspiração de referência, estimada através da evaporação do tanque Classe A.

A resistência estomática à difusão do vapor d'água foi medida com um porômetro "steady-state". As resistências estomáticas adaxial

e abaxial foram medidas separadamente, e a resistência total foi calculada assumindo que as superfícies da folha atuam como resistores em paralelo.

Os parâmetros aerodinâmicos foram determinados através de perfis de vento, medidos sobre o cultivar IAC-Maya. As temperaturas seca e úmida do ar foram obtidas simultaneamente com a velocidade do vento, usando termopares de cobre-constantan.

Os resultados indicaram que o híbrido Cargill-601 apresentou, em relação às variedades, menor ciclo, menor número de folhas, menor produtividade biológica e maior índice de colheita. A taxa de crescimento da cultura foi pequena no início do desenvolvimento, alcançando valores máximos, cerca de 80 dias após a emergência.

Houve diferença entre cultivares e diferença de ano para ano no consumo de água. Considerando os dois anos agrícolas, os consumos médios de água foram 538,5 mm; 487,6 mm e 458,7 mm para os cultivares IAC-Maya, IAC-Maya Latente e Cargill-601, respectivamente, enquanto que a evapotranspiração de referência média foi de 444,4 mm. A razão entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração de referência para o cultivar IAC-Maya foi de 1,11, no primeiro e no segundo experimento; para o cultivar IAC-Maya Latente foi 0,93, no primeiro, e de 1,10, no segundo experimento; e para o cultivar Cargill-601 de 1,14 e 1,22, no primeiro e no segundo experimento, respectivamente.

Não houve, entre os cultivares, diferença na eficiência no uso da água para a produção de matéria seca de folhas, colmos, espigas e total. A eficiência no uso da água para a produção de matéria seca total, obtida através da função logística, foi de 3,25; 3,48 e 3,14 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$, pa

ra os cultivares IAC-Maya, IAC-Maya Latente e Cargill-601, respectivamente. A eficiência no uso da água, média dos dois experimentos, para a produção de grãos (13% de umidade), foi 1,15; 1,20 e 1,34 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mm}^{-1}$, para os cultivares IAC-Maya, IAC-Maya Latente e Cargill-601, respectivamente.

Em condições de baixa umidade no solo (potencial matricial de -0,2 e -0,4 MPa), observou-se a maior sensibilidade para o fechamento dos estômatos no cultivar IAC-Maya Latente, nos horários de maior demanda evaporativa da atmosfera. Em condições de alta umidade no solo (potencial matricial de -0,02 MPa), a resistência estomática total do cultivar IAC-Maya Latente não diferiu do Cargill-601. Os valores observados no início da manhã foram significativamente superiores aos observados no decorrer do dia. Em ambos os cultivares, a resistência estomática adaxial foi superior à resistência estomática abaxial.

Em solo úmido (potencial matricial de -0,02 MPa), a relação entre a resistência estomática e a densidade de fluxo de radiação fotosinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior da folha, foi hiperbólica, para um intervalo de 100 a 2500 $\mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$. Em irradiância superior a 700 $\mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$, foi linear a relação entre a resistência estomática total e o déficit de pressão de vapor d'água do ar. Aumento do déficit de pressão resultou em decréscimo da resistência estomática total.

Na fase do pendoamento e em condições próximas à neutralidade, a razão entre o deslocamento do plano zero (d) e a altura da cultura (h) variou de 0,62 a 0,81, e a razão entre o parâmetro de rugosidade (z_0) e a altura da cultura variou de 0,13 a 0,32. Os valores médios foram 0,74 e 0,20, respectivamente. Houve dependência de d e de z_0 com a velocidade do vento. Observou-se a tendência de d/h aumentar e z_0/h diminuir com a

velocidade do vento. A resistência aerodinâmica à difusão de vapor d'água variou, durante o dia, de 0,15 a 0,24 s.cm⁻¹, com um valor médio de 0,19 s.cm⁻¹.

WATER USE EFFICIENCY, STOMATAL RESISTANCE AND AERODYNAMIC
PARAMETERS FOR CORN CROP (*Zea mays* L.)

Candidate: CLOVIS ALBERTO VOLPE

Adviser: ORIVALDO BRUNINI

SUMMARY

Three corn varieties IAC-Maya, IAC-Maya Latente and Car
gill-601 were evaluated as to water use efficiency, stomatal resistance
and aerodynamic parameters, during two growing season 1981/82 and 1982/83.
Field plots were carried out at the Central Experimental Station of Instit
turo Agronômico de Campinas in a flat area of an oxisol.

Fortnightly plant samplings were made to determine physiologu
ical parameters such as: leaf area index, crop growth rate, grain yield
efficiency, total grain yield, and water use efficiency for grain and dry
matter production.

Actual evapotranspiration was determined by field water balu
ance, and it was related to reference evapotranspiration, which was calu
culated by Class A pan (USWB) evaporation.

The stomatal resistance of the horizontal portion of a leaf
was measured with a steady-state porometer. The adaxial and abaxial stou
matal resistance were measured separately on adjacent portions of the
leaf and total resistance was calculated assuming that the two leaf suru
face acted as parallel resistors.

The aerodynamic parameters were determined from wind prou

files measured over a uniform stand of the variety IAC-Maya. Dry and humid air temperatures were obtained simultaneously with windspeed, using cooper-constantan thermocouples.

Hybrid variety Cargill-601 presented with relation to the others varieties: the shortest plant cycle, the lowest number of leaves and the lowest biological yield, but the highest index. Growth crop rate was small during initial stages of development and it reached maximum values about 80 days after emergency of the plants.

With relation to water use, differences exist among cultivars and between years. Considering both field plots, water use for IAC-Maya, IAC-Maya Latente and Cargill-601 were 538,5 mm; 487,6 mm and 458,7 mm, respectively, however average reference evapotranspiration was 444,4 mm. The rates between real evapotranspiration and reference evapotranspiration for cultivar IAC-Maya was 1,11 in both crop years; for cultivar IAC-Maya was 0,90 in first year and 1,10 for the second year, and for Cargill-601 was 1,14 and 1,22 for both years, respectively.

No differences among varieties for water use efficiency were detected for dry matter production of leaves, stalks, ears and total. Water use efficiency for total dry matter production, obtained by logistic function, was 3,25; 3,48 and 3,14 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mm}^{-1}$ for varieties IAC-Maya, IAC-Maya Latente and Cargill-601, respectively. Considering both experiments, the average water efficiency for grain production (13% of moisture) was 1,15; 1,20 and 1,34 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mm}^{-1}$ for IAC-Maya, IAC-Maya Latente and Cargill-601, respectively.

At low soil moisture (matricial potential of -0,2 and -0,4 MPa), a greater sensibility for stomatal closing was observed for variety

IAC-Maya Latente, during periods of high atmosphere evaporative demand.

At high soil moisture (matricial potential of $-0,02$ MPa) total stomatal resistance of variety IAC-Maya Latente did not differ from Cargill-601. Observed values during early morning were significantly higher than those obtained along day hours. In both varieties, adaxial stomatal resistance was higher than abaxial stomatal resistance. The relation between stomatal resistance photosynthetically active radiation, incident upon the adaxial leaf surface was a hiperbolic function, for an interval of 100 to 2500 $\mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$. In irradiance higher than 700 $\mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$, the relation between total stomatal resistance and air vapor pressure deficit was a linear function. Increases on vapor pressure deficits brought out decreases of total stomatal resistance.

During tasseling period and in near neutral conditions, the relationship between zero plane displacement (d) and crop height (h), it varied from 0,62 a 0,81, and the relation between roughness parameter (z_0) and crop height varied from 0,13 to 0,32. Values of d and z_0 were dependent of windspeed; d/h increase and z_0/h decrease, with windspeed. The aerodynamic resistance to water vapor diffusion varied daily from 0,15 to 0,24 $\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$ with an average value of 0,19 $\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda pela água exige que a sua utilização, na agricultura, seja feita com eficiência, principalmente no que se refere àquela aplicada na irrigação.

A ampliação dos conhecimentos teóricos sobre o estado e o movimento da água no solo, na planta e na atmosfera, aliada ao desenvolvimento simultâneo de técnicas experimentais, tem permitido o surgimento de modelos mais realistas, que utilizam o conceito de resistência (analogia à lei de Ohm dos circuitos elétricos), para a determinação das necessidades de água pelas culturas agrícolas.

A taxa de absorção, translocação e transpiração da água pelas plantas não é função exclusiva da quantidade ou do potencial da água no solo mas, também, da capacidade do solo em transmitir água para a zona das raízes em taxa suficiente para atender a taxa de transpiração que, por sua vez, depende de certas características fisiológicas da planta e das condições micrometeorológicas. A resistência estomática entre as características da planta e o deslocamento do plano zero, parâmetro de rugosidade e resistência aerodinâmica à transferência de vapor d'água, são fato

res fundamentais que afetam a taxa de perda d'água da planta para a atmosfera.

Na maioria das culturas, em solo com alta umidade, a resistência estomática varia com a irradiância e com o genótipo, e a resistência aerodinâmica com a velocidade do vento e com a geometria da superfície (parâmetros aerodinâmicos).

A capacidade de utilização da radiação solar é um dos mais importantes fatores que limitam a produtividade potencial do milho. A razão entre a produção total de matéria seca (produtividade biológica) ou a produção total de grãos e a quantidade de água evapotranspirada, conhecida como eficiência no uso da água, indica, indiretamente, a capacidade de aproveitamento da radiação solar, e é um fator ecofisiológico que tem merecido atenção em muitos estudos.

Em nossas condições, não são muitos os trabalhos que procuram determinar os parâmetros ecofisiológicos e aerodinâmicos dos diferentes cultivares de milho.

Realizou-se, então, o presente estudo com os cultivares de milho (*Zea mays* L.) IAC-Maya, IAC-Maya Latente e Cargill-601, crescendo em condições de campo, com os objetivos de:

- a) determinar o consumo e a eficiência no uso da água;
- b) observar a variação diária da resistência estomática da superfície superior (adaxial), da superfície inferior (abaxial) e total da folha;
- c) relacionar as resistências estomáticas com a irradiância (fluxo de fótons de radiação fotossinteticamente ativa):

d) determinar os parâmetros aerodinâmicos da superfície do cultivar IAC-Maya.

Pretende-se, com este trabalho ecofisiológico e micrometeorológico, contribuir, através de dados, com subsídios para futuras pesquisas em melhoramento e irrigação do milho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Considerações gerais

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais mais importantes do mundo. A cada ano são cultivados mais de 100 milhões de hectares e colhidos cerca de 250 milhões de toneladas de grãos. Áreas adicionais são cultivadas e colhidas como silagem para a alimentação de animais confinados. Embora originário de região tropical, mais de dois terços do total de grãos colhidos no mundo são de regiões de altas latitudes, as quais constituem somente 40% da área de produção (NEILD e RICHMAN, 1981).

O milho é cultivado desde a latitude de 58°N, no Canadá e União Soviética, até 40°S, na Argentina, graças ao grande número de variedades e híbridos existentes (CAMARGO, 1966).

No Brasil a cultura do milho é a mais extensamente plantada abrangendo área superior a 12 milhões de hectares. Nas regiões centro e sul são colhidos mais de dois terços da safra brasileira (VIEGAS, 1980).

O clima das regiões de cultivo varia do temperado para tropical, e a cultura desenvolve-se durante o período quando a temperatura

ra média diária do ar é superior a 15°C e livre de geadas. O milho é bastante sensível à geada, particularmente no estágio inicial de desenvolvimento, mas é tolerante às condições atmosféricas de calor e seca, desde que haja suficiente quantidade de água disponível no solo para a planta, e as temperaturas estejam abaixo de 45°C (DOORENBOS e KASSAM, 1979).

Em regiões de altas latitudes, onde o verão é curto com dias longos, são plantados os cultivares precoces, e a produtividade média do milho é maior do que a obtida nos trópicos; cerca de 4,0 vezes no campo e cerca de 2,5 vezes em parcelas experimentais. Esta diferença entre 4,0 e 2,5 reflete bem o atraso tecnológico dos agricultores dos trópicos. A diferença obtida em parcelas experimentais é causada por fatores climáticos, especialmente o fotoperíodo e a temperatura do ar (CHANG, 1981).

Cálculos teóricos de MONTEITH (1965 b) sugerem que para uma radiação diária de 400 cal.cm².diá⁻¹ a taxa de fotossíntese aumenta em 15% quando o fotoperíodo aumenta de 12 para 16 horas.

A temperatura do ar afeta a fotossíntese, a respiração, a translocação de fotossintetizados e o desenvolvimento da cultura, principalmente no período de enchimento dos grãos. De acordo com EVANS (1975), a planta de milho crescendo em baixas latitudes não tem eficiente mobilização de fotossintetizado do colmo para os grãos, devido às altas temperaturas. As temperaturas inferiores a 10°C diminuem bastante a fotossíntese e o desenvolvimento da planta (BROWN, 1970).

As respostas da planta de milho às temperaturas baixas e altas variam com o genótipo. Trabalhando com 22 raças de milho, DUNCAN e HESKETH (1968) observaram que para temperaturas baixas as raças de alta latitude, relativamente, tiveram maior taxa de crescimento de folhas e maior

peso da matéria seca na época da colheita. Para temperaturas elevadas, as raças de alta latitude, relativamente, tiveram menor taxa fotossintética líquida. O número de folhas aumentou com o aumento da temperatura.

Quanto à germinação dos grãos de pólen, os genótipos de milho também diferem em suas respostas à temperatura do ar. Os resultados obtidos por HERRERO e JOHNSON (1980) sugerem que prolongada exposição à temperatura acima de 32°C pode reduzir, a níveis perto de zero, a germinação do grão de pólen em muitos genótipos.

No milho, o comprimento do dia (fotoperíodo) influi no número de folhas, no tamanho médio das folhas, na área foliar e no número de dias exigidos da emergência ao florescimento (COLIGADO e BROWN, 1975; HUNTER, 1980; ROOD e MAJOR, 1980). De acordo com HUNTER *et alii* (1974) os genótipos de milho diferem na resposta ao comprimento do dia, existindo genótipos altamente sensíveis, intermediários e insensíveis.

Os efeitos combinados do comprimento do dia e da temperatura do ar no número de folhas e na duração do período vegetativo do milho diferem de acordo com o genótipo (TOLLENAAR e HUNTER, 1983; RUSSEL e STUBER, 1983; RUSSEL e STUBER, 1985).

2.2. Considerações sobre a planta

Segundo ANDERSON e CHOW (1963), a potencialidade de crescimento de uma planta de milho vai depender dos genes maiores que controlam a altura como também dos genes menores que determinam uma herança quantitativa; e a ação desses dois mecanismos, assim como as interações entre eles, é que determinará este caráter (citados por ARAUJO, 1984).

HESKETH *et alii* (1969) citam que o número de folhas em milho é um atributo que difere com o genótipo e com as alterações da temperatura e fotoperíodo. É, portanto, determinado geneticamente, mas é afetado pelas variáveis ambientais e práticas culturais (ALLEN *et alii*, 1973). TOLLENAAR e HUNTER (1983) verificaram em milho híbrido precoce que, na transição do estágio vegetativo para o reprodutivo (emissão da inflorescência terminal), o número de folhas era igual à metade do número de folhas final. DUNCAN e HESKET (1968) citam que não se desenvolvem folhas novas no colmo principal do milho depois da iniciação da inflorescência terminal e que, portanto, o número de folhas é um índice fisiológico da idade do florescimento.

O índice de área foliar varia com o genótipo e com as condições ambientais. No início do desenvolvimento das plantas este índice é baixo e a maior parte da radiação incidente não é aproveitada diretamente pela folha. Com o desenvolvimento da cultura pode ocorrer o sombreamento, quando as folhas passam a competir entre si. Normalmente, no período do florescimento o índice de área foliar é máximo, passando a declinar em seguida (TOLLENAAR, 1977).

A síntese, translocação, partição e acúmulo dos produtos fotossintetizados dentro da planta são controlados geneticamente e influenciados pelo ambiente (SNYDER e CARLSON, 1984).

SAYRE (1948) estudou a distribuição de matéria seca do milho em função do tempo e concluiu que o acúmulo de matéria seca total é ligeiramente sigmóide. HANWAY e RUSSEL (1969), estudando onze híbridos de milho, constataram que a taxa diária de acúmulo de matéria seca foi semelhante para todos os híbridos, porém com variação na proporção relativa

da matéria seca acumulada nas partes reprodutivas e não reprodutivas. HANWAY (1962) constatou que os pesos secos da planta inteira e do grão se acham direta e altamente relacionados com o peso das folhas.

O processo de crescimento da planta de milho compreende quatro fases distintas (TANAKA e YAMAGUCHI, 1972): a) vegetativa inicial, onde a produção de matéria seca é pequena e as folhas estão sendo formadas; b) vegetativa ativa, na qual acham-se em desenvolvimento folhas, colmo e primórdios dos órgãos reprodutivos, havendo inicialmente um aumento ativo no peso das folhas e depois do colmo; c) inicial de enchimento dos grãos, onde há um contínuo aumento no peso das folhas e colmo, porém em menor velocidade, enquanto que as palhas e o sabugo continuam a ganhar peso, havendo início de formação dos grãos; d) fase ativa de enchimento de grão, a qual se caracteriza por um ganho maior do peso dos grãos e um decréscimo do peso das folhas, colmo, palhas e sabugo (ráquis). De acordo com FREY (1981), o estágio crítico no desenvolvimento do milho, que está altamente dependente do fornecimento de assimilados para a formação do grão, compreende o período de duas a três semanas após 50% dos estigmas terem emergido. SIMMONS e JONES (1985) relatam que menos de 10% da matéria seca final dos grãos é resultado de assimilados produzidos antes da emergência dos estigmas.

ADELANA e MILBOURN (1972) verificaram em híbridos de milho que a taxa de crescimento aumentou até o pendoamento havendo nesta época abrupta queda da taxa de assimilação líquida.

KOLLER (1972) observou que as folhas, colmo e sabugo perdem matéria seca antes da maturação fisiológica devido principalmente à translocação de glicídios para os grãos. Acrescenta, ainda, que dependendo do

tipo de milho, a maturação fisiológica ocorre quando o grão apresenta de 28 a 40% de umidade, sendo que nos milhos precoces esta fase de desenvolvimento é atingida com menor teor de umidade.

A variabilidade genética para a eficiência fotossintética foi estudada por HEICHEL e MUSGRAVE (1969) que encontraram variação de 100 a 200% entre linhagens, híbridos e variedades de clima temperado e tropical, tendo sido verificado uma grande variabilidade entre plantas dentro das variedades.

Conforme observou PENDLETON (1968), o fator mais importante que limita a produtividade potencial do milho é a capacidade de utilização da radiação solar, embora apresente grande eficiência comparada com outras espécies. No milho, a grande eficiência de transformação de energia radiante em energia química deve-se ao processo fotossintético do tipo C_4 (HATCH e SLACK, 1970; BLACK *et alii*, 1971) no qual o CO_2 é continuamente concentrado nas células da bainha vascular das folhas, onde os carboidratos são acumulados e em seguida redistribuídos para posterior utilização por outras partes da planta. Além das diferenças anatômicas e bioquímicas que existem entre as plantas C_3 e C_4 existem também modificações fisiológicas principalmente a que se refere ao processo de fot respiração (JACKSON e VOLK, 1970).

As plantas C_4 apresentam maior fotossíntese líquida pois têm maior capacidade para responder as altas intensidades de radiação e altas temperaturas, o que acarreta uma alta produção de matéria seca.

De acordo com DOWNES (1970) os estudos com milho devem ser voltados no sentido de aumentar a capacidade de aproveitamento de energia solar e a produção de matéria seca por unidade de água evapotranspirada,

sendo portanto necessário conhecer melhor alguns fatores intrínsecos à planta, como tamanho, frequência e resistência dos estômatos à difusão de vapor d'água.

2.3. Balanço hídrico e eficiência no uso da água

Quando não se dispõe de lisímetros, o método do balanço hídrico de campo mostra-se relativamente preciso nos estudos de determinação do consumo de água pelos vegetais porque considera conjuntamente os fatores do solo, da atmosfera, e da planta (WMO, 1971).

O balanço hídrico de campo serve para avaliar, em um determinado período de tempo, os vários processos de fluxos de água em um solo cultivado ou não (HILLEL, 1971).

A descrição do método tem sido apresentada por vários autores (ROSE, 1966; SLATYER, 1967 e REICHARDT, 1975), sendo seus componentes, precipitação, irrigação, escoamento superficial, drenagem profunda, variação no armazenamento da água no solo e evapotranspiração, apresentados numa forma integral ou diferencial em uma equação de balanço de massa.

Na elaboração do balanço hídrico de campo a maior dificuldade encontra-se na estimativa da drenagem profunda obtida através da equação de Darcy. De acordo com REICHARDT *et alii* (1979), podem ocorrer erros na estimativa do gradiente de potencial da água no solo e principalmente quanto a determinação da condutividade hidráulica. Embora a condutividade hidráulica obtida em laboratório possa ser usada em sérias restrições em balanços hídricos de campo (DANE, 1980), a exponencialidade de relação entre a condutividade hidráulica e a umidade do solo em base de vo

lume faz com que um pequeno erro na estimativa da umidade possa resultar num valor da condutividade hidráulica de outra ordem de grandeza.

Por se tratar do componente que apresenta as maiores dificuldades em sua determinação, a drenagem profunda tem sido frequentemente desprezada, e incluída como parte do armazenamento ou da evapotranspiração. No entanto, DOWNEY (1971), DAUDET e VALANCOGNE (1976) e REICHARDT *et alii* (1979) encontraram que, na cultura do milho, este componente pode se constituir em grande porcentagem do balanço hídrico total.

Na elaboração do balanço hídrico todas as medições relativas ao solo devem ser feitas com grande número de repetições, dado a variabilidade espacial e temporal de suas propriedades físicas (NIELSEN *et alii*, 1973).

Uma fonte de erros no balanço hídrico pode ser o intervalo de tempo de cada período. De acordo com REICHARDT (1975), os períodos devem ter no mínimo cinco dias. Para intervalos pequenos, de três a cinco dias, erros de 15 a 30% podem ocorrer na estimativa da evapotranspiração (JENSEN, 1967).

Apesar de vários inconvenientes na aplicação do método do balanço hídrico de campo, ele tem sido bastante usado, variando quanto ã maneira de determinação ou estimativa de seus componentes (DOWNEY, 1971; REICHARDT *et alii*, 1979; MUSICK e DUSEK, 1980; BRUNINI *et alii*, 1981).

O consumo de água pelo milho durante o seu ciclo varia com uma série de fatores. Para uma cultura crescendo sem restrição de água o fator mais importante é a condição meteorológica reinante durante a estação de crescimento. A resistência estomática, a refletância e a rugosidade aerodinâmica da superfície também podem influir, significativamente, na

evapotranspiração ou consumo de água (PRUITT *et alii*, 1972).

De acordo com Raven e Evert (1976), citados por STANGE *et alii* (1981), a planta de milho consome através da absorção, translocação e transpiração, cerca de 130 a 180 l de água durante o seu ciclo, o que corresponde, para uma população de 55 mil plantas por hectare, a um consumo de 715 a 900 mm de água. SHAW (1977) relaciona vários resultados obtidos por diferentes autores e, normalmente, o consumo de água pela cultura do milho está entre 410 e 640 mm. PUECH e HERNANDEZ (1973) compararam durante dois anos o consumo de água, obtido através de lisímetros, de quatro genótipos de milho de precocidades diferentes. O precoce evapotranspirou, em média, 12% a menos que o cultivar tardio. A diferença no consumo de água, entre o cultivar semi-precoce e o semi-tardio, foi de apenas 4%. O consumo de água médio dos cultivares precoce, semi-precoce, semi-tardio e tardio foi 482, 508, 528 e 545 mm, respectivamente.

Através de lisímetros, LOMAS *et alii* (1974) encontraram que, em média, o consumo de água pelo milho, da semeadura ao pendoamento, foi de 360 mm. DOWNEY (1971), em condições de sem restrição de água, determinou uma evapotranspiração total, entre a semeadura e a colheita, de 560 mm e que não foi afetada, significativamente, pela densidade de plantio; o que discorda com ESPINOSA (1980), que observou, que em alta densidade de plantio, a extração da água do solo foi maior. Para este mesmo período, semeadura a colheita, KOWAL e KASSAM (1973) encontraram, para uma cultura de milho (117 dias), um consumo de água de 486 mm dos quais 345 mm (71%) foram transpirados através das plantas.

Para DORENBOS e KASSAM (1979), um cultivar de ciclo médio requer, para uma boa produção, entre 500 a 800 mm de água, dependendo das

condições climáticas.

A fase de crescimento do milho onde é maior o consumo de água tem sido estudada através da razão entre a evapotranspiração máxima da cultura (ETM) e a evapotranspiração potencial ou de referência (ET_o), conhecida como coeficiente de cultura (K_c) (DOORENBOS e PRUITT, 1975).

DENMEAD e SHAW (1959) determinaram, em onze localidades de Iowa, a razão entre a evapotranspiração do milho e a evaporação do tanque Classe A, e encontraram que até antes do aparecimento dos estigmas a razão aumentou de uma maneira sigmóide de 0,36 na semeadura, até um valor máximo de 0,81, e declinou rapidamente depois. FRITSCHEN e SHAW (1961) também estudaram essa razão, e encontraram que o valor máximo ocorreu na emergência do estigma e permaneceu constante durante sete semanas com um valor de 0,86, para depois decrescer rapidamente.

O maior valor da razão entre a ETM, medida em lisímetro, e a ET_o, estimada pelo método de Penman, encontrado por WANG'ATI (1972), foi de 1,40 a 1,60 e durou do pendoamento à formação dos grãos. DOWNEY (1971) encontrou, da antesi ao enchimento dos grãos, um consumo máximo de 9,80 mm. dia⁻¹, representando 76% da evaporação do tanque Classe A.

Em cultura de milho sem restrição de água, a razão entre a ETM do milho e a ET_o, obtida através da evaporação do tanque Classe A, aumentou de 0,25 na emergência até um valor máximo de 0,97, depois de 70 dias após a semeadura, permanecendo constante durante aproximadamente 35 dias para em seguida decrescer alcançando o valor de 0,60 na maturação (TAN e FELTON, 1980). Normalmente, os valores dos coeficientes de cultura são relacionados diretamente com o índice de área foliar (KOWAL e KASSAM, 1973, MATZENAUER *et alii*, 1983).

A variabilidade da razão ETM/ETo entre genótipos de milho de diferentes precocidades foi verificada por PUECH e HERNANDEZ (1973). Eles constataram similaridade na evolução da razão ETM/ETo entre os genótipos, diferindo, entretanto, em valores absolutos e no tempo. Os precoces apresentaram maior taxa de consumo no início do desenvolvimento vegetativo, porém a razão ETM/ETo nunca foi superior a unidade. Os cultivares tardios apresentaram, na fase de maior índice de área foliar, K_c de 1,2.

Para a estimativa das necessidades de água para a cultura do milho, DOORENBOS e KASSAM (1979) recomendam os seguintes coeficientes de cultura: de 0,30 a 0,50, no estágio inicial, de 0,70 a 0,85, durante o estágio de desenvolvimento vegetativo, de 1,05 a 1,20, durante o florescimento e início de formação de grãos, de 0,80 a 0,90, durante a formação de grãos e de 0,55 a 0,60, na colheita.

Déficits de água diminuem a produtividade de grãos do milho (DALE e SHAW, 1965). Os processos importantes, que contribuem para a formação de grãos, são a fotossíntese e a translocação de fotossintatos para o grão, a divisão e o crescimento celular, o acúmulo e o transporte de elementos nutrientes para armazenamento no grão e também para o funcionamento geral do metabolismo celular. Os mecanismos fisiológicos, que são influenciados pelo déficit de água, são a fotossíntese, a translocação, a qualidade nutricional, crescimento da folha, desenvolvimento geral e polinização (BOYER e McPHERSON, 1975).

Entre outras, as mudanças fisiológicas e morfológicas nas plantas que estão relacionadas com o déficit de água, destaca-se o mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos. Estudos tem demonstrado que o estômato permanece inalterado até que o potencial da água na folha atinja

um valor crítico. Desta maneira, a resistência estomática, que expressa o grau de abertura dos estômatos, varia de acordo com a energia incidente sobre as folhas, se a planta estiver crescendo em condições de sem restrições de água (HSIAO e ACEVEDO, 1974; KAUFMANN e ANTHONY, 1974, SULLIVAN e EASTIN, 1974).

O milho, relativamente, apresenta tolerância a déficits de água durante o estágio vegetativo e de maturação. Déficits de água durante o período de florescimento, incluindo o pendoamento, a formação das espigas e a polinização, reduzem enormemente a produtividade de grãos, devido, principalmente, à redução no número de grãos por sabugo (LEMEUR e BLAD, 1974). STEWART *et alii* (1975) relatam que o efeito mais crítico do déficit de água é durante a polinização, enquanto que para DALE e SHAW (1965) o período crítico à falta de água está entre seis semanas antes da emergência do estigma a três semanas depois.

Déficit de água, imposto durante o período do início de formação da inflorescência feminina e desenvolvimento das espigas reduz tanto a taxa de crescimento como o tamanho destes órgãos. Déficits, impostos em outras fases do crescimento, não produzem as mesmas respostas (DAMPTEY e ASPINALL, 1976).

Há muito tempo tem-se procurado conhecer se a quantidade de água no solo entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, ou água disponível, é igualmente disponível para o milho durante o seu crescimento e desenvolvimento (STANHIL, 1957).

Pesquisando com plantas em vasos HAYNES (1948) e com plantas no campo, ROBINS e DOMINGO (1953), constataram o efeito dos diferentes percentuais de água disponível na produtividade do milho. Mais tarde, DEN

MEAD e SHAW (1962), com plantas em vasos, mostraram que a taxa de perda d'água pela planta do milho é função tanto da percentagem de água disponível no solo como da demanda evaporativa da atmosfera, indicada pela transpiração potencial. Posteriormente, RITCHIE (1973), em condições de campo não encontrou dependência entre as taxas de evaporação e o teor de água no solo, para todas as condições de evaporação potencial estudadas. Através de medidas de resistência à difusão de vapor e do potencial da água na folha, houve indicação que pelo menos 80% da água disponível no solo estava realmente disponível para as raízes das plantas. Esses resultados diferem daqueles de DENMEAD e SHAW (1962), que observaram a redução da evaporação pelas plantas do milho quando 20% da água disponível foi removida do solo, sob condição de evaporação de $5,60 \text{ mm.dia}^{-1}$, enquanto que para $4,10 \text{ mm.dia}^{-1}$ de evaporação potencial a redução começou quando cerca de 50% da água disponível foi removida do solo. As diferenças observadas nos resultados desses autores podem ser explicadas pela variação na densidade de plantio (DOWNEY, 1971) como, também, pela limitação do volume no solo explorado pelas raízes quando as plantas estão em vasos.

Aumentando-se o déficit de água estabelecido pelo potencial da água no solo, SANCHEZ-DIAS *et alii* (1969) observaram, em plantas de milho sob condições de laboratório, que a redução da transpiração continuou até o final do processo de seca (valores próximos a $-1,5 \text{ MPa}$), e a alongação das folhas se deteve antes que se alcançasse o ponto de murcha permanente, em valores de $-0,14$ a $-0,32 \text{ MPa}$. ACEVEDO *et alii* (1971) observaram que a alongação de folhas de milho jovens e intactas esteve dinamicamente dependente do fornecimento de água pelo solo. Ela permaneceu constante com suprimento adequado de água, mas caiu quando o potencial de

água no solo foi de $-0,10$ a $-0,20$ MPa, e parou a $-0,25$ MPa. O intervalo correspondente de potencial da água na folha foi de $-0,28$ a $-0,70$ MPa.

Além da quantidade de água consumida pelos cultivares de milho em condição de sem restrição de água, é importante também o conhecimento da eficiência no uso da água. Eficiência no uso da água (e.u.a) é definida como a razão entre o peso da matéria seca produzida e a evapotranspiração ou água consumida (HSIAO e ACEVEDO, 1974). A e.u.a. pode ser determinada tanto para a produtividade biológica, que é o peso da matéria seca total, como para a produtividade de grãos a uma certa umidade (KOWAL e KASSAM, 1973; DOORENBOS e KASSAM, 1979). A determinação da e.u.a. para a produtividade biológica, feita quando a planta atinge a maturidade, pode conter alguma imperfeição, isto porque a perda de folhas e a respiração podem tornar a produtividade biológica aparente da cultura menor na maturidade do que em outro estágio qualquer (DONALD e HAMBUN, 1976).

A e.u.a. é um parâmetro fundamental da fisiologia de plantas (AGGARWAL e SINHA, 1983) e pode ser expressa em várias unidades. Desde que o valor deste parâmetro está usualmente entre 10^2 e 10^3 uma unidade razoável para trabalhos analíticos é $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ou $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Também, são usadas as unidades $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ e $\text{g}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mm}^{-1}$ (NWA, 1979; MONTEITH, 1984).

A e.u.a. e a resistência à seca são, frequentemente, tratadas como sinônimos e, entretanto, elas, normalmente, não são relacionadas. A e.u.a. refere-se a um parâmetro de produtividade total ou colhida por unidade de área utilizada e água consumida, e todas as pesquisas são voltadas para alcançar altos valores de e.u.a., enquanto se mantêm altas produtividades (DOWNEY, 1971; LOMAS *et alii*, 1974; SINCLAIR, *et alii*, 1975; MUSICK e DUSEK, 1980; MTUI *et alii*, 1981). Por outro lado, resistência à seca

refere-se a sobrevivência da planta durante períodos de déficit hídrico resultante do baixo fornecimento de água e alta radiação, temperatura e demanda evaporativa da atmosfera (HSIAO e ACEVEDO, 1974).

Como a produtividade biológica, ou de grãos, e a quantidade de água evapotranspirada são dependentes do balanço de energia, a e.u.a. é, por sua vez, função da distribuição de energia dentro da cultura (LEMEUR e BLAD, 1974).

O efeito adverso de alta intensidade de radiação solar na e.u.a. do milho foi observado por LOMAS *et alii* (1974). Eles observaram ainda que, além da radiação solar, a eficiência no uso da água pelo milho é também função da fertilidade do solo e de certas características da planta, como altura e área foliar. Mencionam que a e.u.a. poderia ser usada como um critério para se determinar a quantidade de fertilizantes a aplicar em regiões com fontes de água limitadas e com altos custos de fertilizantes.

O milho, espécie que fixa CO_2 pelo sistema C_4 (HATCH e SLA CK, 1970; BLACK *et alii*, 1971), apresenta maior e.u.a. do que as espécies C_3 , podendo ser de duas ou três vezes maior (RASHKE, 1975; AGGARWAL e SINHA, 1983). Dentre os fatores que contribuem para a alta e.u.a. das espécies C_4 estão incluídos suas elevadas taxas de fotossíntese e crescimento, particularmente sob alta intensidade de radiação e temperatura. Para se obter valores altos de e.u.a. nas plantas C_4 há necessidade de boa disponibilidade de água, para manter os estômatos abertos (TINUS, 1974; SINCLAIR *et alii*, 1975). O fechamento dos estômatos, em resposta ao déficit hídrico, é um poderoso mecanismo para regular perdas d'água, embora TURNER (1975) tenha mostrado, no milho, que o fechamento dos estômatos não previne

completamente a promoção do desenvolvimento do estresse hídrico, uma vez que os estômatos só se fecham quando o potencial da água na folha atinge um valor crítico.

Experimentos simulados, variando a resistência estomática, indicam claramente que, quando a resistência estomática aumenta, a e.u.a. do milho diminui, situação esta que pode ocorrer em condições de campo quando é baixa a umidade do solo e é alta a demanda evaporativa da atmosfera (BEGG e TURNER, 1976). SINCLAIR *et alii* (1975) observaram em condições de campo que, quando a resistência estomática aumenta, há uma diminuição na eficiência no uso da água pela planta de milho. Concluíram que práticas culturais que induzam às condições de déficit de água resultam em aumento da resistência estomática, levando à redução da produtividade fotossintética e da eficiência no uso da água.

Muitos trabalhos tem procurado determinar a e.u.a. para a produção de grãos de cultivares de milho crescendo sob diferentes condições ambientais, com os objetivos de fornecer subsídios para o melhoramento de plantas, visando ao cultivo em regiões com má distribuição de chuva, e comparar as eficiências dos métodos e frequências de irrigação.

O efeito da umidade do solo na e.u.a. do milho foi verificado por NWA (1979) e MUSICK e DUSEK (1980). NWA (1979) observou que a e.u.a. aumentou com o aumento da umidade do solo. Teor de água de aproximadamente 70% da capacidade de campo foi suficiente para uma boa produtividade. Os valores máximo e mínimo da e.u.a. encontrados foram 1,04 e 0,45 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \text{m}^{-1}$, respectivamente, para a umidade do solo de 83 e 33% da capacidade de campo. Estudando durante três anos a e.u.a. do milho, MUSICK e DUSEK (1980) encontraram variação de ano para ano tanto na

produtividade como no consumo de água e diminuição na e.u.a. com o crescimento do déficit hídrico.

De acordo com DOORENBOS e KASSAM (1979), dependendo do cultivar de milho, uma boa produção comercial de grãos esta entre 6000 a 9000 kg.ha⁻¹ (10 ou 13% de umidade) e com uma e.u.a. entre 0,8 a 1,6 g.m⁻².mm⁻¹.

MTUI *et alii* (1981) compararam a e.u.a. de sete genótipos de milho, irrigados e não irrigados. Para as culturas irrigadas, a variação da e.u.a., entre os genótipos, foi de 0,45 a 1,21 g.m⁻².mm⁻¹, com média de 0,81 g.m⁻².mm⁻¹. Para as culturas não irrigadas a variação foi de 0,31 a 1,25 g.m⁻².mm⁻¹, com média entre os genótipos de 0,77 g.m⁻².mm⁻¹. Os híbridos tiveram maior produtividade em grãos, consumo de água e eficiência no uso da água.

2.4. Resistências estomática e aerodinâmica ao fluxo de vapor d'água

Modelos recentes de transporte de água no sistema solo-planta-atmosfera são, normalmente, formulados em termos de várias resistências ao transporte e são baseados na lei de Ohm da teoria dos circuitos elétricos (TROYER, 1980; SLABBER, 1980). O conceito de resistência é aplicado para alguns sistemas nos quais os fluxos são exclusivamente relacionados com os gradientes. Dessa maneira, o movimento da água, através da planta, desde o solo até o ar circundante, é resultado de um gradiente de potencial da água que se estabelece ao longo do sistema e é governado pela resistência imposta ao fluxo, que pode ser devida a fatores fisiológicos da planta como também de fatores externos, do ambiente (MONTEITH, 1965 a; RU

TER, 1975).

Cada parte do sistema solo-planta-atmosfera tem a sua resistência ao fluxo de água, quer no estado líquido ou de vapor. Tem-se, então, a resistência do solo, a resistência do córtex da raiz, a resistência do xilema, a resistência da cutícula, a resistência estomática e a resistência aerodinâmica (HILLEL, 1971).

Quando diminui a água disponível para a planta, o solo parece representar a maior resistência ao transporte de água (GARDNER, 1960; GARDNER e EHLIG, 1962), embora os resultados de alguns trabalhos sugiram que a maior resistência se encontra na planta (MOLZ, 1975; REICOSKY e RITCHIE, 1976). A resistência da folha contribui com 15 a 30% da resistência total da planta de milho ao fluxo de água (NEUMANN *et alii*, 1974).

A permeabilidade da raiz, em virtude da sua localização na trajetória do fluxo, é esperada como tendo o maior efeito na absorção e no movimento de água (ASTON e LAWLOR, 1979). No milho isto foi confirmado por DUBÉ *et alii* (1975) e BRUNINI e THURTELL (1981). Na soja, em um mesmo intervalo de disponibilidade de água no solo, a resistência da planta permaneceu maior que a resistência do solo (BLIZZARD e BOYER, 1980). Em sorgo, a maior resistência ao fluxo de água foi encontrada na raiz (MEYER e RITCHIE, 1980).

No processo de transpiração, as resistências à difusão de vapor d'água de uma folha para o ar com turbulência ao seu redor são, respectivamente, a resistência interna da folha e a resistência da camada limite da superfície, e estão em série. A resistência interna da folha pode ser através das células da epiderme, na cutícula, ou através das células do mesófilo via cavidades sub-estomáticas e poros estomáticos, e estão em pa

ralelo. A resistência oferecida pela cavidade sub-estomática e pelo poro pode ser denominada de resistência estomática (RUTTER, 1975), sendo que somente ela é considerada como resistência da folha (MONTEITH, 1975).

A taxa de transpiração é proporcional à diferença na pressão de vapor entre a atmosfera e o ar interno dos espaços intercelulares da folha, e inversamente proporcional a soma das resistências à difusão (SLAVIK, 1974). Conforme já foi evidenciado, para a difusão do vapor d'água esta resistência é composta de uma resistência à transferência através da camada limite da superfície e é denominada de resistência aerodinâmica à difusão de vapor d'água (r_{a_v}) e da resistência à difusão do estômato denominada de resistência estomática (r_s).

Desde que r_{a_v} é geralmente pequena comparada com r_s os estômatos tem, então, grande significado no controle da difusão do vapor d'água para fora da folha (SINCLAIR *et alii*, 1975).

Variações da resistência estomática, certamente, não têm o mesmo efeito relativo no controle da difusão do CO_2 como têm para o vapor d'água, uma vez que para o transporte do CO_2 para os sítios de carboxilação há uma resistência adicional definida como resistência do mesófilo (r_m), e que é da mesma ordem de grandeza da resistência estomática. A r_m para plantas que fixam CO_2 pelo ciclo de Calvin está em torno de 2,0 a 10,0 $s.cm^{-1}$. As espécies C_4 normalmente tem resistência do mesófilo de 1,0 $s.cm^{-1}$ ou menos (SINCLAIR *et alii*, 1975).

A resistência aerodinâmica à difusão de vapor d'água depende das dimensões da folha (geometria da superfície) e da velocidade do vento (MONTEITH, 1965 a), e é governada pela turbulência da atmosfera (BERKOWICZ e PRAHM, 1982).

Devido os transportes turbulentos de calor e de vapor d'água serem governados pelo mesmo mecanismo (difusão turbulenta), é razoável assumir que as suas resistências são iguais e denominadas, simplesmente, de resistência aerodinâmica (r_a) (SWINBANK e DYER, 1967).

A resistência aerodinâmica ao fluxo de calor ou de vapor d'água pode ser determinada através da resistência aerodinâmica ao transporte de momentum (r_{a_m}), obtida através de perfis de vento (THOM, 1972). Para isso, acrescenta-se à r_{a_m} uma resistência adicional, calculada a partir da velocidade de fricção (u^*), conforme procedimento adotado por SZEICS *et alii* (1973) e BAILEY e DAVIES (1981). Esta resistência adicional, que se acrescenta a r_{a_m} para o cálculo de r_a , é devida ao fato de que o fluxo de momentum na superfície pode tanto ser absorvido pelas forças inerciais (pressão exercida sobre as folhas) como também pelas forças superficiais e isto nem sempre é acompanhado de transferência de vapor d'água. Desta forma a resistência de momentum entre a vegetação e a atmosfera é sempre menor que as correspondentes resistências à transferência de calor e de vapor d'água (SZEICS *et alii*, 1973; BAILEY e DAVIES, 1981).

Embora seja uma função da velocidade do vento e do tipo de folha, a resistência aerodinâmica é, geralmente, a menor de todas as resistências. Em ar completamente calmo, r_a pode ter valor tao alto como $4,0 \text{ s.cm}^{-1}$ mas, para vento com velocidade de 1 m.s^{-1} , r_a é cerca de $1,0 \text{ s.cm}^{-1}$ (TINUS, 1974). Conforme observa MONTEITH (1965 a), existe variabilidade da r_a para diferentes tipos de cobertura vegetal. Coberturas de porte baixo (gramas) apresentam r maiores comparativamente às coberturas de porte elevado (Pinus), isto porque, aerodinamicamente, a cobertura de porte elevado possui um parâmetro de rugosidade maior, o que lhe confere uma maior

superfície de contato, facilitando a difusão turbulenta.

Em condições de estabilidade neutra, WANG'ATI (1972) encontrou, para o milho na fase do pendoamento, variação de r_a durante o dia em função da velocidade do vento, alcançando um máximo entre 0,12 e 0,15 s. cm^{-1} durante a manhã, antes das 11:00 horas e decrescendo para 0,03 s. cm^{-1} à tarde.

Além da resistência aerodinâmica, a abertura estomática, a geometria, o tamanho e a distribuição dos estômatos são importantes na difusão do vapor d'água em superfícies vegetadas (MEIDNER e MANSFIELD, 1968)

Os estômatos são aberturas (poros estomáticos ou simplesmente aberturas) na epiderme, limitadas por duas células-guarda, as quais mediante mudança de formato, ocasionam a abertura e o fechamento das fendas (ESAU, 1974). Diversos estudos indicam que a luz e a água são os dois fatores do ambiente que tem provavelmente grande efeito no comportamento dos estômatos em condições de campo (TURNER e BEGG, 1973; TURNER, 1974; SINCLAIR *et alii*, 1975; TURNER, 1975). A luz estimula a absorção de íons de potássio para dentro das células-guarda e, em conjunto com íons adequados, cria mudanças na pressão de turgor, e que resulta na abertura dos estômatos (FISCHER, 1971; ROGERS *et alii*, 1979).

A dimensão e o número de estômatos por unidade de superfície foliar, assim como a abertura estomática, dependem da espécie, do cultivar, das condições do ambiente, da posição na folha e se a superfície é inferior (abaxial) ou superior (adaxial) (WAGGONER e TURNER, 1972; ARAÚJO, 1984).

Trabalhando com milho híbrido, GASKELL e PEARCE (1983) obser

varam que o grupo de híbridos com alta taxa de troca de CO_2 apresentavam menor resistência estomática e maior frequência estomática do que o grupo com baixa taxa de troca de CO_2 .

Estudando cinco genótipos de milho, ARAUJO (1984) encontrou diferença no comprimento, largura e número de estômatos em função do desenvolvimento dos tecidos foliares, como também do ambiente, sendo que a densidade acha-se inversamente proporcional ao comprimento das células estomáticas. Encontrou, também, diferença entre as regiões foliares, quanto à distribuição e tamanho dos estômatos.

O milho é uma planta anfiestomática, e apresenta maior número de estômatos na superfície abaxial do que na adaxial (TURNER e BEGG, 1973). O comprimento dos poros é, normalmente, de 10 a 30 μm , e a área ocupada por um estômato completo, incluindo as células-guarda, é de 25 x 17 μm a 72 x 42 μm (MONTEITH, 1975).

A r_s pode ser determinada tanto em laboratório como no campo (BEARDSELL *at alii*, 1972; SLAVIK, 1974). De acordo com MONTEITH (1965a), as determinações da r_s são usadas para estimar as taxas relativas de evaporação de folhas; para investigar a dependência da taxa de transpiração com a velocidade do vento e rugosidade da superfície; para demonstrar que a relação entre a taxa de transpiração e a área foliar é governada pelo fechamento dos estômatos; e para calcular a taxa máxima de transpiração para diferentes culturas e climas.

Através da resistência estomática ao fluxo de vapor d'água pode-se, também, calcular a resistência ao fluxo do CO_2 em sentido oposto. Nestecaso a resistência à difusão de CO_2 é calculada através da razão entre a difusividade do vapor d'água e do CO_2 (JACKSON e VOLK, 1970).

O conhecimento do comportamento dos estômatos, ou a variação da r_s , em condições de campo é importante quando se procura comparar diferenças entre cultivares na produtividade e na eficiência no uso da água (TURNER e BEGG, 1973; SINCLAIR *et alii*, 1975).

Valores de r_s entre 0,3 a 1 s.cm⁻¹ são encontrados em folhas pequenas. Muitas mesófitas tem r_s mínimo que varia de 1 a 2 s.cm⁻¹, mas valores tão pequenos como 0,5 s.cm⁻¹ e grandes como 4,8 s.cm⁻¹ tem sido encontrados, respectivamente, em beterraba e feijão. As xerófitas tem resistência superior a 30 s.cm⁻¹ (MONTEITH, 1975).

Muitos trabalhos têm procurado mostrar as diferenças nas resistências estomáticas das superfícies adaxial e abaxial.

Em plantas de arroz sujeitas a deficits de água, a resistência estomática aumenta mais na superfície abaxial do que na superfície adaxial das folhas. Isto foi associado com a mudança na forma da folha ou enrolamento da superfície superior da folha. Ambos, aumento da resistência estomática e enrolamento da folha, foram iniciados quando o potencial da água na folha foi de -0,8 a -1,2 MPa (O'TOOLE e CRUZ, 1980).

JUNG e SCOTT (1980) estudaram a variação diária da resistência estomática de folha de soja de cultura irrigada e não irrigada. Em ambos os tratamentos a resistência estomática decresceu rapidamente no início da manhã, após a evaporação do orvalho sobre as folhas, para um valor mínimo, para então aumentar durante a tarde. Os valores da r_s adaxial foram consistentemente maiores do que a r_s abaxial. Os valores médios ao meio dia foram de 8,7 e 4,1 s.cm⁻¹ para a cultura não irrigada e 1,8 e 0,8 s.cm⁻¹ para a cultura irrigada. Estes valores maiores de r_s adaxial foram atribuídos à menor densidade estomática e, também, à maior influência mi

croclimática sobre a superfície adaxial.

Em milho e em sorgo, TURNER e BEGG (1973) não encontraram diferença entre a resistência estomática adaxial e abaxial, enquanto que em fumo a resistência estomática adaxial foi maior.

Em milho, para alto potencial da água no solo, a resistência estomática total foi dependente da incidência de radiação solar sobre a superfície adaxial da folha, ou seja r_s decresceu do nascer do sol até alcançar um valor mínimo ao meio dia, voltando a aumentar durante a tarde. Não houve diferença entre a resistência estomática adaxial e abaxial e ambas não foram afetadas pelo potencial da água na folha e pelo potencial de turgor. A relação entre a resistência estomática total (r_{st}), adaxial e abaxial em paralelo, e a irradiância foi hiperbólica (TURNER e BEGG, 1973). Em contraste, para baixo potencial da água no solo (entre -0,4 e -0,7 MPa), a irradiância não teve efeito predominante sobre a variação diária da resistência estomática e sim o potencial da água na folha e o potencial de turgor. Neste caso os estômatos das folhas superiores se fecharam antecipadamente durante a manhã (TURNER, 1974).

Trabalhando com milho, BEADLE *et alii* (1973) encontraram aumento na abertura estomática com aumento do fluxo radiante até cerca de 280 W.m^2 de radiação fotossinteticamente ativa.

CHENG e CHANG (1972) encontraram que a umidade do solo no qual os estômatos da planta de milho foram mais ativos foi de 50 a 60% da água disponível. Concluíram, ainda, que o mecanismo de abertura dos estômatos é mais sensível ao deficit de água no solo do que a fotossíntese e a transpiração.

REICOSKY e RITCHIE (1976) estudaram o comportamento da re

sistência estomática de plantas de milho crescendo em solução nutritiva, em vasos e no campo, com e sem restrição de água. Os dados obtidos mostraram que os estômatos se abrem rapidamente depois do nascer do sol e se fecham rapidamente após o pôr do sol, para todos os tratamentos sem restrição de água. Para os tratamentos com deficit de água os estômatos se abriram parcialmente logo após o nascer do sol, mas a partir do momento em que a demanda evaporativa da atmosfera foi maior que a capacidade do solo em fornecer água para a região das raízes, os estômatos se fecharam sob alta radiação e permaneceram fechados durante o resto do dia.

O início do fechamento dos estômatos de plantas de milho está relacionado com o potencial da água na folha. DUBÉ *et alii* (1974) encontram em diversas linhagens de milho que o início do fechamento dos estômatos ocorreu entre $-0,85$ a $-0,95$ MPa de potencial da água na folha.

SINCLAIR *et alii* (1975) admitiram que a resistência estomática de uma folha de milho sob alta irradiância e sem deficit de água é de $0,5 \text{ s.cm}^{-1}$ e sob alta irradiância e com deficit de água de $8,0 \text{ s.cm}^{-1}$.

Observa-se, então, de acordo com o que foi relatado, que o comportamento estomático, dos diferentes cultivares de milho, é fator importante na seleção destes para diferentes áreas de cultivo.

2.5. Parâmetros aerodinâmicos

A estimativa dos parâmetros aerodinâmicos de superfícies de diferentes culturas não essenciais quando se procura estudar os fluxos de momentum, de calor, de vapor d'água e de CO_2 (TANNER, 1963; VILLA-NOVA, 1973; IDE, 1978; ANDRÉ, 1981; BAILEY e DAVIES, 1981; MOORE *et alii*, 1983).

Em particular, muita atenção tem sido dada à estimativa do parâmetro de rugosidade (z_0) e do deslocamento do plano zero (d), os quais caracterizam as propriedades aerodinâmicas da superfície na equação do perfil da velocidade do vento para condições próximas à neutralidade (MONTEITH, 1975). A avaliação destes parâmetros é trabalhosa, pois em adição aos dados do perfil de velocidade do vento acima da cultura são necessários os dados do perfil de temperatura do ar para que se possa caracterizar as condições de estabilidade da atmosfera (MUNRO e OKE, 1973).

A estabilidade atmosférica pode ser caracterizada pelo número de Richardson (Ri), WEBB (1965). O Ri é um parâmetro adimensional e, assumindo que são iguais os coeficientes de difusividade turbulenta de calor e de momentum, ele representa a taxa de produção de energia térmica turbulenta em relação a taxa de produção de energia turbulenta através do cisalhamento do vento, ou seja, expressa a razão entre os regimes de turbulência livre e forçada, ou o quociente entre forças convectivas e forças mecânicas (ROSENBERG, 1974; ANDRÉ, 1981). O Ri é positivo sob condições de inversão (estabilidade), quando a turbulência tende a desaparecer, e é negativo em condições instáveis, quando a turbulência tende a aumentar. Em condições de estabilidade neutra, Ri é igual a zero (ROSENBERG, 1974). De acordo com TANNER (1963) e YAMAMOTO (1979), o Ri é função da altura em que é determinado, assim como não existe um Ri crítico (máximo).

Acima da cultura, a velocidade do vento (u) aumenta de maneira exponencial com o aumento da altura, em condições de estabilidade neutra. Projetando-se a curva do perfil de velocidade do vento para um ponto onde a velocidade é igual a zero resulta, na interceptação, o valor $d + z_0$. O deslocamento do plano zero mais o parâmetro de rugosidade re

presenta um dado nível sobre a superfície do solo acima do qual os fluxos turbulentos começam a ocorrer. Abaixo deste nível a difusão turbulenta não existe e os transportes ocorrem pela difusão molecular (ROSENBERG, 1974).

Em condições de estabilidade atmosférica neutra, a velocidade de do vento a uma altura z acima de uma superfície rugosa é função direta da raiz quadrada da razão entre o fluxo de momentum (τ) e a densidade do ar (ρ), conhecida como velocidade de fricção (u^*), e também do logaritmo da razão entre $z - d$ e z_0 , e função inversa da constante de von Karman (k) cujo valor é cerca de 0,41. A velocidade de fricção caracteriza um regime particular de turbulência (TANNER, 1963; THOM, 1975).

Os valores de d , z_0 e u^* podem ser determinados graficamente através de dados de perfis de vento em condição próxima à neutralidade. Por tentativa, encontra-se um valor de d tal que o gráfico de u (em escala linear) versus $z - d$ (em escala logarítmica) resulte em uma reta. A interceptação da reta com o eixo $z - d$ é o \ln de z_0 e a inclinação da reta é u^*/k (TANNER, 1963; VILLA NOVA, 1973; ROSENBERG, 1974; VASQUES, 1978).

Valores de z_0 observados por diversos autores para diferentes superfícies foram tabelados por BRUTSAERT (1982), de onde pode-se observar que z_0 varia com o tipo e a altura do obstáculo rugoso.

McCAULEY *et alii* (1978) encontraram em culturas de sorgo e de amendoim variação de z_0 com a orientação da linha de plantio. Para vento de direção sul o maior z_0 foi verificado nas linhas N-S.

Muitos estudos têm sido conduzidos a fim de relacionar z_0 com características mensuráveis da superfície. De acordo com BRUTSAERT (1982), provavelmente Paeschke em 1937 foi o primeiro a relacionar z_0 com a altura média da cultura (h). Seus resultados mostraram, que para várias

superfícies gramadas, e para o trigo e a beterraba, a razão z_0/h igual a 0,14 teve um bom ajuste com os dados de perfil de vento. Tanner e Pelton (1960), citados por MONTEITH (1975), encontraram, para a superfície de várias culturas, um valor de z_0 igual a 0,13 h, aproximadamente. De acordo com MONTEITH (1975), para a maioria das culturas, a razão z_0/h varia de 0,13 a 0,32. MAKKI (1969) encontrou para o milho variação na razão z_0/h de 0,03 a 0,10.

Em comparação com z_0/h , a razão d/h parece ser menos sensível à natureza da superfície ou a outros fatores (MUNRO e OKE, 1973).

Considerando dados de diferentes culturas, STANHILL (1969) determinou para a razão d/h um valor de 0,64 para um h médio de 66 cm. Para (MONTEITH, 1975), o valor de d esta normalmente entre 0,6 e 0,8 da altura h do elemento rugoso. KONDO (1971) apresenta dado médio de d/h igual a 0,68 com extremos de 0,53 e 0,83.

Muitas análises detalhadas têm mostrado que z_0/h e d/h são funções complexas de outras características da superfície (SEGINER, 1974).

Um efeito que tem sido considerado nas formulações de z_0 é o do vento, o qual pode ser considerável no caso de vegetações flexíveis (MONTEITH, 1963; MUNRO e OKE, 1973; MOORE *et alii*, 1983).

Há poucas observações detalhadas sobre o milho. Em sorgo ocorreu decréscimo da razão d/h com aumento da velocidade do vento (SZEI CZ *et alii*, 1973). Segundo estes autores isto ocorreu porque, em ventos leves, o momentum do ar fluindo sobre a cultura é absorvido, na sua maior parte, pelo topo da cultura, mas quando a velocidade do vento aumenta, a maior absorção ocorre no interior da cultura. No mesmo trabalho observou-se acréscimo de z_0 com o aumento da velocidade do vento.

Também em sorgo, AZEVEDO e VERMA (1985) observaram um decréscimo em d com o aumento de u^* , provavelmente como resultado do efeito do vento no tombamento das plantas. Segundo MONTEITH (1963), o sorgo e, provavelmente, o milho, são diferentes das outras culturas, porque, em vento fraco ou moderado, a cultura permanece relativamente sem rugosidade (z_0 é pequeno), mas quando a velocidade do vento aumenta ocorre, provavelmente, pequena mudança no lugar do escoamento, as folhas se agitam e a superfície torna-se rugosa. MAKI (1969) na cultura do milho também obteve resultados semelhantes.

Examinando, também em milho, a possibilidade de z_0 e d serem funções da velocidade do vento em um determinado nível (u_z), ou da velocidade média do perfil, MUNRO e OKE (1973), através de análise de regressão, encontraram um baixo coeficiente de correlação de $-0,20$, não significativo ao nível de 5%. A tendência para z_0 decrescer com aumento de u_z no intervalo de $2,5$ a $6,0 \text{ m.s}^{-1}$ não foi significativa estatisticamente. Para d a correlação foi de $-0,10$, também não significativo. A ausência da dependência d e z_0 com velocidade do vento está em desacordo com outras investigações em coberturas altas e densas (MONTEITH, 1963; THOM, 1971; MOORE *et alii*, 1983).

De acordo com MONTEITH (1975) pode ocorrer, em um determinado intervalo de velocidade do vento, decréscimo de z_0 em consequência de um movimento das folhas, resultando uma forma mais aerodinâmica ou, ainda, devido ao decréscimo do coeficiente de arrasto quando a força que o ar exerce tangencialmente sobre as folhas, e que é consequência direta da transferência de momentum através da camada limite, torna-se sem importância em relação a força do ar fluindo sobre a folha, resultante da desacele

ração do ar em movimento.

Pelo relatado, nota-se que sobre a cultura do milho, especialmente na fase do pendoamento, não estão bem definidas as variações de d/h e z_0/h em função da velocidade do vento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização dos experimentos

Foram realizados dois experimentos de campo, nos anos agrícolas de 1981/82 e 1982/1983.

Durante o primeiro experimento, foram determinados os seguintes elementos: a) parâmetros aerodinâmicos (deslocamento do plano zero, parâmetro de rugosidade e resistência aerodinâmica ao fluxo de vapor d'água) b) balanço hídrico e eficiência no uso da água; c) comportamento estomático. No segundo experimento determinaram-se: a) balanço hídrico e eficiência no uso da água; b) análise de crescimento; c) comportamento estomático.

Em ambos os experimentos, os dados do balanço hídrico foram comparados aos dados do tanque Classe A.

3.1.1. Local e solo

Os dois experimentos foram conduzidos em áreas planas do

Centro Experimental de Campinas (CEC), do Instituto Agronômico, SAAESP, cujas coordenadas são: 22°54' S, 47°04' W e altitude de 706 m.

Os solos das áreas em estudo foram classificados como Latosol Roxo, sendo o solo do primeiro experimento de textura argilosa e o do segundo de textura argilo-arenosa. A composição granulométrica e a massa específica desses dois solos estão apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1 - Composição granulométrica e massa específica global das várias camadas dos solos das áreas em estudo.

Solo	Camada (cm)	Granulometria (%)				Massa Específica Global (g.cm ⁻³)
		Argila	Limo	Areia Fina	Areia Grossa	
1º Exp.	0 - 30	61,0	6,0	16,0	17,0	1,37
	30 - 60	74,0	3,0	10,0	13,0	1,15
	60 - 90	74,0	5,0	8,0	13,0	1,08
2º Exp.	0 - 30	40,0	1,4	26,2	32,4	1,21
	30 - 60	41,3	2,3	24,7	31,7	1,19
	60 - 90	43,6	2,5	23,2	30,7	1,25

3.1.2. Cultivares, sementeiras e tratamentos culturais

Os cultivares de milho utilizados foram as variedades tardias IAC -Maya e IAC -Maya Latente e o híbrido duplo precoce Cargill-601. A variedade IAC -Maya Latente é de polinização aberta, com o fator latente e a IAC -Maya também é uma variedade de polinização aberta de maioria Tuxpeño, sem o fator latente. O fator latente significa um grupo de ge

nes coadaptados no qual a distância de um gene a outro é tão pequena que todo o bloco é chamado super-gene (MIRANDA *et alii*, 1984).

Os parâmetros aerodinâmicos foram determinados sobre a superfície da variedade IAC - Maya, enquanto que as outras determinações foram realizadas nos três cultivares.

As sementes dos cultivares IAC - Maya e IAC - Maya Latente foram fornecidas pelo Banco de Germoplasma da Seção de Milho e Cereais Diversos (IAC), e as do cultivar Cargill-601 pela Fundação Cargill.

No primeiro ensaio a semeadura foi realizada a 25 de novembro de 1981, sendo que a emergência ocorreu no dia 30 de novembro. No segundo ensaio a semeadura foi realizada a 6 de outubro de 1982 e a emergência ocorreu no dia 10 do mesmo mês.

Em ambos os ensaios o espaçamento utilizado foi o de 0,90 m entre linhas de plantio e 0,40 m entre covas, colocando-se quatro sementes por cova. Aos 30 dias após a emergência foram realizados os desbastes deixando-se duas plantas por cova, o que corresponde a uma população aproximada de 56.000 plantas por hectare.

A adubação, no plantio, constou de 25 g por metro linear da fórmula 4-14-8 e, em cobertura, após o desbaste, de 10 g por metro linear de sulfato de amônio.

Foram realizadas três capinas mecânicas, nos dois ensaios, e duas pulverizações contra a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

3.1.3. Delineamento estatístico

O esquema do ensaio do primeiro experimento é mostrado na

Figura 1. Para a análise da produção final de grãos foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, e para o consumo de água e análise de crescimento não foi adotado delineamento estatístico.

Embora, no esquema da Figura 1, sejam indicados seis cultivares, no presente estudo foram analisados apenas os dados referentes aos cultivares IAC - Maya, IAC - Maya Latente e Cargill-601.

No primeiro experimento foram utilizadas duas parcelas de 600 m^2 ($20 \times 30 \text{ m}$) para o balanço hídrico. Para a análise de produção foram utilizadas, para cada cultivar, 6 parcelas com 18 m^2 de área. A área total do experimento era de aproximadamente 1,0 ha.

O segundo experimento foi instalado no delineamento de blocos ao acaso com três tratamentos (cultivares) e quatro repetições. Neste caso cada parcela media 15 m de lado tendo, portanto, 225 m^2 de área. Nessas parcelas foram realizadas as coletas de plantas para a análise do crescimento das culturas, sendo que na parte central foi reservada uma área de 20 m^2 para as observações das resistências estomáticas e para a coleta de amostras de solo para a elaboração do balanço hídrico. A área total do experimento era de 0,5 ha aproximadamente. A Figura 2 mostra uma visão geral da área do segundo experimento.

3.2. Crescimento da cultura

A análise de crescimento foi realizada no primeiro e segundo experimento. Porém os dados do primeiro experimento não foram analisados estatisticamente pois não era a premissa básica deste trabalho. Neste caso só foram obtidas as equações ajustadas que descrevem o acúmulo de

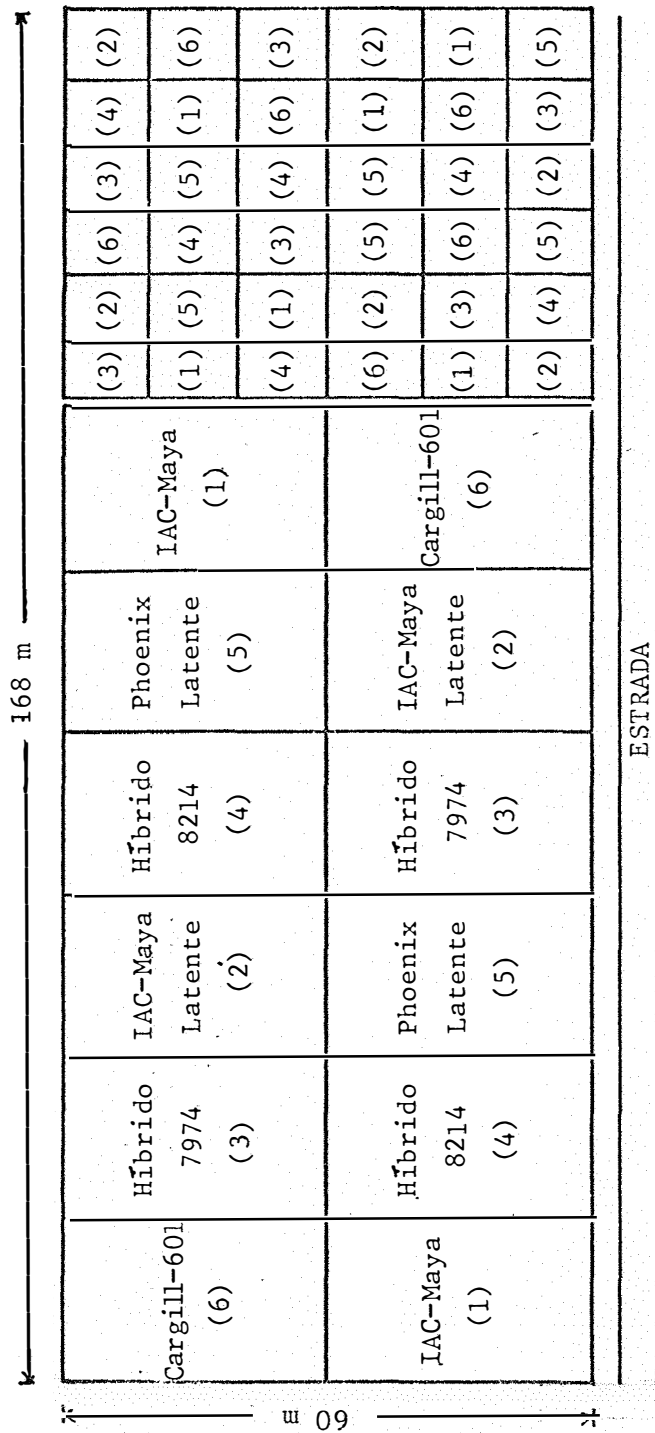


FIGURA 1 - Vista geral da área do primeiro experimento (as parcelas menores foram usadas para a análise de produção). Campinas, 81/82.

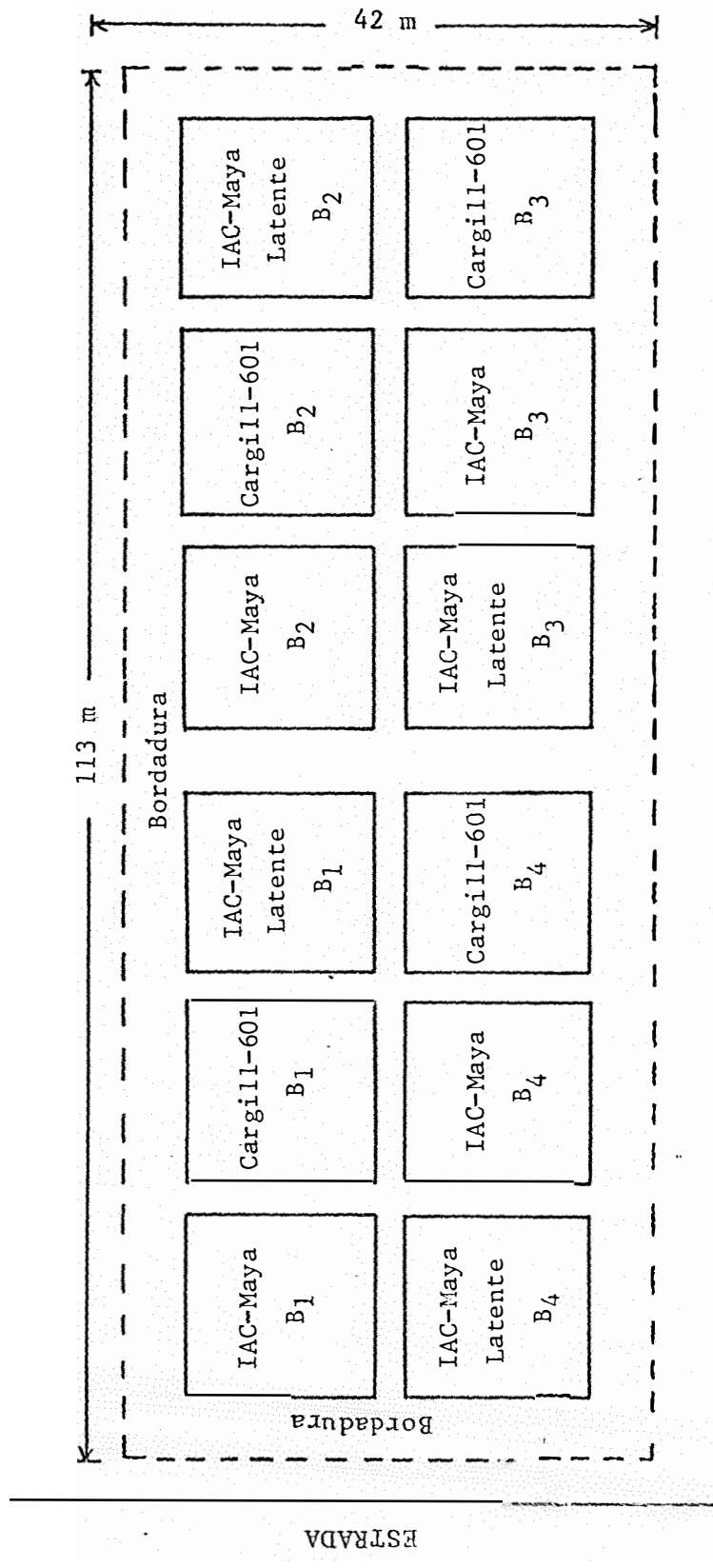


FIGURA 2 - Vista geral da área do segundo experimento. Campinas, 82/83.

matéria seca total nos três cultivares.

No segundo experimento determinou-se os seguintes índices biométricos e fisiológicos: número de folhas, índice de área foliar, acúmulo de matéria seca, eficiências na conversão de matéria seca em grãos e taxa de crescimento da cultura.

Para tanto, foram executadas medidas, frequentes e sucessivas, em intervalos de tempo que variaram de 11 a 22 dias, do número de folhas, da área foliar e do peso da matéria seca das diferentes partes da planta. As coletas de amostras foram realizadas aos 6, 25, 39, 50, 72, 87, 102 e 123 dias após a emergência (16/10, 04/11, 18/11, 29/11, 21/12/82, 05/01, 20/01, 10/02/83).

Em cada data de amostragem colhiam-se as plantas existentes em 1,20 m de linha de plantio, representando, assim, uma área de 1,08 m². Após a colheita as plantas eram conduzidas ao laboratório onde de cada uma contava-se o número de folhas e determinavam-se a área foliar e os pesos da matéria seca das folhas verdes, folhas secas, colmos, rãquis, brácteas e grãos.

3.2.1. Índice de área foliar

Inicialmente, estimou-se a área foliar (A.F.) de todas as plantas colhidas em cada parcela. Para isso, mediu-se, de cada folha, o comprimento (C) sobre a nervura principal, desde o ponto de inserção do limbo com a bainha até o ápice da folha e, também, no sentido da maior largura (L), perpendicularmente à nervura principal. Aplicou-se, sem seguida, a expressão (McKEE, 1964):

$$A.F. = 0,75 \sum_{i=1}^n (C_i \cdot L_i) \quad (1)$$

onde n é o número total de folhas das plantas colhidas na parcela, em cada amostragem.

Então, determinou-se o índice de área foliar (I.A.F.) de cada parcela por ocasião da amostragem:

$$I.A.F. = \frac{A.F.}{108} \quad (2)$$

onde A.F. é a área foliar em dm² e 108 a área do terreno, também, em dm².

3.2.2. Peso da matéria seca

Para a determinação do peso da matéria seca fez-se a separação das diversas partes da planta (folhas verdes, folhas secas, colmo, raquis, brácteas e grãos) acondicionando-as em sacos de papel perfurados e colocando-os em estufa de circulação forçada a 70°C, até peso constante.

Os valores obtidos por pesagem foram convertidos em peso de matéria seca por unidade de área (g.m²).

3.2.3. Taxa de crescimento da cultura

A taxa de crescimento da cultura (T.C.C.) foi obtida segundo a expressão (RADFORD, 1967):

$$T.C.C. = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \text{ (g/dia)} \quad (3)$$

onde W_1 , W_2 são, respectivamente, o peso médio da matéria seca nos tempos t_1 e t_2 .

3.2.4. Eficiência na conversão de matéria seca em grãos

Foram determinadas as relações entre o peso da matéria seca dos grãos e o peso da matéria seca de algumas partes da planta, ou seja, a eficiência na conversão de matéria seca em grãos.

Determinaram-se as seguintes relações:

a) Peso da matéria seca dos grãos

Peso da matéria seca total

b) Peso da matéria seca dos grãos

Peso da matéria seca das espigas

c) Peso da matéria seca dos grãos

Peso da matéria seca de folhas e colmos

d) Peso da matéria seca dos grãos

Peso da matéria seca total-grãos.

Em cada coleta de dados, foram realizadas as análises de varriância para testar as significâncias do número de folhas por planta, do índice de área foliar, do peso da matéria seca e da eficiência na conversão de matéria seca em grãos, entre os três cultivares.

Para descrever a variação temporal da matéria seca foi utilizada a função logística, sendo que os seus parâmetros foram determinados através do método iterativo. Para a descrição da variação temporal do índice de área foliar utilizou-se a análise de regressão polinomial.

3.3. Análise de produção

Após a maturação fisiológica dos cultivares, foi colhida, de cada parcela, a produção de grãos, e os resultados convertidos em kg.ha^{-1} . No primeiro experimento as parcelas tinham 18 m^2 e no segundo experimento 20 m^2 de área.

Através da expressão (BRASIL, 1967):

$$U\% = \frac{100 (P - p)}{P - t} \quad (4)$$

onde P é o peso úmido de uma amostra dos grãos (g), p é o seu peso bruto final (g) após secagem em estufa a 105°C e t é o peso do recipiente (g), foi determinado a umidade da amostra de grãos (%).

Dessa maneira, pode-se padronizar os dados de produção para uma mesma umidade, através da expressão:

$$P_{c_c} = \frac{P_c (100 - U\%)}{100 - U_d\%} \quad (5)$$

onde P_{c_c} é a produção corrigida (kg.ha^{-1}), P_c é a produção inicial (kg.ha^{-1}), $U\%$ é a umidade determinada na amostra e $U_d\%$ é a umidade desejada, que no presente trabalho foi de 13%.

3.4. Balanço hídrico

Os consumos de água, dos tres cultivares, no primeiro e no segundo experimento, foram determinados através do balanço hídrico de campo.

3.4.1. Equação do balanço hídrico de campo

A equação que descreve o balanço hídrico num elemento de volume de solo de profundidade Z durante um intervalo de tempo $t_2 - t_1$ fundamenta-se na lei da conservação da massa.

O balanço hídrico numa cultura pode ser representado pela expressão:

$$\int_{t_1}^{t_2} (p + i - \text{etr} \pm d \pm r) dt = \int_0^Z \int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial \theta}{\partial t} dt dz \quad (6)$$

onde p , i , etr , d e r representam os fluxos de precipitação, irrigação, evapotranspiração real, drenagem profunda e escoamento superficial em $\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1}$, respectivamente, e θ é a umidade do solo em $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$. O segundo membro da equação corresponde à variação no armazenamento de água no mesmo volume de solo no intervalo de tempo $t_2 - t_1$.

Integrando-se a equação (6) com relação ao tempo e à profundidade obtém-se (HILLEL, 1971):

$$P + I - \text{ETR} \pm D \pm R = \pm \Delta A \quad (7)$$

onde cada termo representa quantidade de água em mm e ΔA a variação no armazenamento da água no solo, também em mm.

3.4.2. Determinação dos componentes do balanço hídrico

Como no presente trabalho as áreas em estudo eram de relevo plano, a expressão utilizada para a determinação da evapotranspiração ou

consumo de água pela cultura foi:

$$ETR = P + I \pm D \pm \Delta A \quad (8)$$

Considerou-se um elemento de volume de solo de profundidade igual a 60 cm em virtude de que 99% das raízes do milho exploram os primeiros 45 cm de profundidade (MALAVOLTA e GARGANTINI, 1966).

3.4.2.1. Variação no armazenamento da água no solo

A variação no armazenamento da água no solo foi estimada a partir de perfis consecutivos de umidade do solo θ ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$).

Para a determinação de θ foi empregado o método gravimétrico, descrito por GARDNER (1965), em intervalos que variaram de 10 a 29 dias e de 5 a 21 dias, no segundo e no primeiro experimento, respectivamente. A umidade do solo foi obtida na superfície e às profundidades de 30, 60 e 90 cm com duas repetições por parcela.

As amostras, retiradas com trados, eram acondicionadas em latas de alumínio com taras conhecidas para a determinação do peso do solo úmido (P_u). Em seguida eram levadas à estufa para secagem em torno de 105°C até peso constante, para a obtenção do peso do solo seco (P_s).

Através da expressão:

$$\theta = \frac{P_u - P_s}{P_s} \cdot \rho_g \quad (9)$$

onde ρ_g é a massa específica global do solo ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) determinou-se então a umidade do solo na superfície e para cada profundidade e repetição. Os va

lores das massas específicas utilizadas foram de 1,37; 1,15 e 1,08 g.cm⁻³ para o primeiro experimento, e o valor médio de 1,21 g.cm⁻³ para o segundo experimento (Tabela 1).

Para cada parcela foi obtido um valor médio da umidade do solo na superfície e para as profundidades de 30, 60 e 90 cm, resultante das medidas efetuadas nos dois locais (repetições).

Para a estimativa do armazenamento da água no solo (A) foi empregada a expressão:

$$A = \bar{\theta} \cdot z \quad (10)$$

onde $\bar{\theta}$ é a umidade média do perfil do solo até a profundidade z igual a 60 cm.

A variação no armazenamento da água no solo (ΔA) num período de $t_2 - t_1$ foi determinada por:

$$\Delta A = A_2 - A_1 \quad (11)$$

onde A_2 e A_1 são os armazenamentos da água no solo em mm, nos tempos t_2 e t_1 , respectivamente.

3.4.2.2. Drenagem profunda

Para a determinação do fluxo vertical de água na profundidade de z de 60 cm (q_z) foi utilizada a lei de Darcy, conforme equação apresentada por HILLEL (1980:

$$q_z = -K(\theta) \cdot \frac{\partial \psi}{\partial z} \quad (12)$$

onde $\frac{\partial \psi}{\partial z}$ é o gradiente de potencial hidráulico (matricial + gravitacional) e $K(\theta)$ é a condutividade hidráulica como uma função de θ .

O gradiente de potencial hidráulico da água no solo foi obtido graficamente em z igual a 60 cm através do perfil do potencial hidráulico da água no solo de 0 a 90 cm. O potencial matricial foi determinado através das curvas características. Para o solo do primeiro experimento, a curva característica foi determinada na Seção de Física do Solo, do CENA, USP (Figura 3), e para o solo do segundo experimento foi utilizada a curva obtida por BRUNINI, 1975 (Figura 4).

Para o solo do primeiro experimento a dependência entre a condutividade hidráulica e a umidade do solo foi feita de acordo com o método proposto por REICHARDT e LIBARDI (1973). Neste caso, primeiramente, determinou-se a infiltração horizontal da água para o solo em estudo (Figura 5). A condutividade hidráulica é, então, dada por:

$$K(w) = 1,429 \cdot 10^{-12} \text{ m}^4 \exp(-12,235 w^2 + 28,061 w) \quad (13)$$

onde m é a inclinação da reta formada pela frente de molhamento e o tempo, w é uma umidade adimensional dada pela relação:

$$w = \frac{\theta - \theta_o}{\theta_s - \theta_o} \quad (14)$$

sendo θ a umidade do solo ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$) para um instante qualquer, θ_o e θ_s correspondem às umidades do solo seco ao ar e do solo saturado, respectivamente. A relação entre a condutividade hidráulica e a umidade volumétrica é mostrada na Figura 6.

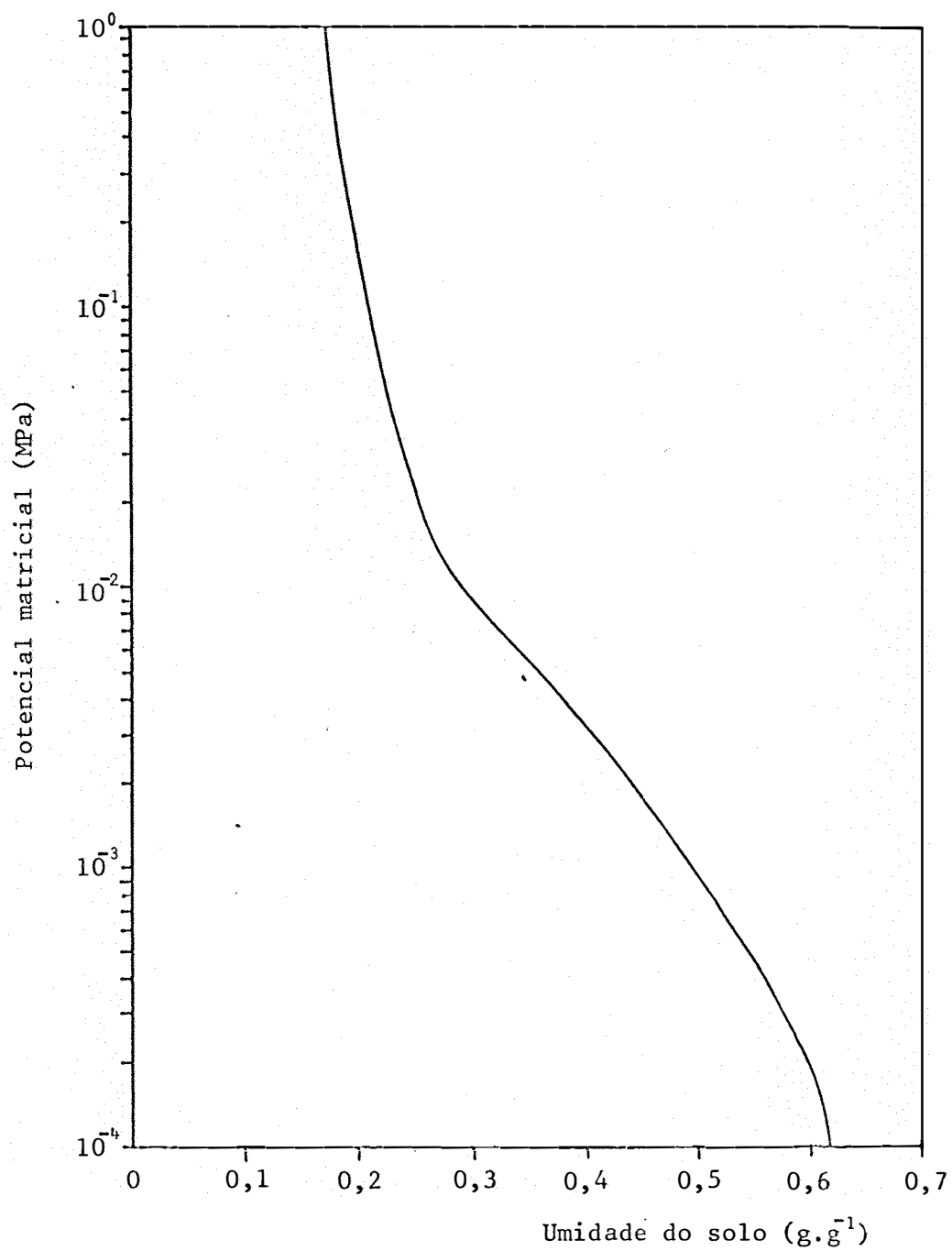


FIGURA 3 - Curva característica da umidade do solo para a camada de 0 a 60 cm do solo do primeiro experimento (81/82).

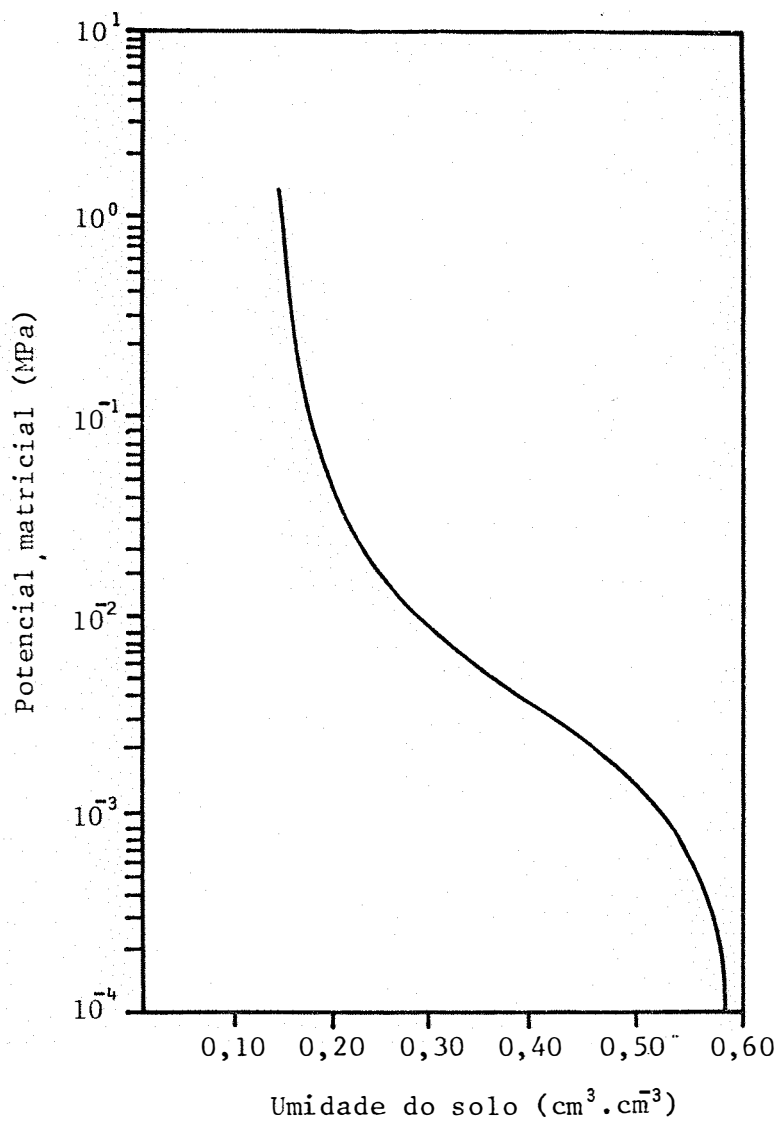


FIGURA 4 - Curva característica da umidade do solo para a camada de 0 a 60 cm do solo do segundo experimento (82/83).

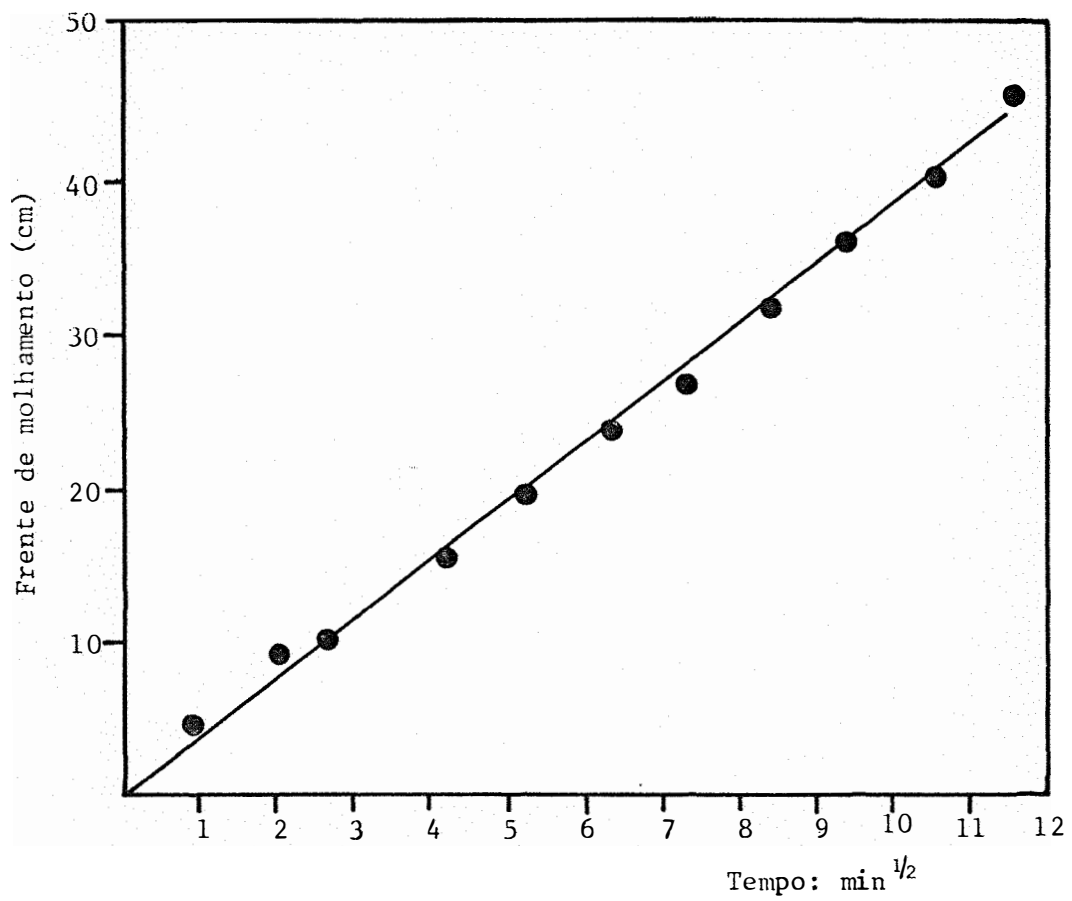


FIGURA 5 - Infiltração horizontal da água no solo em função da raiz quadrada do tempo, para a camada (0-60 cm) do solo do primeiro experimento (81/82).

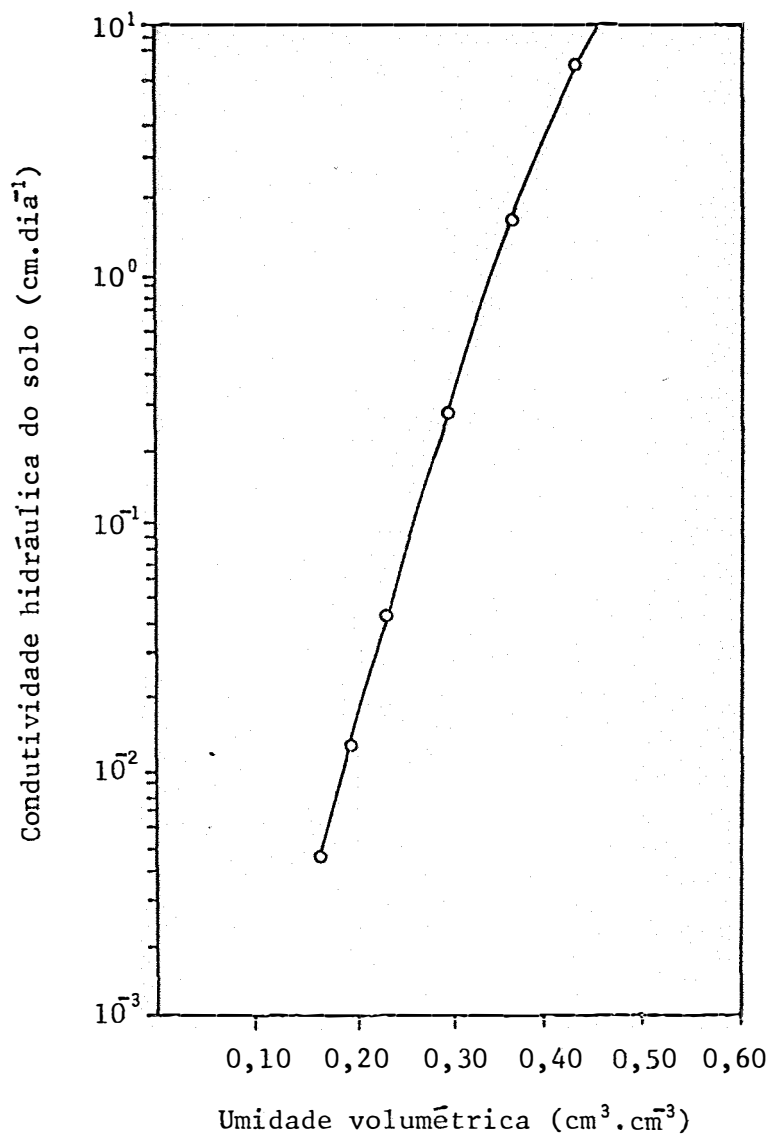


FIGURA 6 - Condutividade hidráulica em função da umidade do solo (81/82).

Para o solo do segundo experimento, a determinação da condutividade hidráulica foi feita através da expressão obtida por BRUNINI (1975) pelo método de laboratório, para a camada de solo de 0 a 60 cm, ou seja:

$$K(\theta) = 7,7462 \cdot 10^7 \exp(58,56 \theta - 44,84 \theta^2) \quad (15)$$

A Figura 7 mostra a dependência entre a condutividade hidráulica e a umidade do solo do segundo experimento.

Para cada intervalo de retirada de amostra determinou-se um valor médio da condutividade hidráulica de modo que:

$$\bar{K} = \frac{K(\theta_i) + K(\theta_j)}{2} \quad (16)$$

Para a obtenção dos valores de $K(\theta_i)$ e $K(\theta_j)$ as umidades θ_i e θ_j correspondem a um valor médio da umidade no perfil do solo para cada amostragem.

A drenagem total em um determinado período foi determinada por:

$$D = q_z \cdot \Delta t \quad (17)$$

onde D é a drenagem total no período (mm), q_z é o fluxo de água na profundidade de 60 cm ($\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1}$) e Δt é o intervalo em dias entre duas amostragens.

3.4.2.3. Precipitação pluvial e irrigação

A precipitação pluvial foi obtida com dados diários observa

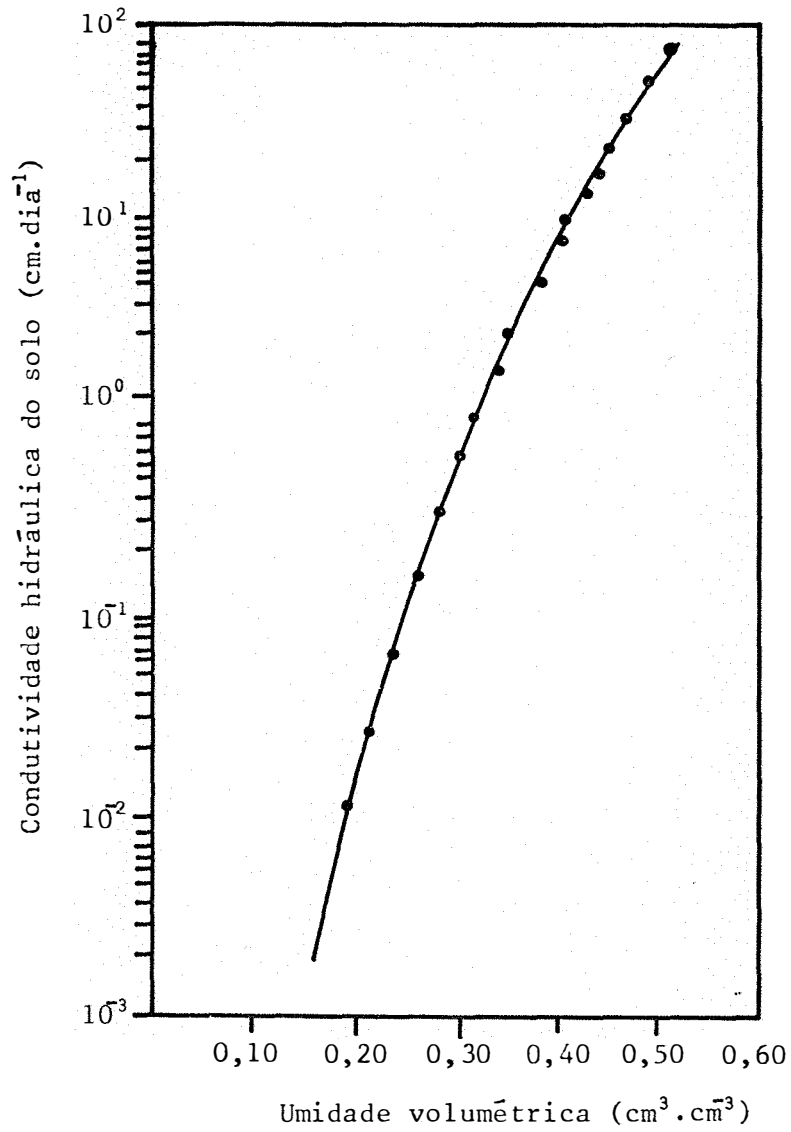


FIGURA 7 - Conduktividade hidráulica em função da umidade do solo (82/83).

dos em pluviômetro, instalado próximo ao experimento.

Devido ao fato de que foi elevada a precipitação pluviométrica durante os dois ensaios, não houve necessidade de irrigação. Somente duas parcelas, no segundo experimento, foram irrigadas, durante um período. Neste caso, o total de água precipitada foi medida através de pluviômetro instalado dentro da cultura.

3.5. Evapotranspiração de referência

A evapotranspiração de referência foi determinada através da evaporação do tanque Classe A (DOORENBOS e PRUITT, 1975):

$$E_{To} = E_{CA} \cdot K_p \quad (18)$$

onde E_{To} é a evapotranspiração de referência em $\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1}$, E_{CA} é a evaporação do tanque Classe A, média no período, em $\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1}$ e representa o valor médio diário do período considerado e K_p é o coeficiente de tanque. O valor de K_p é função da umidade relativa do ar e da velocidade do vento a 2 m de altura, assim como da localização do tanque.

O tanque Classe A estava instalado em superfície gramada da Estação Agroclimatológica localizada nas proximidades da área do ensaio.

Os dados de umidade relativa do ar, e da velocidade do vento a 10 m de altura foram obtidos nesta Estação Agroclimatológica. Os dados de velocidade do vento medidos a 10 m de altura foram corrigidos para a altura de 2 m através da relação (TUBELIS e NASCIMENTO, 1980):

$$U_2 = U_{10} \cdot 0,795 \quad (19)$$

onde U_2 é a velocidade do vento a 2 m de altura e U_{10} a velocidade do vento a 10 m de altura.

3.6. Eficiência no uso da água

A eficiência no uso da água (e.u.a.) foi determinada para a produção final de grãos a 13% de umidade e para a produção final de matéria seca de folhas, colmos, espigas e total.

A e.u.a. para a produção final de grãos foi determinada pela relação entre o peso dos grãos em kg.ha^{-1} e o consumo de água em mm, sendo em seguida o resultado transformado em $\text{g.m}^{-2}.\text{mm}^{-1}$.

A e.u.a. para a produção final de matéria seca das folhas, colmos, espigas e total foi estabelecida pela relação entre a matéria seca dessas partes (g.m^{-2}) e o consumo de água (mm) durante o ciclo.

Com os valores médios do peso da matéria seca produzida durante um período $t_2 - t_1$ e o respectivo consumo médio de água no mesmo período determinou-se, então, a variação temporal da e.u.a.

Para o primeiro ensaio; a e.u.a. para a produção final de matéria seca foi feita com o auxílio de equações ajustadas.

3.7. Resistência estomática à difusão de vapor d'água

A resistência estomática foi medida através de um porômetro "steady-state" (LI-1600 Steady-State Porometer). Este porômetro mede diretamente a resistência estomática, elimina curvas de calibração, e faz em torno de 200 medidas por hora, num intervalo que varia de 0,5 a 100 s.cm^{-1} .

Este tipo de porômetro de difusão de vapor d'água foi desenhado por BEARDSELL *et alii* (1972). Ele, na realidade, mede a taxa de transpiração em equilíbrio dinâmico de uma folha dentro de uma câmara.

A teoria de operação do porômetro "steady-state" pode ser descrita da seguinte maneira: a perda d'água de uma folha é determinada mantendo-se constante a densidade de vapor d'água dentro da câmara que está em contato com a folha que transpira. Isto é alcançado através do bombeamento de ar seco dentro da câmara, obtendo-se um balanço entre o fluxo de água transpirada pela folha e o fluxo de ar úmido saindo da câmara.

O fluxo $F(\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1})$ de ar seco dentro da câmara é expresso por:

$$F = \left(\frac{T_c}{273,15} + 1 \right) \left(\frac{101,3}{P} \right) M \quad (20)$$

onde T_c é a temperatura do ar dentro da câmara ($^{\circ}\text{C}$), P é a pressão atmosférica na câmara (kPa) e M é o fluxo de ar seco dentro da câmara, referido à condição padrão de 101,3 kPa e 0°C , obtida pelo medidor de fluxo de massa do porômetro. A transpiração $T(\mu\text{g} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1})$ da amostra está relacionada com F por:

$$T = (\rho_c - \rho_a) \frac{F}{A} \quad (21)$$

onde $\rho_c (\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$ é a densidade de vapor d'água dentro da câmara e que é equivalente ao produto da densidade de saturação de vapor para a temperatura T_c e $\frac{\text{UR}}{100}$; $\rho_a (\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$ é a densidade de vapor do ar seco que adentra a câmara, e $A(2,0 \text{ cm}^2)$ é a área da amostra. O porômetro assume que UR do ar que entra na câmara é constante e equivalente a 2%. A resistência estomática $r (\text{s} \cdot \text{cm}^{-1})$ é então determinada através de:

$$r_s = \frac{\rho_l - \rho_c}{T} - r_a \quad (22)$$

ou ainda por:

$$r_s = \frac{A}{F} \frac{(\rho_l - \rho_c)}{(\rho_c - \rho_a)} - r_a \quad (23)$$

onde ρ_l é a densidade de vapor na folha ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$), considerada como saturada de vapor d'água, sendo que a temperatura da folha é utilizada para a sua determinação, e r_a é a resistência da camada limite ao fluxo de vapor d'água, assumida como $0,15 \text{ s}\cdot\text{cm}^{-1}$.

A temperatura da folha foi medida usando-se um termopar de chromel-constantan em contato com a folha. Este termopar é parte da constituição do porômetro.

Para caracterizar o comportamento fisiológico dos diferentes cultivares, foram feitas amostragens sazonais da resistência estomática, nos dois experimentos. No primeiro experimento, as medidas foram em 30/12/81 e 18/02/82, quando as plantas estavam com 30 e 80 dias após a emergência, respectivamente. No segundo experimento as medidas foram em 17, 18 e 24/11/82, quando as plantas estavam com 43, 44 e 50 dias após a emergência.

As medidas foram feitas no limbo da terceira folha a partir do topo da planta, na superfície superior (adaxial) e inferior (abaxial).

Procurando garantir a representatividade dos dados, as medidas foram realizadas em cinco plantas escolhidas ao acaso por ocasião de cada medição.

A resistência estomática total (r_{st}) foi estimada assumindo que as duas superfícies da folha atuam como resistores em paralelo (TUR

NER e BEGG, 1973; MONTEITH, 1975):

$$r_{st} = \frac{r_{sad} \cdot r_{sab}}{r_{sad} + r_{sab}} \quad r_{st} \quad (24)$$

onde r_{sad} e r_{sab} são as resistências das superfícies adaxial e abaxial da folha, respectivamente.

A análise estatística dos dados da resistência total foi feita em esquema fatorial $H \times C$ e a análise dos dados das resistências adaxial e abaxial num esquema $H \times C \times S$, onde H é o número de observações no dia, C o número de cultivares comparados, e S o número de superfícies. Para tanto, utilizou-se os dados do dia 24/11/82, dos cultivares IAC-Maya Latente e Cargill-601.

3.8. Radiação fotossinteticamente ativa

Foi medida usando-se um sensor quântico LI-190-1, acoplado ao porômetro. Ele mede o quantum de fótons em $\mu E \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$ dentro da faixa de 400 a 700 nm (radiação fotossinteticamente ativa conforme definida por McCREE, 1972), num intervalo que vai de 0 a 2500 $\mu E \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$. De 0 a 250 $\mu E \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$ a resolução do instrumento é de 1 $\mu E \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$ e de 250 a 2500 $\mu E \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$ é de 10 $\mu E \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$. A acuracidade é de $\pm 5\%$.

A medida da radiação fotossinteticamente ativa, incidente sobre a epiderme adaxial da folha, foi feita imediatamente após a medida da resistência estomática.

3.9. Déficit de pressão de vapor d'água

Com o objetivo de relacionar a resistência estomática total com o déficit de pressão de vapor d'água, instalou-se um psicrômetro de par termoelétrico de cobre-constantan no interior da cultura (1,60 m acima da superfície do solo) e outro acima do dossel (3,20 m acima da superfície do solo). Esses termopares estavam instalados em microabrigos de PVC branco, abertos lateralmente. Os sinais elétricos foram medidos através de um potenciômetro.

As medições foram feitas em 17 e 18/11/82.

3.10. Parâmetros aerodinâmicos

A avaliação dos parâmetros aerodinâmicos requereu, em adição aos dados de perfil de vento, medidas do perfil de temperatura do ar, a fim de se determinar quando ocorreram as condições próximas à neutralidade.

3.10.1. Superfície e época das observações

Os parâmetros aerodinâmicos foram determinados sobre a variedade IAC- Maya, no primeiro experimento. A área coberta com milho era de aproximadamente 1,0 ha. O mastro com os sensores de velocidade do vento e o mastro com termopares foram colocados no centro de uma das parcelas (20 x 30 m), o que permitiu um "fetch" de aproximadamente 100 m.

Das observações realizadas foram utilizadas aquelas obtidas nos dias 9 e 11 de fevereiro de 1982.

3.10.2. Instrumental

3.10.2.1. Anemômetros

As velocidades do vento acima da cultura foram determinadas com anemômetros tipo caneca, marca Fuess, montados a 3,00; 3,70; 4,10; 5,30 e 6,60 m acima do nível do solo. Foram obtidos valores médios da velocidade horizontal do vento a cada altura, resultantes das medidas feitas durante 20 minutos.

3.10.2.2. Termômetros

A temperatura do ar foi determinada através de termopares de cobre-constantan nº 24 AWG, instalados nas mesmas alturas dos anemômetros. Obteve-se um valor médio da temperatura, resultante das medidas feitas em intervalos de 20 minutos.

Um microvoltímetro modelo Keithley-148 foi usado para amplificar a microvoltagem gerada pelos termopares e que foi registrada em registrador modelo Kipp e Zonen, BD47. Em seguida, através da relação $40 \mu\text{V} = 1^{\circ}\text{C}$ obtida através da curva de calibração entre temperatura e força eletromotriz, fez-se a conversão dos dados de mV para $^{\circ}\text{C}$.

3.10.3. Perfil médio do vento próximo à superfície

De acordo com DEACOM (1949), a lei que rege o perfil do vento, em condições de atmosfera próxima a neutralidade é a seguinte:

$$\bar{u}(z) = \frac{u_*}{k} \ln\left(\frac{z-d}{z_0}\right) \quad (25)$$

onde $\bar{u}(z)$ é a média temporal da velocidade do vento na altura z ; u_* é uma velocidade constante com a altura, e definida como velocidade de fricção, e k a constante de von Karman, considerada igual a 0,41 (HÖGSTRÖM, 1985); d é o deslocamento do plano zero, ou seja a distância que se deve somar a z_0 para obter-se a altura do início do fluxo turbulento, e z_0 é denominado de parâmetro de rugosidade.

3.10.4. Caracterização da estabilidade atmosférica

Para a caracterização da estabilidade atmosférica, visando a seleção de perfis próximos à neutralidade, foi usado o número de Richardson (Ri) (WEBB, 1965).

A equação para a determinação de Ri é a seguinte:

$$Ri = \frac{g \cdot \frac{d\theta}{dz}}{T \cdot \left(\frac{du}{dz}\right)^2} \quad (26)$$

onde g é a aceleração da gravidade ($980 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-2}$); $\frac{d\theta}{dz}$ é o gradiente de temperatura potencial ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{cm}^{-1}$); $\frac{du}{dz}$ é o gradiente da velocidade do vento (s^{-1}); e T é a temperatura absoluta do ar para o nível z_a , sendo z_a determinada por:

$$z_a = \sqrt{z_1 \cdot z_2} \quad (27)$$

Os valores de z_1 e z_2 utilizados foram 3,00 e 4,10 m, respectivamente.

Para a aplicação próximo à superfície, o Ri pode ser calculado com $\frac{dT}{dz}$ ao invés de $\frac{d\theta}{dz}$, onde $\frac{dT}{dz}$ é o gradiente de temperatura do ar (ROSENBERG, 1974).

Os perfis selecionados foram aqueles que apresentaram $-0,04 < Ri < 0,01$ (WEBB, 1970; PRUITT *et alii*, 1973).

3.10.5. Determinação do deslocamento do plano zero (d); do parâmetro de rugosidade (z_0); e da resistência aerodinâmica ao fluxo de vapor d'água (r_a)

O deslocamento do plano zero (d) foi calculado conforme a metodologia descrita por MONTEITH (1975) através de três velocidades do vento u_1 , u_2 e u_3 medidas nas alturas z_1 , z_2 e z_3 .

Através da equação (25) tem-se que:

$$\bar{u}_1(z_1) = \frac{u^*}{k} \ln\left(\frac{z_1 - d}{z_0}\right) \quad (28)$$

$$\bar{u}_2(z_2) = \frac{u^*}{k} \ln\left(\frac{z_2 - d}{z_0}\right) \quad e \quad (29)$$

$$\bar{u}_3(z_3) = \frac{u^*}{k} \ln\left(\frac{z_3 - d}{z_0}\right) \quad (30)$$

Estabeleceu-se, então, uma relação entre as equações (28), (29) e (30) de modo a permitir que a única incógnita seja d :

$$\frac{\bar{u}_1 - \bar{u}_2}{\bar{u}_1 - \bar{u}_3} = \frac{\ln\left(\frac{z_1 - d}{z_2 - d}\right)}{\ln\left(\frac{z_1 - d}{z_3 - d}\right)} \quad (31)$$

O membro ã esquerda da equação (31) foi determinado com os valores medidos da velocidade do vento no perfil.

Em seguida, por tentativa, determinou-se o valor de d que torna o lado direito da equação (31) igual ao lado esquerdo.

Os níveis z_1 , z_2 e z_3 utilizados foram 3,00; 4,10 e 6,60 m, respectivamente.

O correspondente valor do parâmetro de rugosidade (z_0) foi encontrado ao extrapolar-se a relação linear entre $\bar{u}(z)$ e $\ln(z - d)$ para $\bar{u}(z) = 0$. Para se conseguir isto plotaram-se em papel semi-logaritmico os dados ($z - d$) contra $u(z)$.

A resistência aerodinâmica ao fluxo de vapor (r_a) foi determinada através da resistência aerodinâmica ao transporte de momentum (r_{am}). Sabendo-se que o fluxo de momentum (τ) pode ser expresso tanto em função de $u(z)$ como em função de u_* (THOM, 1975):

$$\tau = \rho \cdot \frac{1}{r_{am}} \cdot u(z) \quad (32)$$

$$\tau = \rho \cdot u_*^2 \quad (33)$$

conclui-se que:

$$r_{am} = \frac{u(z)}{u_*^2} \quad (34)$$

A velocidade de fricção (u_*) foi determinada através da equação (25) onde tem-se que:

$$u_* = \frac{k \cdot u(z)}{\ln \left(\frac{z - d}{z_0} \right)} \quad (35)$$

sendo z igual a 4,10 m.

Para o cálculo da r_a usou-se a expressão (THOM, 1972):

$$r_a = r_{a_m} + 1,35 u_*^{-2/3} \quad (36)$$

sendo u_* em $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Crescimento da cultura

A análise estatística dos dados de crescimento das culturas foi efetuada somente no segundo experimento, uma vez que não era finalidade específica do primeiro experimento. Com os dados de matéria seca total acumulada, durante o primeiro experimento, fez-se o ajuste de curvas através da função logística.

4.1.1. Número de folhas por planta e índice de área foliar

Através da Tabela 2, observa-se que aos 25, 39 e 50 dias após a emergência não houve diferença estatística significativa entre os cultivares para o número de folhas por planta. A partir de 50 dias após a emergência os cultivares apresentaram diferenças significativas entre si. Aos 72 dias após a emergência o maior número médio de folhas por planta foi observado no cultivar IAC-Maya (14,5), seguido pelo cultivar IAC-Maya Latente (13,2) e do cultivar Cargill-601 (11,6), sendo que a diferença entre

TABELA 2 - Número médio de folhas por plantas de três cultivares de milho e resultados da análise de variância e do teste de Tukey. Campinas, 82/83.

Cultivar	Dias após a emergência					
	25	39	50	72	87	102
IAC-Maya	7,8 A ^{1/}	9,8 A	13,0 A	14,5 A	13,7 A	11,8 A
IAC-Maya Latente	7,6 A	9,2 A	13,1 A	13,2 B	12,5 A	9,3 B
Cargill-601	7,2 A	9,4 A	11,8 A	11,6 C	10,7 B	5,7 C
F	0,30 ^{NS}	0,23 ^{NS}	3,38 ^{NS}	43,75**	21,17**	175,30**
C. V. (%)	15,51	12,36	6,04	3,33	5,37	5,23

^{1/} - Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

NS - Não significativo

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

eles é significativa. Na última amostragem, aos 102 dias após a emergência, o número médio de folhas por planta foi 11,8; 9,3 e 5,7 para os cultivares IAC-Maya, IAC-Maya Latente e Cargill-601, respectivamente, sendo que a diferença entre eles é também significativa.

Na Figura 8 tem-se a representação gráfica da variação do número de folhas por planta no decorrer do ciclo. Observa-se que no cultivar Cargill-601 o número de folhas por planta foi crescente até 50 dias após a emergência, mantendo-se aproximadamente constante para então decrescer a partir dos 70 dias após a emergência. Nos cultivares IAC-Maya e IAC-Maya Latente o número de folhas por planta aumentou até cerca de 70 dias após a emergência para então declinar até o fim do ciclo. O decréscimo no número de folhas por planta foi devido à abscisão das folhas senescentes.

O crescente número de folhas por planta até 50 dias após a emergência no cultivar Cargill-601 e até cerca de 70 dias para o IAC-Maya e o IAC-Maya Latente revela a maior precocidade do cultivar Cargill-601 tendo em vista a correlação entre o número de folhas e a maturidade, isto é, a um menor número de folhas se associa uma maior precocidade (DUNCAN e HESKETH, 1968; NEAL, 1968).

O ciclo (da semeadura à colheita) do híbrido Cargill-601 foi de 118 dias, enquanto que, para as variedades IAC-Maya e IAC-Maya Latente o período entre a semeadura e a colheita foi de 134 dias. Além de apresentar maior precocidade e, conseqüentemente, menor número de folhas, o híbrido Cargill-601 apresenta ainda, em relação as variedades IAC-Maya e IAC-Maya Latente, menor porte.

Em relação ao índice de área foliar verifica-se através da Tabela 3 que, assim como para o número de folhas por planta, não houve di

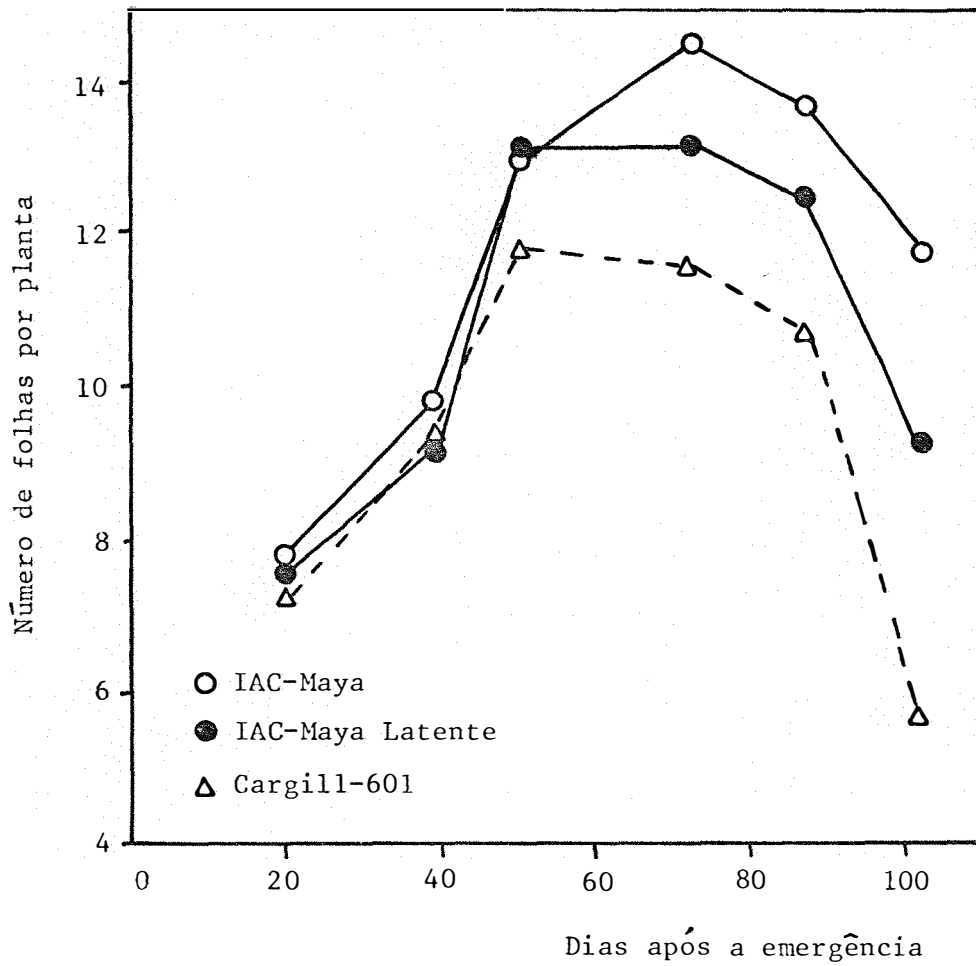


FIGURA 8 - Número de folhas por planta de três cultivares de milho.
Campinas, 82/83.

TABELA 3 - Índice de área foliar de três cultivares de milho e resultados da análise de variância e do teste de Tukey. Campinas, 82/83.

Cultivar	Dias após a emergência					
	25	39	50	72	87	102
IAC-Irara	0,6 A ^{1/}	1,9 A	4,1 A	4,9 A	4,7 A	4,5 A
IAC-Irara latente	0,6 A	1,9 A	3,7 A	4,8 A	3,9 B	3,0 B
Cargill-601	0,6 A	2,0 A	3,3 A	3,0 B	3,1 C	1,7 C
F	0,31 ^{NS}	0,07 ^{NS}	2,89 ^{NS}	8,11*	32,37**	123,15**
C.V. (%)	24,66	22,67	12,69	17,59	7,29	8,28

^{1/} - Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

NS - Não significativo

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

ferença estatística significativa entre os cultivares até 50 dias após a emergência. Porém, a partir daí até a última amostragem observa-se diferença significativa entre os cultivares. Os maiores valores foram observados no cultivar IAC-Maya e diferiram significativamente do Cargill-601 aos 72 dias após a emergência e dos cultivares IAC-Maya Latente e Cargill-601 aos 87 e 102 dias após a emergência.

Através das curvas ajustadas (Figura 9) para o índice de área foliar em função da idade verifica-se que o índice de área foliar do cultivar Cargill-601 foi crescente da emergência até cerca de 70 dias, enquanto que os índices de área foliar dos cultivares IAC-Maya e IAC-Maya Latente aumentaram até cerca de 85 dias após a emergência, para depois de crescerem. Este comportamento, aumento do índice de área foliar até um valor máximo no florescimento passando a declinar no período de enchimento dos grãos é típico da cultura do milho, conforme observou TOLLENAAR (1977).

Os valores máximos encontrados para os índices de área foliar, através das curvas ajustadas, foram 5,2; 4,5 e 3,1 nos cultivares IAC-Maya, IAC-Maya Latente e Cargill-601, respectivamente.

4.1.2. Acumulação de matéria seca

4.1.2.1. Peso da matéria seca de folhas por unidade de área de terreno

Através da Tabela 4, verifica-se que aos 25, 39 e 50 dias após a emergência os cultivares não diferiram entre si quanto ao peso da matéria

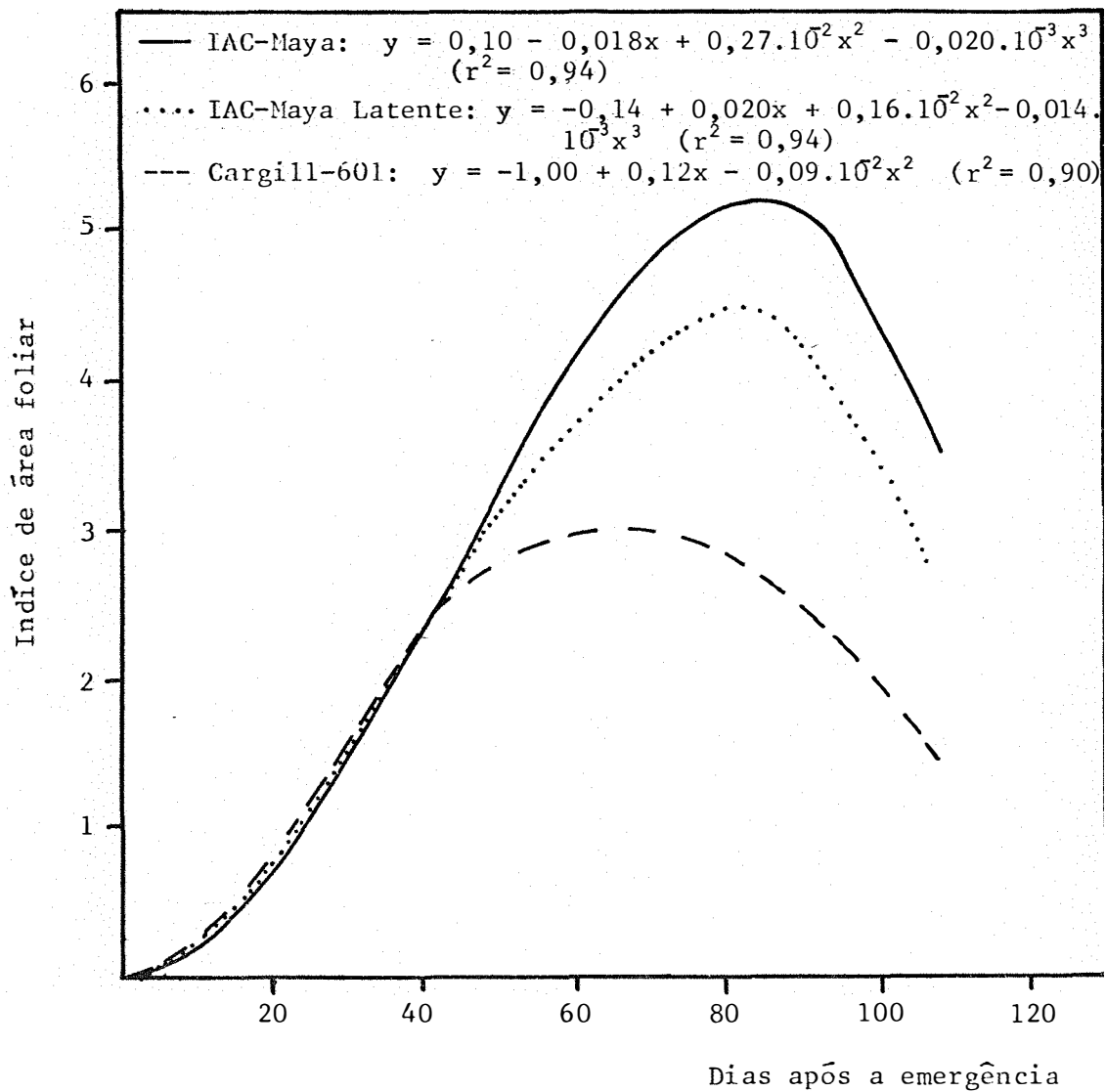


FIGURA 9 - Índice de área foliar de três cultivares de milho. Campinas, 82/83.

TABELA 4 - Peso médio da matéria seca de folhas por unidade de área de terreno (g.m²) de três cultivares de milho e resultados da análise de variância e do teste de Tukey. Campinas, 82/83.

Cultivar	Dias após a emergência					
	25	39	50	72	87	102
IAC-Maya	15,075 A ^{1/}	85,625 A	180,800 A	249,550 A	273,125 A	253,675 A
IAC-Maya Latente	15,950 A	84,500 A	174,050 A	219,425 A	220,125 B	175,925 B
Cargil-601	13,725 A	85,675 A	169,700 A	152,675 B	179,650 B	105,100 C
F	0,33 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,23 ^{NS}	12,51**	15,75**	116,42**
C.V. (%)	26,03	23,25	13,33	13,53	10,53	7,73

^{1/} - Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

NS - Não significativo

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

téria seca de folhas por unidade de área de terreno. Aos 72 dias após a emergência não ocorreu diferença significativa entre os cultivares IAC-Maya e IAC-Maya Latente mas estes diferiram significativamente do Cargill-601. Isto se deve principalmente ao menor número de folhas por planta do cultivar Cargill-601 em relação aos outros dois cultivares. Aos 87 dias o peso da matéria seca das folhas do IAC-Maya foi significativamente superior àqueles encontrados nos cultivares IAC-Maya Latente e Cargill-601, sendo que estes dois não diferiram entre si. Aos 102 dias após a emergência o IAC-Maya foi superior aos demais e o IAC-Maya Latente foi superior ao Cargill-601.

Pela Tabela 5 nota-se que aos 87 dias o peso da matéria seca de folhas secas dos cultivares IAC-Maya e IAC-Maya Latente foram significativamente maiores quando comparados com o Cargill-601. Na última amostragem, aos 123 dias após a emergência não houve diferença significativa entre os cultivares.

4.1.2.2. Peso da matéria seca de colmos por unidade de área de terreno

Através da Tabela 6, observa-se que aos 25, 39 e 50 dias após a emergência não houve diferença significativa entre os cultivares para o peso da matéria seca de colmos por unidade de área de terreno. Aos 72, 87, 102 e 123 dias após a emergência o cultivar Cargill-601 foi significativamente inferior ao IAC-Maya e aos 87 e 102 dias foi também inferior ao IAC-Maya Latente. Durante todo o período de coleta de dados não houve diferença significativa entre os cultivares IAC-Maya e IAC-Maya Latente.

TABELA 5 - Peso médio da matéria seca de folhas secas por unidade de área de terreno ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$) de três cultivares de milho e resultados da análise de variância e do teste de Tukey. Campinas, 82/83.

Cultivar	Dias após a emergência		
	87	102	123
IAC-Maya	19,700 A ^{1/}	37,500 B	296,750 A
IAC-Maya Latente	20,350 A	52,100 AB	234,050 A
Cargill-601	4,150 B	77,050 A	162,250 A
F	10,80*	7,47*	4,32 ^{NS}
C.V. (%)	37,89	26,35	28,05

^{1/} - Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

NS - Não significativo

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 6 - Peso médio da matéria seca de colmos por unidade de área de terreno (g.m^2) de três culturas de milho e resultados da análise de variância e do teste de Tukey. Campinas, 82/83.

Cultivar	Dias após a emergência						
	25	39	50	72	87	102	123
IAC-Maya	10,050 A ^{1/}	76,425 A	152,075 A	554,650 A	682,650 A	535,900 A	528,025 A
IAC-Maya Latente	10,650 A	72,900 A	154,525 A	428,475 AB	672,225 A	491,900 A	414,825 AB
Cargill-601	9,200 A	61,325 A	165,050 A	317,950 B	385,875 B	370,125 B	281,775 B
F	0,33 ^{NS}	0,31 ^{NS}	0,27 ^{NS}	9,80*	4,98*	10,03*	7,39*
C.V. (%)	25,61	40,56	16,97	17,44	26,00	11,64	22,21

^{1/} - Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

NS - Não significativo

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade

4.1.2.3. Peso da matéria seca de brácteas, rãquis e grãos por unidade de área de terreno

Nota-se pela Tabela 7 que aos 72 dias após a emergência o peso da matéria seca de brácteas por unidade de área de terreno no cultivar Cargill-601 foi estatisticamente superior àqueles observados nos cultivares IAC-Maya e IAC-Maya Latente. Na Tabela 8 observa-se que para rãquis, tanto aos 72 como aos 87 dias, o cultivar Cargill-601 foi superior aos demais.

Através da Tabela 9, verifica-se que aos 72 dias após a emergência apenas no cultivar Cargill-601 havia iniciado a formação de grãos. Isto mostra a sua maior precocidade. Aos 87 e 102 dias o cultivar Cargill-601 foi significativamente superior ao IAC-Maya e IAC-Maya Latente. Na última coleta, 123 dias após a emergência não houve diferença significativa entre os cultivares.

4.1.2.4. Peso da matéria seca total por unidade de área de terreno

Através da Tabela 10, nota-se que durante todo o ciclo não houve diferença significativa entre os cultivares para o peso da matéria seca total (apenas a parte aérea), com exceção da amostragem feita aos 72 dias onde o cultivar Cargill-601 foi significativamente inferior ao cultivar IAC-Maya.

Os acúmulos da matéria seca total, representados na Figura 10, através das curvas descritas pela função logística, mostram que o pa

TABELA 7 - Peso médio da matéria seca de brácteas por unidade de área de terreno ($\text{g} \cdot \text{m}^2$) de três cultivares de milho e resultados da análise de variância e do teste de Tukey. Campinas, 82/83.

Cultivar	Dias após a emergência			
	72	87	102	123
IAC-Maya	33,575 B ^{1/}	148,375 A	153,950 A	124,800 A
IAC-Maya Latente	48,375 B	152,300 A	135,875 AB	133,325 A
Cargill-601	99,500 A	115,500 A	105,325 B	86,125 A
F	11,88**	3,12 ^{NS}	11,59**	4,33 ^{NS}
C.V. (%)	33,21	16,49	10,96	21,05

^{1/} - Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

NS - Não significativo

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

drão de crescimento dos três cultivares concordam com os resultados relatados por outros autores (SAYRE, 1948; LOPES e LOPES, 1977).

Através das curvas ajustadas, cujas equações estão na Tabela 11, observa-se que as produções biológicas máximas foram de 1.687,58; 1.494,32 e 1.370,13 $\text{g} \cdot \text{m}^2$ para os cultivares IAC-Maya, IAC-Maya Latente e Cargill-601, respectivamente.

Na Tabela 12 estão apresentadas as equações de melhor ajuste do acúmulo da matéria seca total para os três cultivares no primeiro ensaio e que serão utilizadas para a determinação da eficiência no uso da

TABELA 8 - Peso médio da matéria seca de rãquis por unidade de área de terreno ($\text{g} \cdot \text{m}^2$) de três cultivares de milho e resultados da análise de variância e do teste de Tukey. Campinas, 82/83.

Cultivar	Dias após a emergência			
	72	87	102	123
IAC-Maya	10,675 B ^{1/}	97,475 B	108,125 B	109,700 A
IAC-Maya Latente	17,350 B	89,350 B	97,675 B	96,525 A
Cargill-601	77,100 A	152,075 A	143,050 A	120,825 A
F	71,07**	25,74**	11,37**	2,18 ^{NS}
C.V. (%)	24,76	11,90	12,12	15,11

^{1/} - Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

NS - Não significativo

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

água. Neste experimento os cultivares IAC-Maya e IAC-Maya Latente foram descritos pela mesma equação de crescimento.

Comparando-se os dados das Tabelas 11 e 12 nota-se que no primeiro ensaio a produção biológica foi maior do que a do segundo ensaio nos três cultivares.

As fases distintas que compreendem o processo de crescimento das plantas de milho (TANAKA e YAMAGUCHI, 1972) podem ser distinguidas na Figura 11. Houve uma fase vegetativa inicial onde a produção de matéria seca foi pequena e tanto colmos como folhas, estavam sendo formados.

TABELA 9 - Peso médio da matéria seca de graos por unidade de área de terreno (g.m^{-2}) de três cultivares de milho e resultados da análise de variância e do teste de Tukey. Campinas, 82/83.

Cultivar	Dias após a emergência			
	72	87	102	123
IAC-Maya	-	65,500 B ^{1/}	344,925 B	614,150 A
IAC-Maya Latente	-	82,625 B	354,175 B	585,650 A
Cargill-601	52,000	381,950 A	614,350 A	568,325 A
F	-	92,99**	25,03*	0,21 ^{NS}
C.V. (%)	-	20,29	13,97	17,32

^{1/} - Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

NS - Não significativo

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

A partir de 25 dias após a emergência ocorreu uma fase vegetativa ativa na qual se achavam em desenvolvimento folhas, colmos e primórdios dos órgãos reprodutivos. O grande aumento do peso da matéria seca das folhas se deu até cerca de 50 dias após a emergência nos três cultivares, enquanto que o grande aumento do peso da matéria seca dos colmos se deu até cerca de 85 dias após a emergência. A fase inicial de enchimento dos grãos coincidiu com a fase de continuo aumento no peso dos colmos e folhas, porém, em menor velocidade principalmente nas folhas. Nesta fase as brácte

TABELA 10 - Peso médio da matéria seca total por unidade de área de terreno (g.m²) de três cultivares de milho e resultados da análise de variância e do teste de Tukey. Campinas, 82/83.

Cultivar	Dias após a emergência						
	25	39	50	72	87	102	123
IAC-Maya	25,125 A ^{1/}	162,050 A	335,200 A	848,400 A	1286,800 A	1434,075 A	1673,425 A
IAC-Maya latente	26,600 A	157,400 A	328,575 A	713,650 AB	1237,025 A	1307,650 A	1464,375 A
Cargill-601	22,925 A	147,000 A	334,500 A	647,275 B	1219,200 A	1415,000 A	1236,550 A
F	0,33 ^{NS}	0,11 ^{NS}	0,02 ^{NS}	7,93*	0,12 ^{NS}	2,02 ^{NS}	3,64 ^{NS}
C.V. (%)	25,86	30,25	15,21	9,89	16,35	6,92	15,71

^{1/} - Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

NS - Não significativo

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade

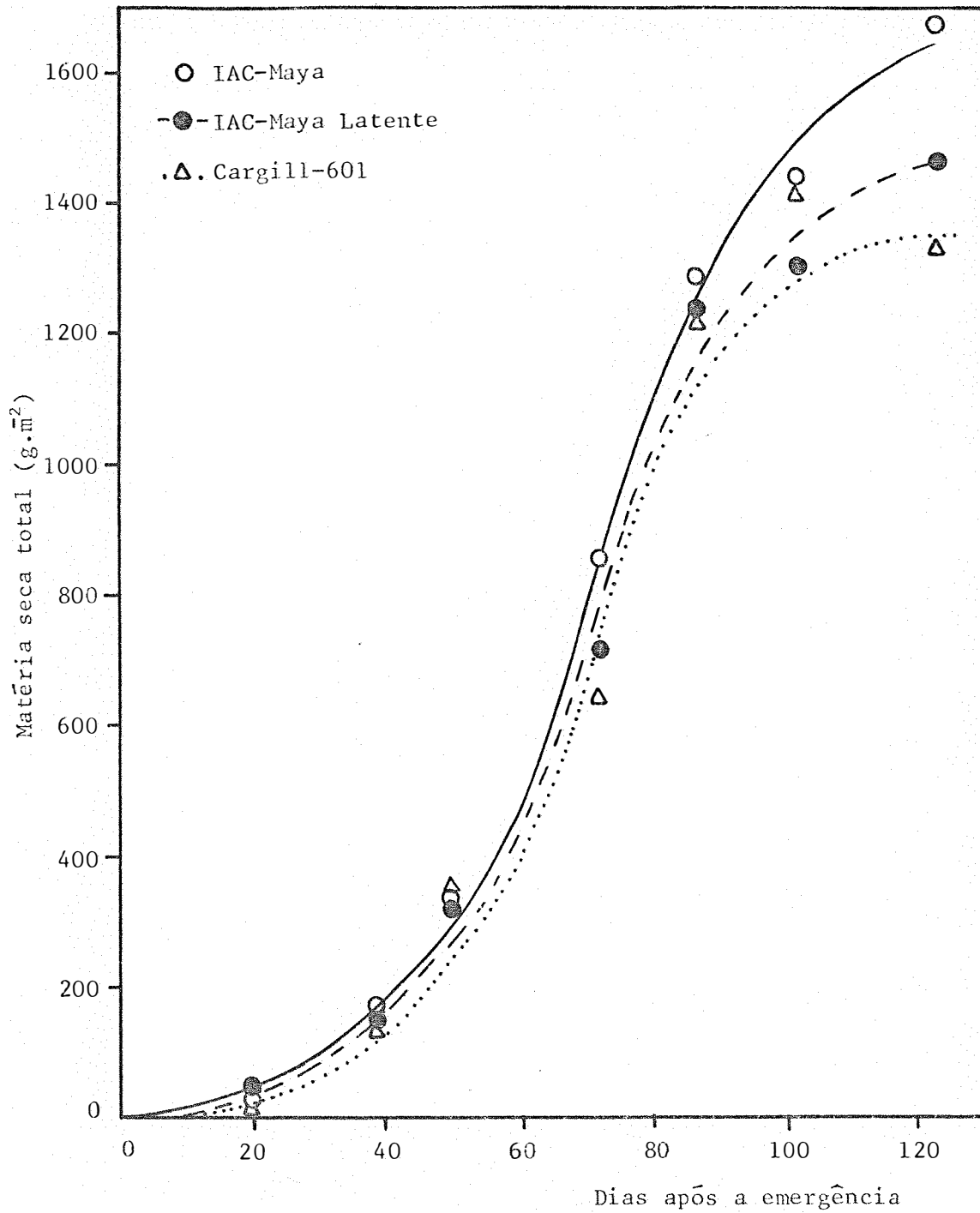


FIGURA 10 - Acúmulo de matéria seca total em três cultivares de milho. Campinas. 82/83.

TABELA 11 - Funções logísticas que descrevem o acúmulo de matéria seca total em três cultivares de milho. Campinas, 82/83.

Cultivar	Função
IAC-Maya	$Y = 1687,58/[1 + \exp (4,87212 - 0,06809.t)]$
IAC-Maya Latente	$Y = 1494,32/[1 + \exp (5,03361 - 0,07156.t)]$
Cargill-601	$Y = 1370,13/[1 + \exp (5,52751 - 0,08114.t)]$

Y = Peso da matéria seca total por unidade de área ($g.m^{-2}$)

t = Dias após a emergência

$$Y = Y_{\text{máx}}/[1 + \exp (A + B.t)]$$

as e o rãquis continuaram a ganhar peso. A fase ativa de enchimento dos grãos ocorreu entre 75 a 100 dias no cultivar Cargill-601 e entre 90 e 125 dias após a emergência nos cultivares IAC-Maya e IAC-Maya Latente. Esta fase caracterizou-se por um ganho maior do peso dos grãos e um ganho menor ou decréscimo do peso das folhas, colmos, brácteas e rãquis.

A taxa de crescimento da cultura (T.C.C.), expressa em peso da matéria seca total (produtividade biológica) produzida por unidade de superfície de terreno e por unidade de tempo ($g.m^{-2}.diã^{-1}$), Figura 12, foi pequena no início, em razão do pequeno valor do índice de área foliar o que resulta em baixo aproveitamento da energia solar. Com o desenvolvi

TABELA 12 - Funções logísticas que descrevem o acúmulo de matéria seca total em três cultivares de milho. Campinas, 81/82.

Cultivar	Função
IAC-Maya	$Y = 1761,3/[1 + \exp (5,42774 - 0,07064.t)]$
IAC-Maya Latente	$Y = 1761,3/[1 + \exp (5,42774 - 0,07064.t)]$
Cargill-601	$Y = 1458,4/[1 + \exp (5,20593 - 0,06986.t)]$

Y = Peso da matéria seca total por unidade de área ($\text{g}.\text{m}^2$)

t = Dias após a emergência

$$Y = Y_{\text{máx}}/[1 + \exp (A + B.t)]$$

mento da planta a T.C.C. aumentou, em razão do maior aproveitamento da energia solar, até um valor máximo no florescimento (cerca de 80 dias após a emergência) para depois diminuir rapidamente. Os valores máximos da T.C.C. foram $32,0 \text{ g}.\text{m}^2.\text{diá}^{-1}$ para os cultivares IAC-Maya Latente e Cargill-601 e $27,0 \text{ g}.\text{m}^2.\text{diá}^{-1}$ para o cultivar IAC-Maya, cerca de 80 dias após a emergência.

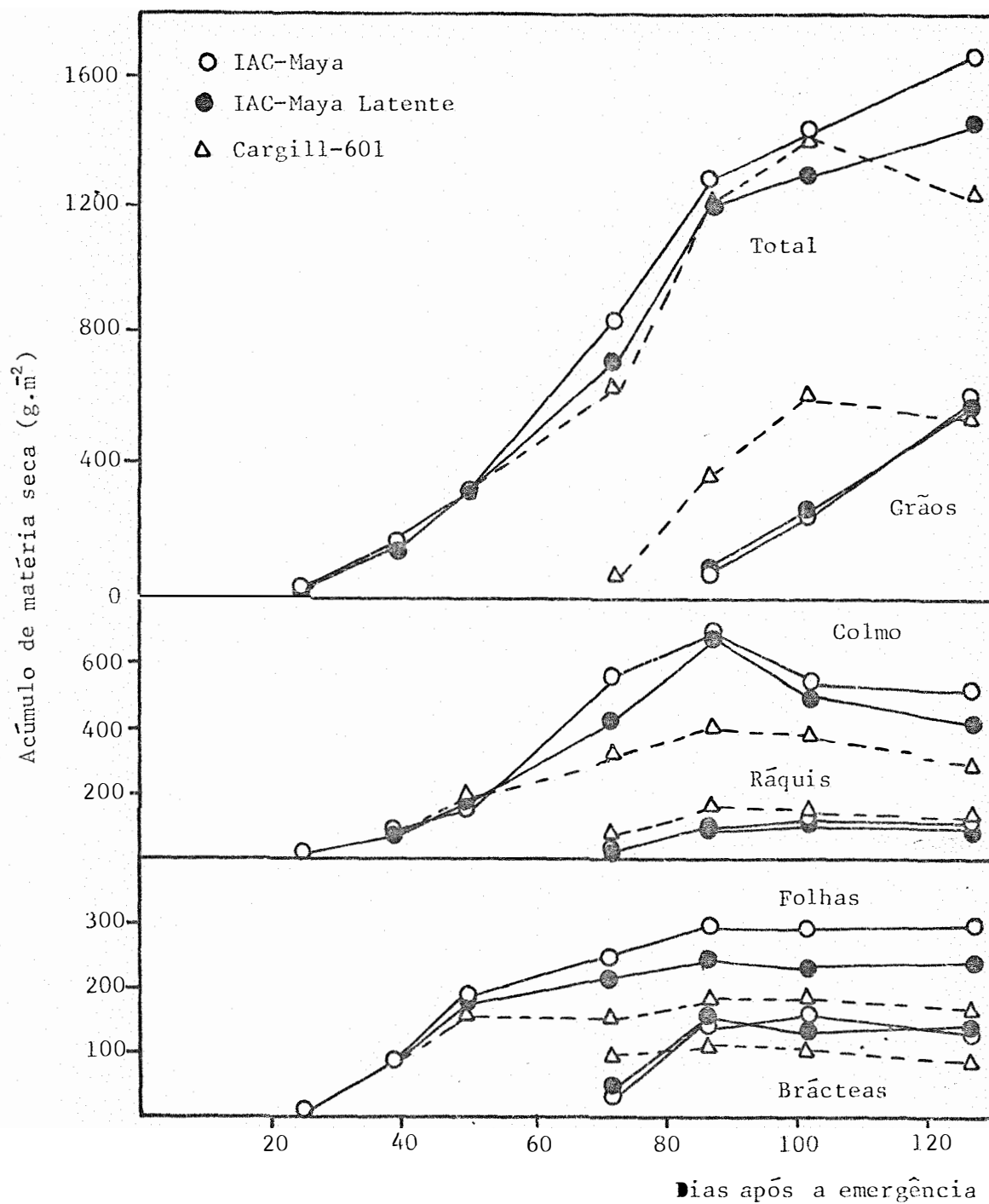


FIGURA 11 - Acúmulo de matéria seca nas diversas partes da planta de três cultivares de milho. Campinas. 82/83.

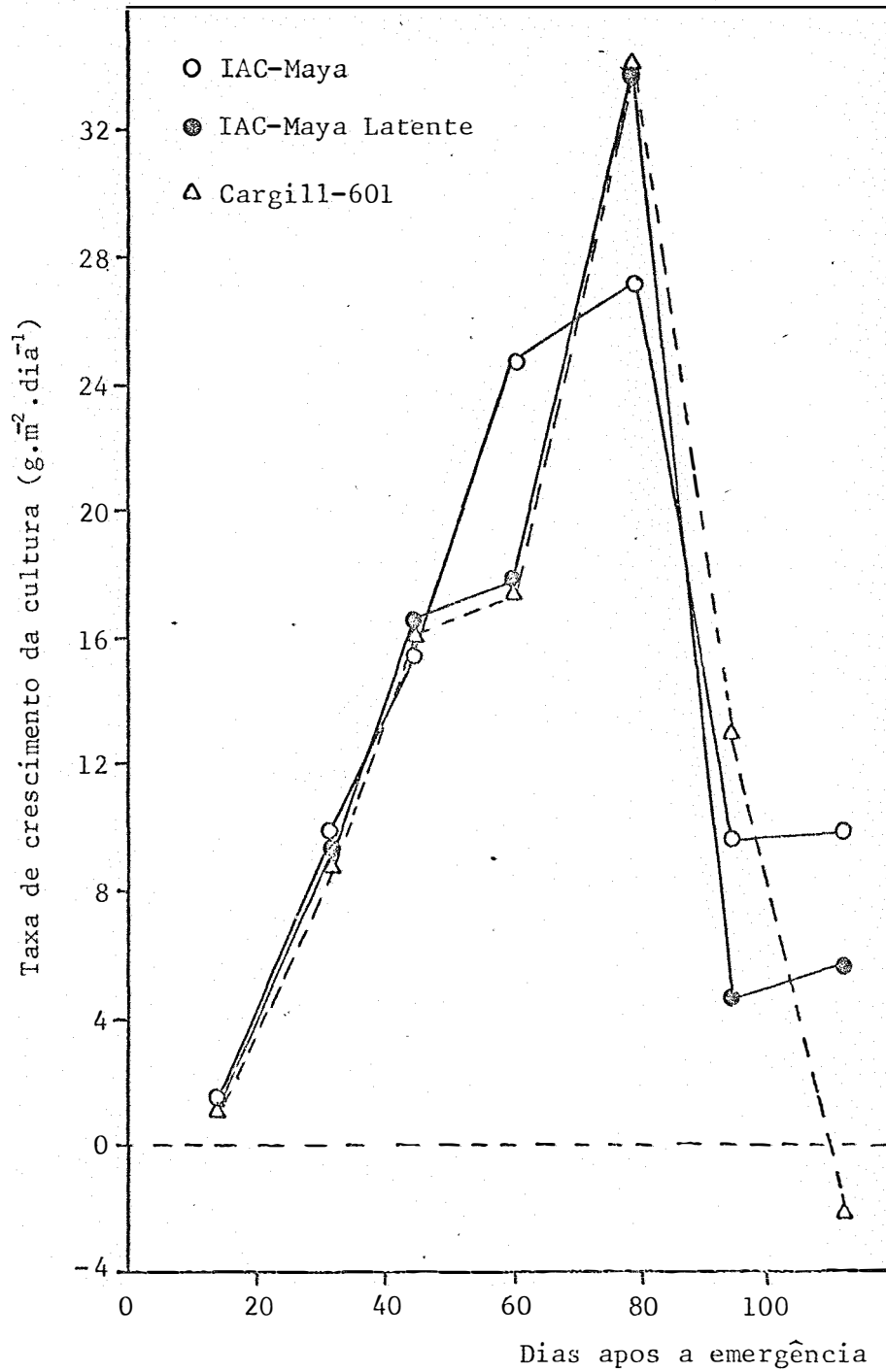


FIGURA 12 - Taxa de crescimento da cultura de três cultivares de milho. Campinas, 82/83.

4.1.3. Eficiência na conversão de matéria seca em grãos

A razão entre o peso da matéria seca dos grãos e o peso da matéria seca das folhas mais o peso da matéria seca dos colmos foi sempre maior no cultivar Cargill-601 como mostra a Figura 13 d, embora não tenha sido significativa a diferença entre o cultivar Cargill-601 e os cultivares IAC-Maya e IAC-Maya Latente por ocasião da última amostragem (Tabela 13). Durante todo o ciclo não houve diferença significativa entre IAC-Ma

TABELA 13 - Relação entre a matéria seca de grãos e a matéria seca de folhas mais colmos de três cultivares de milho e resultados das análises de variância e do teste de Tukey. Campinas, 82/83.

Cultivar	Dias após a emergência			
	72	87	102	123
IAC-Maya	-	0,07 B ^{1/}	0,42 B	0,79 A
IAC-Maya Latente	-	0,09 B	0,49 B	0,78 A
Cargill-601	0,11	0,72 A	1,12 A	1,25 A
F	-	28,88**	42,24**	3,42 ^{NS}
C.V. (%)	-	47,02	17,50	31,10

^{1/} - Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

NS - Não significativo

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

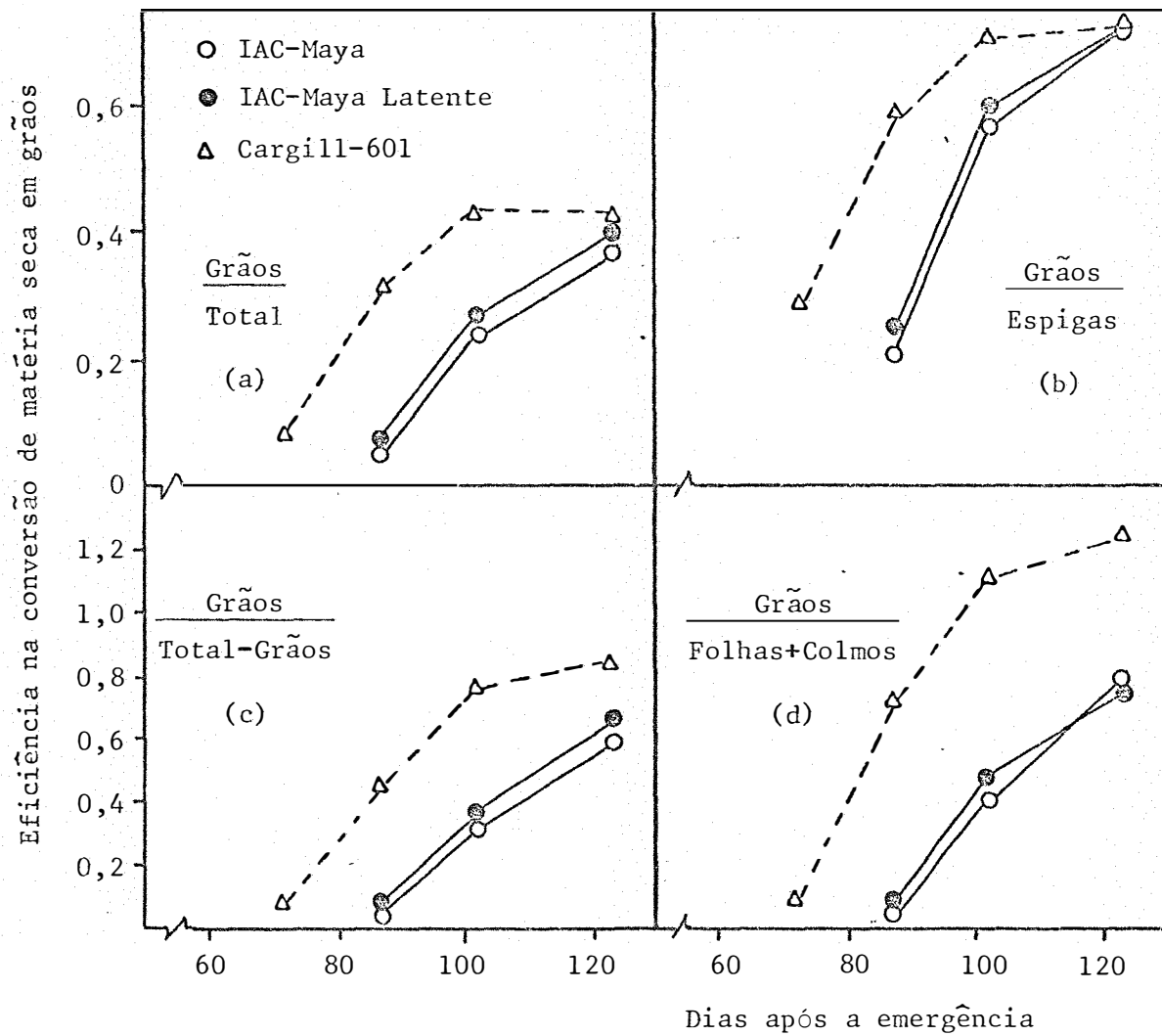


FIGURA 13 - Eficiência na conversão de matéria seca em grãos de três cultivares de milho. Campinas, 82/83.

ya e IAC-Maya Latente.

O mesmo ocorreu com a razão entre o peso da matéria seca dos grãos e o peso da matéria seca total menos o peso da matéria seca dos grãos (Figura 13 c e Tabela 14).

Resultados semelhantes foram encontrados também para a razão entre o peso da matéria seca dos grãos e o peso da matéria seca das espigas (Figura 13 b e Tabela 15).

A razão entre o peso da matéria seca dos grãos e o peso da matéria seca total que expressa a razão entre a produtividade econômica e biológica, conhecida como índice de colheita, durante todo o ciclo foi maior no cultivar Cargill-601 (Figura 13 a). No final do ciclo os índices de colheitas foram 0,37; 0,40 e 0,43 para os cultivares IAC-Maya, IAC-Maya Latente e Cargill-601, respectivamente, embora não tenha sido significativa a diferença entre eles (Tabela 16).

4.2. Balanço hídrico

4.2.1. Primeiro experimento

O balanço hídrico foi efetuado nos três cultivares desde a emergência até a colheita, em onze períodos com intervalos de 5, 7, 8, 8, 6, 7, 8, 6, 7, 15 e 21 dias, sendo que no último período a colheita do cultivar Cargill-601 já havia sido efetuada.

Nas Tabelas 17, 18 e 19 são apresentados os termos dos balanços hídricos realizados em duas parcelas de cada cultivar.

Durante dois períodos, devido a erro não controlável, foi

TABELA 14 - Relação entre a matéria seca de grãos e a matéria seca total exceto a de grãos de três cultivares de milho e resultados das análises de variância e do teste de Tukey. Campinas, 82/83.

Cultivar	Dias após a emergência			
	72	87	102	123
IAC-Maya	-	0,05 B ^{1/}	0,32 B	0,60 A
IAC-Maya Latente	-	0,07 B	0,37 B	0,67 A
Cargill-601	0,09	0,47 A	0,77 A	0,85 A
F	-	56,31**	42,88**	4,88 ^{NS}
C.V. (%)	-	31,70	15,59	18,08

^{1/} - Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

NS - Não significativo

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

necessário estimar a evapotranspiração real através da evapotranspiração de referência. No cultivar Cargill-601 isto ocorreu em apenas um período.

Da maneira como foi calculado o balanço hídrico, algumas fontes de erro podem ser admitidas. Em primeiro lugar, os valores diários da drenagem profunda, às vezes, apresentam grandes flutuações dentro de um período, indicando que, quando se utiliza a equação de Darcy para a determinação deste componente, o melhor procedimento é obter a somatória dos valores diários e não o valor médio entre os dados do início e fim do período, procedimento este utilizado por BRUNINI (1975).

TABELA 15 - Relação entre a matéria seca de grãos e a matéria seca das espigas de três cultivares de milho e resultados das análises de variância e do teste de Tukey. Campinas, 82/83.

Cultivar	Dias após a emergência			
	72	87	102	123
IAC-Maya	-	0,21 B ^{1/}	0,57 B	0,72 A
IAC-Maya Latente	-	0,25 B	0,60 B	0,72 A
Cargill-601	0,29	0,59 A	0,71 A	0,73 A
F	-	79,63**	39,60**	1,40 ^{NS}
C.V. (%)	-	13,50	3,83	1,54

^{1/} - Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

NS - Não significativo

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Ainda, de acordo com REICHARDT *et alii* (1974), a drenagem profunda pode ser também uma fonte de erros em períodos chuvosos. Após uma chuva intensa, quando a drenagem é grande, o período para o cálculo do balanço hídrico deve ser o menor possível, às vezes até menor que um dia (BLACK *et alii*, 1970). Em segundo lugar, a umidade do solo, que é utilizada no cálculo da variação do armazenamento de água no solo e na estimativa do fluxo de drenagem profunda, apresenta grande variabilidade espacial, uma vez que ela é função de certas características e propriedades físicas do solo

TABELA 16 - Relação entre a matéria seca de grãos e a matéria seca total de três cultivares de milho e resultados das análises de variância e do teste de Tukey. Campinas, 82/83.

Cultivar	Dias após a emergência			
	72	87	102	123
IAC-Maya	-	0,05 B ^{1/}	0,24 B	0,37 A
IAC-Maya Latente	-	0,07 B	0,27 B	0,40 A
Cargill-601	0,08	0,32 A	0,43 A	0,43 A
F	-	82,43**	46,40**	0,92 ^{NS}
C.V. (%)	-	22,81	9,75	14,19

^{1/} - Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

NS - Não significativo

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

(REICHARDT *et alii*, 1974; SOUZA *et alii*, 1979).

Nota-se, através dos dados das Tabelas 17, 18 e 19, que em todas as parcelas a drenagem profunda atingiu valores superiores a 20% das perdas de água. Do total de água perdida por evapotranspiração e drenagem profunda, em média, cerca de 24% correspondem a drenagem profunda no cultivar IAC-Maya, cerca de 32% no IAC-Maya Latente e cerca de 21% no cultivar Cargill-601.

A evapotranspiração real média durante o ciclo (consumo de água) foi de 475,8 mm para o cultivar IAC-Maya, 411,3 para o IAC-Maya La

TABELA 17 - Dados de precipitação pluvial (P), variação do armazenamento de água no solo (ΔA), drenagem profunda (D), evapotranspiração real (ETR) e porcentagem de perdas por drenagem profunda para o cultivar IAC-Maya (2 parcelas). Campinas, 81/82.

Período	P (mm)	Parcela 1				Parcela 2			
		ΔA (mm)	D (mm)	ETR (mm)	D (%)	ΔA (mm)	D (mm)	ETR (mm)	D (%)
17 a 21/11/81	7,0	-28,2	5,8	29,4	16,5	-10,8	1,5	16,3	8,4
22 a 28/12	7,2	-11,8	3,0	16,0	15,8	-9,9	1,8	15,3	10,5
29 a 05/01/82	117,6	5,8	51,3	60,5	45,9	8,1	46,5	63,0	42,5
06 a 13/01	116,6	13,2	31,8	71,6	30,8	29,2	19,7	67,7	22,5
14 a 19/01	0,0	-40,6	10,5	30,1	25,9	-25,0	1,4	23,6	5,6
20 a 26/01	29,2	-3,4	5,8	26,8	17,8	-7,6	6,0	30,8	16,3
27 a 03/02	13,4	-	-	37,6*	-	-	-	37,6*	-
04 a 09/02	53,1	-	-	23,4*	-	-	-	23,4*	-
10 a 16/02	0,0	-43,8	6,0	37,8	13,7	-49,8	18,1	31,7	36,3
17 a 03/03	106,1	28,0	18,4	59,7	23,6	36,2	15,4	54,5	22,0
04 a 25/03	154,9	5,2	48,0	101,7	32,1	6,2	55,7	93,0	37,5
Total	605,1	-75,6	180,6	494,6	24,7	-23,4	166,1	456,9	22,4

* Estimada através da ETo

TABELA 18 - Dados de precipitação pluviual (P), variação do armazenamento de água no solo (ΔA), drenagem profunda (D), evapotranspiração real (ETR) e porcentagem de perdas por drenagem profunda para o cultivar IAC-Maya Latente (2 parcelas). Campinas, 81/82.

Período	P (mm)	Parcela 1					Parcela 2				
		ΔA (mm)	D (mm)	ETR (mm)	D (%)	ΔA (mm)	D (mm)	ETR (mm)	D (%)		
17 a 21/11/81	7,0	-17,2	3,0	21,2	12,4	-9,6	3,4	13,2	20,5		
22 a 28/12	7,2	-7,8	4,0	11,0	26,7	-0,2	0,6	6,8	8,1		
29 a 05/01/82	117,6	8,1	51,1	58,4	46,7	0,6	62,6	54,4	53,5		
06 a 13/01	116,6	16,4	40,9	59,3	40,8	9,8	46,3	60,5	43,4		
14 a 19/01	0,0	-44,4	26,0	18,4	58,6	-18,0	3,6	14,4	20,0		
20 a 26/01	29,2	15,6	0,5	13,1	3,7	-11,7	17,6	23,3	43,0		
27 a 03/02	13,4	-	-	37,6*	-	-	-	37,6*	-		
04 a 09/02	53,1	-	-	23,4*	-	-	-	23,4*	-		
10 a 16/02	0,0	-34,4	16,2	18,2	47,1	-35,2	12,0	23,2	34,1		
17 a 03/03	106,1	19,2	18,8	68,1	21,6	28,8	14,0	63,3	18,1		
04 a 25/03	154,9	6,8	54,6	93,5	36,9	17,2	57,5	80,2	41,8		
Total	605,1	-37,7	215,1	422,2	32,7	-18,9	217,6	400,3	31,4		

* Estimada através da ETo

TABELA 19 .. Dados de precipitação pluvial (P), variação no armazenamento de água no solo (ΔA), drenagem profunda (D), evapotranspiração real (ETR) e porcentagem de perdas por drenagem profunda para o cultivar Cargill-601 (2 parcelas). Campinas, 81/82.

Período	P (mm)	Parcela 1					Parcela 2				
		ΔA (mm)	D (mm)	ETR (mm)	D (%)	ΔA (mm)	D (mm)	ETR (mm)	D (%)		
17 a 21/12/81	7,0	-15,6	3,0	19,6	13,3	-10,2	1,4	15,8	8,1		
22 a 28/12	7,2	-5,0	1,0	11,2	8,2	-8,0	0,8	14,4	5,3		
29 a 05/01/82	117,6	9,8	30,3	77,5	28,1	6,8	34,4	76,4	31,0		
06 a 13/01	116,6	14,8	24,0	77,8	23,6	17,4	27,8	71,4	28,0		
14 a 19/01	0,0	-33,6	2,0	31,6	6,0	-32,8	4,0	28,8	12,2		
20 a 26/01	29,2	2,2	4,0	23,0	14,8	-8,0	2,0	35,2	5,4		
27 a 03/02	13,4	36,6	-	37,6*	-	26,2	-	37,6*	-		
04 a 09/02	53,1	10,2	16,0	26,9	37,3	19,2	6,0	27,9	17,7		
10 a 16/02	0,0	-43,0	10,0	33,0	23,3	-44,9	12,0	32,9	26,7		
17 a 03/03	106,1	31,0	35,2	39,9	46,9	26,7	36,4	43,0	45,8		
04 a 25/03	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Total	450,2	-29,2	125,5	378,1	22,4	-33,8	124,8	383,4	20,0		

* Estimada através da ETo

tente e 380,8 mm para o cultivar Cargill-601. O consumo de água do híbrido precoce Cargill-601 foi cerca de 80% do consumo de água da variedade IAC-Maya e cerca de 92% do consumo de água da variedade IAC-Maya Latente. O consumo de água do cultivar IAC-Maya foi cerca de 15% maior do que o consumo do cultivar IAC-Maya Latente. O menor consumo de água em cultivar precoce também foi observado por PUECH e HERNANDEZ (1973). Eles encontraram para o tardio um consumo de água de 545,0 mm, cerca de 12% maior do que o encontrado no cultivar precoce que foi de 482,0 mm.

A Figura 14 apresenta a evapotranspiração real acumulada média nos três cultivares e a evapotranspiração de referência acumulada e a precipitação pluviométrica ocorrida durante o período do experimento. A evapotranspiração de referência foi estimada através de dados de evaporação do tanque Classe A (Tabela 20).

Através da Tabela 21, observa-se que a evapotranspiração de referência média foi de 4,4 mm.diá⁻¹, superior a evapotranspiração média do cultivar IAC-Maya Latente que foi de 4,1 mm.diá⁻¹ e inferior a evapotranspiração média dos cultivares IAC-Maya e Cargill-601 que foi de 4,9 e 5,0 mm.diá⁻¹, respectivamente.

A variação da razão entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração de referência ($\frac{ETR}{ET_0}$), observada durante o ciclo dos três cultivares, está apresentada na Figura 15. Nota-se que no estágio vegetativo inicial, até em torno de 30 dias após a emergência, a razão $\frac{ETR}{ET_0}$ foi inferior a unidade, devido à relativa pequena necessidade de água pela cultura neste estágio (DOORENBOS e KASSAM, 1979; TAN e FULTON, 1980), associada à baixa precipitação pluviométrica. Em seguida, a razão $\frac{ETR}{ET_0}$ foi crescente até cerca de 50 dias após a emergência, alcançando valores

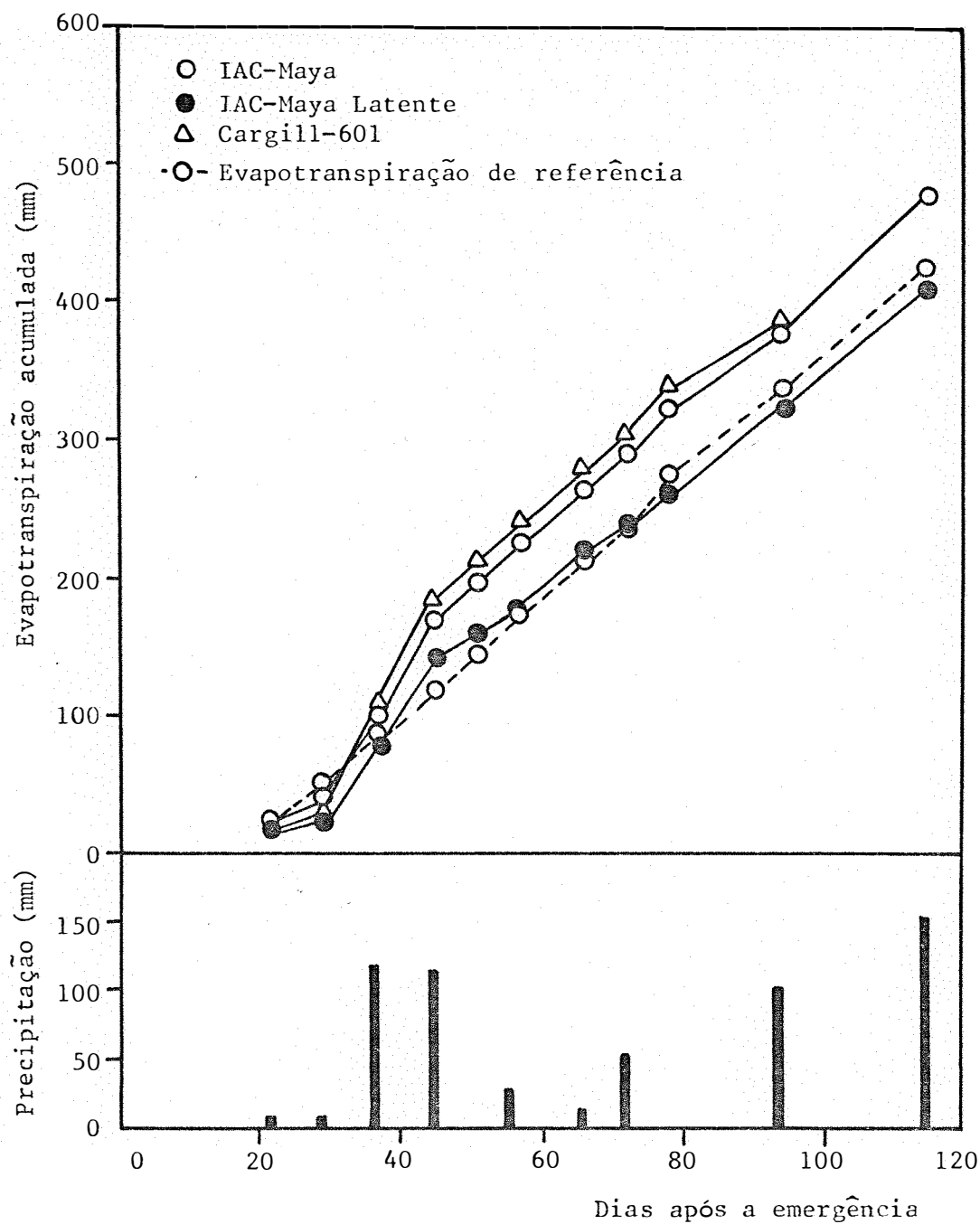


FIGURA 14 - Evapotranspiração de referência, evapotranspiração acumulada de três cultivares de milho e precipitação pluviométrica nos períodos de análise. Campinas, 81/82.

TABELA 20 - Umidade relativa média (\overline{UR}); velocidade média do vento (\overline{U}); coeficiente de tanque (Kp); evaporação média do tanque Classe A (\overline{ECA}); evapotranspiração de referência média e por período (ETo) durante o 1º experimento (81/82).

PERÍODO	UR (%)	\overline{U} (km/dia)	Kp	\overline{ECA} (mm/dia)	\overline{ETo} (mm/dia)	ETo (mm)
17 a 21/12/81	73,6	86,4	0,85	5,5	4,7	23,5
22 a 28/12	74,2	247,9	0,80	4,8	3,8	26,6
29 a 05/01/82	70,3	263,2	0,80	5,4	4,3	34,4
06 a 13/01	83,4	149,8	0,85	5,4	4,6	36,8
14 a 19/01	67,2	250,3	0,75	5,4	4,1	24,6
20 a 26/01	74,3	235,1	0,80	5,4	4,3	30,1
27 a 03/02	80,8	166,5	0,85	5,5	4,7	37,6
04 a 09/02	80,7	102,9	0,85	4,6	3,9	23,4
10 a 16/02	63,4	70,9	0,80	6,5	5,2	36,4
17 a 03/03	74,1	132,4	0,85	5,0	4,3	64,5
04 a 25/03	72,4	148,9	0,85	4,8	4,1	86,1
TOTAL	74,0	168,6	0,82	5,3	4,4	424,0

TABELA 21 - Dados médios diários da evapotranspiração de referência (ETo) e da evapotranspiração real (ETR) durante o ciclo de três cultivares de milho (2 parcelas). Campinas, 81/82.

Período	P (mm)	ETo (mm.di ⁻¹)	EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL (mm.di ⁻¹)									
			IAC-Maya		IAC-Maya Latente		Cargill-601		IAC-Maya		Cargill-601	
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
			M		M		M		M		M	
17 a 21/12/81	7,0	4,7	5,9	3,3	4,6	4,2	2,7	3,5	3,9	3,2	3,6	
22 a 28/12	7,2	3,8	2,3	2,2	2,3	1,6	1,0	1,3	1,6	2,1	1,9	
29 a 05/01/82	117,6	4,3	7,6	7,9	7,8	7,3	6,8	7,1	9,7	9,6	9,7	
06 a 13/01	116,6	4,6	9,0	8,5	8,8	7,4	7,6	7,5	9,4	8,9	9,2	
14 a 19/01	0,0	4,1	5,0	3,9	4,5	3,1	2,4	2,8	5,3	4,8	5,1	
20 a 25/01	29,2	4,3	3,8	4,4	4,1	1,9	3,3	2,6	3,3	5,0	4,2	
27 a 03/02	13,4	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	
04 a 09/02	53,1	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	
10 a 16/02	0,0	5,2	5,4	4,5	5,0	2,6	3,3	3,0	4,7	4,7	4,7	
17 a 03/03	106,1	4,3	4,0	3,6	3,8	4,5	4,2	4,4	2,7	2,9	2,8	
04 a 25/03	154,9	4,1	4,8	4,4	4,6	4,5	3,8	4,2	-	-	-	
Média		4,4		4,9		4,1		4,1		5,0		

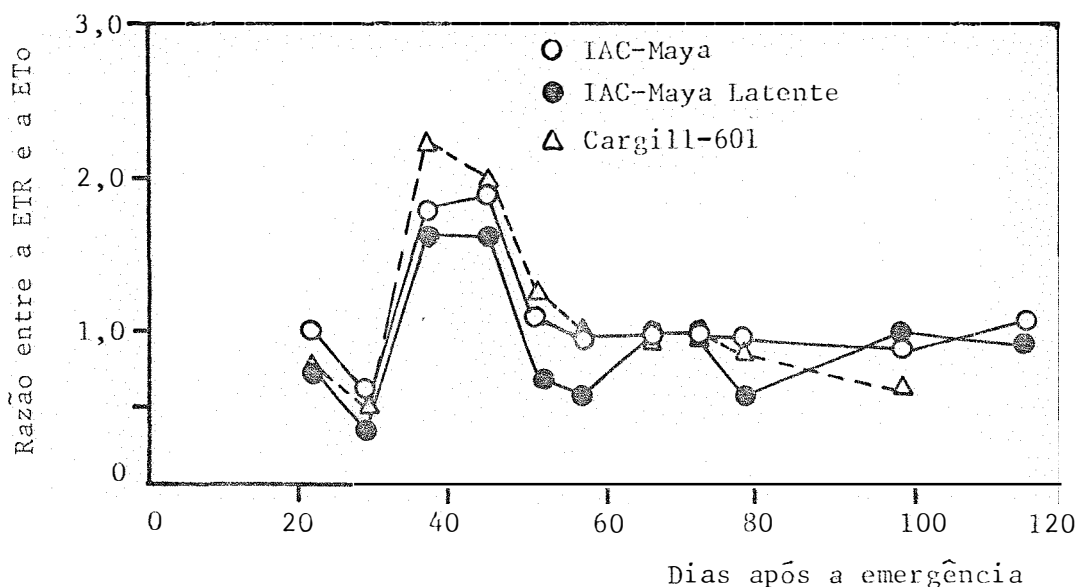


FIGURA 15 - Razão entre a evapotranspiração real (ETR) e de referência (ETo) obtida através de dados do tanque Classe A durante o ciclo de três cultivares de milho. Campinas, 81/82.

em torno de 2,20; 1,90 e 1,60 para os cultivares Cargill-601, IAC-Maya e IAC-Maya Latente respectivamente. Estes valores são elevados, considerando que as culturas estavam no estágio vegetativo. O valor máximo da razão $\frac{ETR}{ETo}$ encontrado por WANG'ATI (1972) foi de 1,60 no período que compreende entre o pendoamento à formação dos grãos. Os valores elevados da razão $\frac{ETR}{ETo}$ encontrados neste trabalho devem-se, provavelmente, à superestimativa de ETR devido, principalmente que, apesar de ser um período de precipitação elevada, a drenagem profunda foi calculada com os dados do início e do fim do período.

O aumento da razão $\frac{ETR}{ETo}$, entre 30 e 50 dias após a emergência, esteve associado ao aumento do índice de área foliar, conforme observaram também KOWAL e KASSAM (1973). O maior valor desta razão no cultivar Cargill-601 é devido que, dada a sua precocidade, ele apresenta, em relação aos outros cultivares, maior taxa de consumo de água no início do

estádio vegetativo (PUECH e HERNANDEZ, 1973).

No período que compreende desde a emissão da inflorescência terminal até o enchimento dos grãos, quando é maior a necessidade de água pela cultura (DOWNEY, 1971; WANG'ATI, 1972), a razão $\frac{ETR}{ET_o}$ ficou em torno da unidade. Para dois dos períodos, nos cultivares IAC-Maya e IAC-Maya Latente, e para um período, no cultivar Cargill-601, isto ocorreu porque a ETR foi estimada através da ET_o . Nos outros períodos a razão $\frac{ETR}{ET_o}$ chegou a ficar abaixo da unidade, principalmente no cultivar IAC-Maya Latente, indicando assim que a cultura estava com certa restrição hídrica devido à baixa precipitação pluviométrica. Neste estágio, do pendoamento ao enchimento dos grãos, em cultura de milho crescendo sem restrição de água a razão $\frac{ETR}{ET_o}$ varia de 1,20 a 1,60, dependendo do cultivar (WANG'ATI, 1972; PUECH e HERNANDEZ, 1973; DOORENBOS e KASSAM, 1975).

A comparação entre os resultados da razão $\frac{ETR}{ET_o}$, obtidos em diferentes trabalhos, exige cuidados, haja visto que existe grande variação da ET_o dependendo do método utilizado para a sua estimativa (STANHILL, 1961; McGUINNESS, 1970) como também existe grande variação da ETR dependendo do genótipo de milho (PUECH e HERNANDEZ, 1973) e das condições de umidade do solo.

A razão $\frac{ETR}{ET_o}$ média durante o ciclo foi de 1,11; 0,93 e 1,14 para os cultivares IAC-Maya, IAC-Maya Latente e Cargill-601, respectivamente. Estes resultados indicam que o menor consumo de água observado no híbrido Cargill-601 (380,8 mm) em relação às variedades IAC-Maya e IAC-Maya Latente ocorreu devido à sua precocidade. O ciclo do cultivar Cargill-601 foi de 99 dias enquanto que o ciclo dos cultivares IAC-Maya e IAC-Maya Latente foi de 121 dias. O acúmulo de temperatura acima de 10°C,

ou seja a somatória de unidades térmicas, foi de 1345,4 para o cultivar Cargill-601 e de 1633,4 para os cultivares IAC-Maya e IAC-Maya Latente.

4.2.2. Segundo experimento

O balanço hídrico foi efetuado, nos três cultivares, desde a emergência até a colheita em oito períodos com intervalos de 10, 10, 13, 23, 19, 29, 11 e 16 dias, sendo que no último período a colheita do cultivar Cargill-601 já havia sido efetuada.

Nas Tabelas 22 a 27 são apresentados os termos dos balanços hídricos realizados em quatro parcelas de cada cultivar.

As mesmas observações feitas no primeiro experimento, com relação as fontes de erro no cálculo do balanço hídrico, são procedentes também no segundo experimento, com a agravante de que a precipitação neste experimento foi excessiva, atingindo durante o ciclo dos cultivares IAC-Maya e IAC-Maya Latente o total de 977,3 mm e o total de 927,8 mm durante o ciclo do cultivar Cargill-601. Apesar de excessiva, a precipitação pluviométrica foi bem distribuída durante o ciclo dos cultivares, não caracterizando, portanto, déficit hídrico em nenhuma fase de crescimento e desenvolvimento das plantas.

Devido ao fato de que o total da água aplicada por irrigação não representava 10% do total da precipitação e considerando ainda que, assim como nas parcelas irrigadas, as plantas das parcelas não irrigadas não sofreram déficits de água, os resultados serão discutidos conjuntamente.

Observa-se, através dos dados das Tabelas 22 a 27, que a drenagem profunda atingiu, em média, valores superiores a 30% do total das

TABELA 22.- Dados de precipitação (P); irrigação (I); variação do armazenamento de água no solo (ΔA); drenagem profunda (D); evapotranspiração real (ETR) e da porcentagem de perdas por drenagem profunda para o cultivar IAC-Maya (Parcelas 1 e 4). Campinas, 82/83.

PERÍODO	P (mm)	I (mm)	Parcela 1				Parcela 4			
			ΔA (mm)	D (mm)	ETR (mm)	D (%)	ΔA (mm)	D (mm)	ETR (mm)	D (%)
16 a 25/10/82	5,9	-	-24,6	8,8	21,7	28,9	-9,9	4,4	11,4	27,8
26 a 03/11	12,0	-	-28,2	21,6	18,6	53,7	-11,4	15,3	8,1	65,4
04 a 16/11	38,2	85,0	33,2	32,8	57,2	36,4	12,7	21,6	88,9	19,5
17 a 08/12	210,8	-	2,8	100,3	107,7	48,2	6,6	70,0	134,2	34,3
09 a 27/12	213,5	-	-19,3	48,5 (110,2)	184,3 (122,6)	20,8 (47,3)	-27,4	29,1 (110,2)	211,8 (130,7)	12,1 (45,7)
28 a 25/01 '83	261,2	-	24,2	103,0	134,0	43,5	34,4	62,7	164,1	27,6
26 a 04/02	186,2	-	46,1	96,6	43,5	69,0	36,7	80,4	69,1	53,8
05 a 20/02	49,5	-	-	-	57,8*	-	-	-	57,8*	-
TOTAL	977,3	85,0	34,2	411,0 (472,7)	624,8 (563,1)	42,9 (45,6)	41,7	283,5 (364,6)	745,4 (664,3)	34,4 (35,4)

* Estimada através da ETo

TABELA 23 - Dados de precipitação (P); irrigação (I); variação do armazenamento de água no solo (ΔA); drenagem profunda (D); evapotranspiração real (ETR) e da porcentagem de perdas por drenagem profunda para o cultivar IAC-Maya (Parcelas 2 e 3). Campinas, 82/83.

PERÍODO	P (mm)	I (mm)	Parcela 2				Parcela 3			
			ΔA (mm)	D (mm)	ETR (mm)	D (%)	ΔA (mm)	D (mm)	ETR (mm)	D (%)
16 a 25/10/82	5,9	-	-20,5	9,0	17,4	34,1	-5,0	4,7	6,2	43,1
26 a 03/11	12,0	-	-15,9	12,5	15,4	44,8	-8,0	16,6	3,4	83,0
04 a 16/11	38,2	-	2,0	9,5	26,7	26,2	-7,7	18,8	27,1	41,0
17 a 08/12	210,8	-	20,8	57,8	132,2	30,4	22,2	59,4	129,2	31,5
09 a 27/12	213,5	-	-28,5	32,1 (110,2)	209,9 (131,8)	13,3 (45,5)	-33,4	41,0 (110,2)	205,9 (136,7)	16,6 (44,6)
28 a 25/01/83	261,2	-	35,3	68,6	157,3	30,4	40,0	74,9	146,3	33,9
26 a 04/02	186,2	-	52,1	65,4	68,7	48,8	55,5	67,6	63,1	51,7
05 a 20/02	49,5	-	-	-	57,8*	-	-	-	57,8*	-
TOTAL	977,3	-	45,3	254,9 (333,0)	685,4 (607,3)	32,6 (35,4)	63,6	283,0 (352,2)	639,0 (569,8)	43,0 (38,2)

* Estimada através da ETo

TABELA 24 - Dados de precipitação (P); irrigação (I); variação do armazenamento de água no solo (ΔA); drenagem profunda (D); evapotranspiração real (ETR) e da porcentagem de perdas por drenagem profunda para o cultivar IAC-Maya Latente (Parcelas 1 e 4). Campinas, 82/83.

PERÍODO	Parcela 1					Parcela 4				
	P (mm)	I (mm)	ΔA (mm)	D (mm)	ETR (mm)	D (%)	ΔA (mm)	D (mm)	ETR (mm)	D (%)
16 a 25/10/82	5,9	--	-18,1	6,6	17,4	27,5	-31,5	3,3	34,1	8,8
26 a 03/11	12,0	--	-19,2	18,6	12,6	59,6	-25,4	10,0	27,0	26,7
04 a 16/11	38,2	85,0	-25,2	31,6	66,4	32,2	29,2	18,2	75,8	19,4
17 a 08/12 09	210,8	--	3,5	101,9	105,4	49,2	11,1	83,4	116,3	41,8
a 27 /12/28 a	213,5	--	-25,2	52,4 (110,2)	186,3 (128,5)	22,0 (46,0)	-26,2 (110,2)	48,6 (129,5)	191,1 (46,0)	20,3 (46,0)
25/01/83 26 a	261,2	--	34,6	126,3	100,3	55,7	38,2	130,3	92,7	58,4
04/12 05 a	186,2	--	72,5	68,8	44,9	60,5	62,2	81,5	42,5	65,7
20/12	49,5	--	--	--	57,8*	--	--	--	57,8*	--
TOTAL	977,3	85,0	73,7	406,2 (464,0)	591,1 (533,3)	43,8 (46,5)	57,6	375,3 (436,9)	637,7 (576,1)	34,4 (43,1)

* Estimada através da ETo

TABELA 25 - Dados de precipitação (P); irrigação (I); variação do armazenamento de água no solo (ΔA); drenagem profunda (D); evapotranspiração real (ETR) e da porcentagem de perdas por drenagem profunda para o cultivar IAC-Maya Latente (Parcelas 2 e 3). Campinas, 82/83.

PERÍODO	Parcela 2				Parcela 3					
	P (mm)	I (mm)	ΔA (mm)	D (mm)	ETR (mm)	D (%)	ΔA (mm)	D (mm)	ETR (mm)	D (%)
16 a 25/10/82	5,9	-	-13,0	2,9	16,0	15,3	-24,1	2,3	27,7	7,7
26 a 03/11	12,0	-	-13,3	15,1	10,2	59,7	-20,3	8,7	23,6	26,9
04 a 16/11	38,2	-	-6,4	15,9	28,7	35,7	7,5	7,2	23,5	23,5
17 a 08/12	210,8	-	24,9	54,6	131,3	29,4	22,8	72,4	115,6	38,5
09 a 27/12	213,5	-	28,9	42,7 (110,2)	199,7 (132,2)	17,6 (45,5)	-30,4 (110,2)	37,9 (133,7)	206,0 (133,7)	15,5 (45,2)
28 a 25/01/83	261,2	-	41,1	131,8	88,3	59,9	34,9	51,6	174,7	22,8
26 a 04/02	186,2	-	46,9	83,5	55,8	59,9	24,9	92,2	69,1	57,2
05 a 20/02	49,5	-	-	-	57,8*	-	-	-	57,8*	-
TOTAL	977,3	-	51,3	346,5 (414,0)	587,8 (520,3)	39,6 (44,3)	15,3	272,3 (344,6)	698,0 (625,7)	27,4 (35,5)

* Estimada através da ETo

TABELA 26 - Dados de precipitação (P); irrigação (I); variação do armazenamento de água no solo (ΔA); drenagem profunda (D); evapotranspiração real (ETR) e da porcentagem de perdas por drenagem profunda para o cultivar Cargill-601 (Parcelas 1 e 4). Campinas, 82/83.

PERÍODO	P (mm)	I (mm)	Parcela 1				Parcela 4			
			ΔA (mm)	D (mm)	ETR (mm)	D (%)	ΔA (mm)	D (mm)	ETR (mm)	D (%)
16 a 25/10/82	5,9	-	-18,5	5,0	19,4	23,3	-25,7	4,2	27,4	13,3
26 a 03/11	12,0	-	-22,1	8,2	25,9	24,0	-22,1	9,9	24,2	29,0
04 a 16/11	38,2	85,0	34,4	25,8	63,0	29,0	13,9	70,8	38,5	64,8
17 a 02/12	210,8	-	-1,6	118,2	91,0	56,5	20,6	81,5	108,7	42,8
09 a 27/12	213,5	-	-28,3	43,2 (110,2)	198,6 (131,6)	17,9 (45,6)	-23,0	74,5 (110,2)	162,0 (126,3)	31,5 (46,6)
28 a 25/01/83	261,2	-	28,3	70,6	162,3	30,3	21,7	99,3	140,2	41,5
26 a 04/02	186,2	-	23,0	92,5	70,7	56,7	29,6	106,7	49,9	68,1
TOTAL	927,8	85,0	15,2	363,5 (430,5)	630,9 (563,9)	34,0 (43,3)	15,0	446,9 (482,6)	550,9 (515,2)	41,6 (48,2)

TABELA 27 - Dados de precipitação (P); irrigação (I); variação do armazenamento de água no solo (ΔA); drenagem profunda (D); evapotranspiração real (ETR) e da porcentagem de perdas por drenagem profunda para o cultivar Cargill-601 (Parcelas 2 e 3). Campinas, 82/83.

PERÍODO	P (mm)	I (mm)	Parcela 2				Parcela 3			
			ΔA (mm)	D (mm)	ETR (mm)	D (%)	ΔA (mm)	ETR (mm)	D (%)	
16 a 25/10/82	5,9	-	-27,9	6,1	27,7	18,0	-23,4	5,5	23,8	18,8
26 a 03/11	12,0	-	-26,7	12,5	26,2	32,3	-15,8	8,3	19,5	29,9
04 a 16/11	38,2	-	7,0	2,7	28,5	8,7	7,4	7,6	23,2	24,7
17 a 08/12	210,8	-	29,8	44,3	136,7	24,5	19,5	57,2	134,1	29,9
09 a 27/11	213,5	-	-29,1 (110,2)	40,9 (110,2)	201,7 (132,4)	16,9 (45,4)	-25,5 (110,2)	32,7 (128,8)	206,3 (46,1)	13,7 (36,4)
28 a 25/01/83	261,2	-	27,2	52,3	181,7	22,4	29,7	56,2	175,3	24,3
26 a 04/02	186,2	-	40,1	79,2	66,9	54,2	31,6	84,2	70,4	54,5
TOTAL	927,8	-	20,4	238,0 (307,3)	669,4 (600,1)	25,3 (33,9)	23,5	251,7 (329,2)	652,6 (575,1)	28,0 (36,4)

perdas de água, nos três cultivares. Em média, do total da água perdida por evapotranspiração e drenagem profunda, 41% correspondem à drenagem profunda no cultivar IAC-Maya, 36% no cultivar IAC-Maya Latente e 32% no cultivar Cargill-601.

A variação do consumo de água (evapotranspiração real), entre as quatro parcelas, foi de 624,8 a 745,4 mm no cultivar IAC-Maya, de 587,8 a 698,0 mm no cultivar IAC-Maya Latente e de 550,9 a 669,4 mm no cultivar Cargill-601. Os valores médios foram de 673,7; 628,7 e 626,0 mm para os cultivares IAC-Maya, IAC-Maya Latente e Cargill-601, respectivamente.

Na Figura 16 é apresentado o consumo médio de água, durante o ciclo dos três cultivares. Observa-se, através desta Figura, que na fase do florescimento e enchimento dos grãos todos os cultivares apresentaram alta demanda em água e no período de maturação todos tiveram, relativamente, baixo consumo. O alto consumo de água pela cultura, na fase de florescimento e enchimento dos grãos, também foi observado em cultivares de diferentes precocidades diferindo apenas em valores absolutos e no tempo (DOWNEY, 1971; WANG'ATI, 1972; PUECH e HERNANDEZ, 1973).

A Figura 17 apresenta a evapotranspiração real acumulada nos três cultivares e a evapotranspiração de referência acumulada e a precipitação pluviométrica ocorrida durante o período. A evapotranspiração de referência foi estimada através do método do tanque Classe A, cujos dados estão na Tabela 28.

Através da Figura 17 nota-se que nos três cultivares a evapotranspiração acumulada foi superior a evapotranspiração de referência acumulada. Até cerca de 60 dias após a emergência a evapotranspiração de

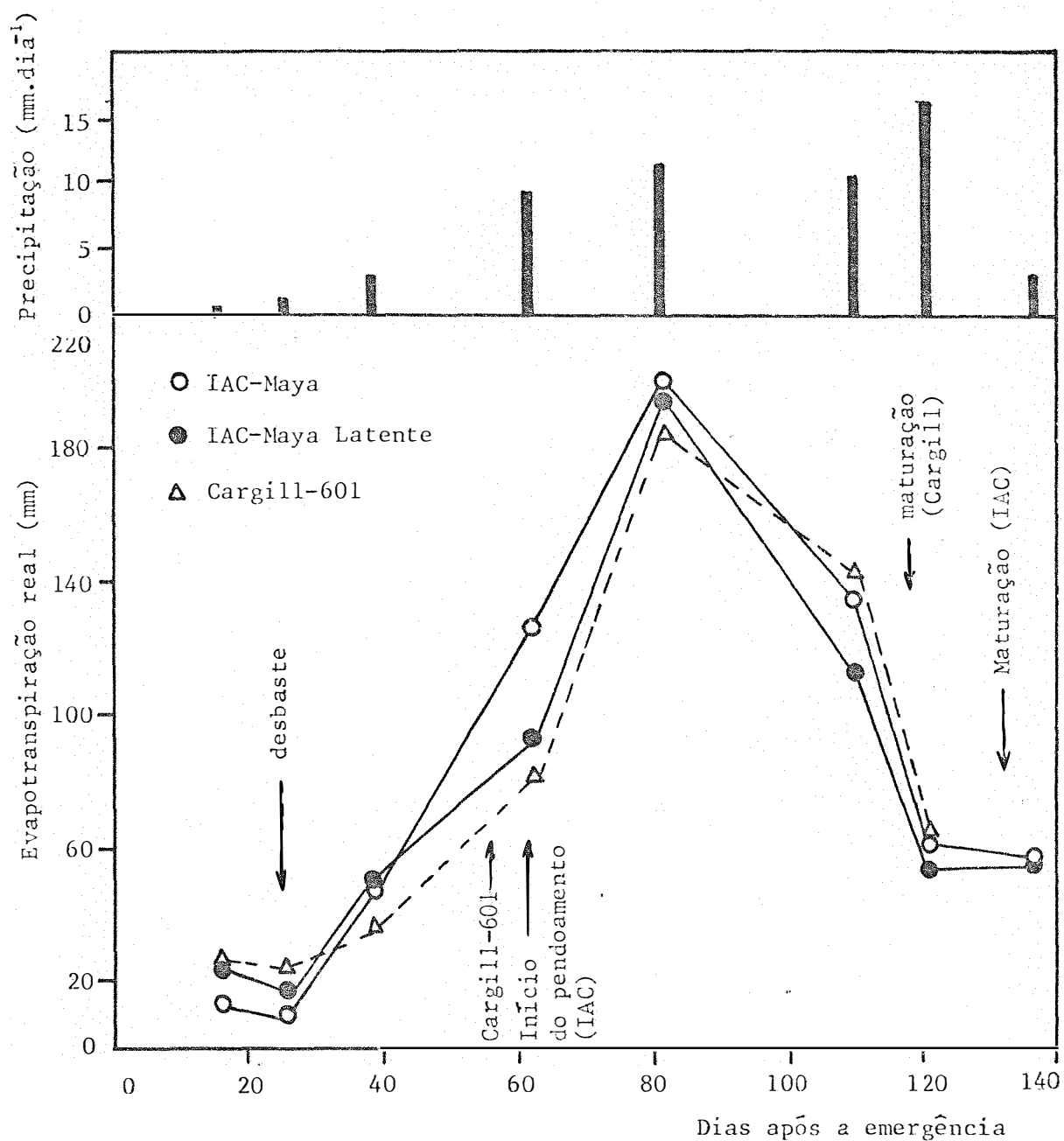


FIGURA 16 - Evapotranspiração real observada durante as fases fenológicas de três cultivares de milho e precipitação diária média nos períodos de análise. Campinas 82/83.

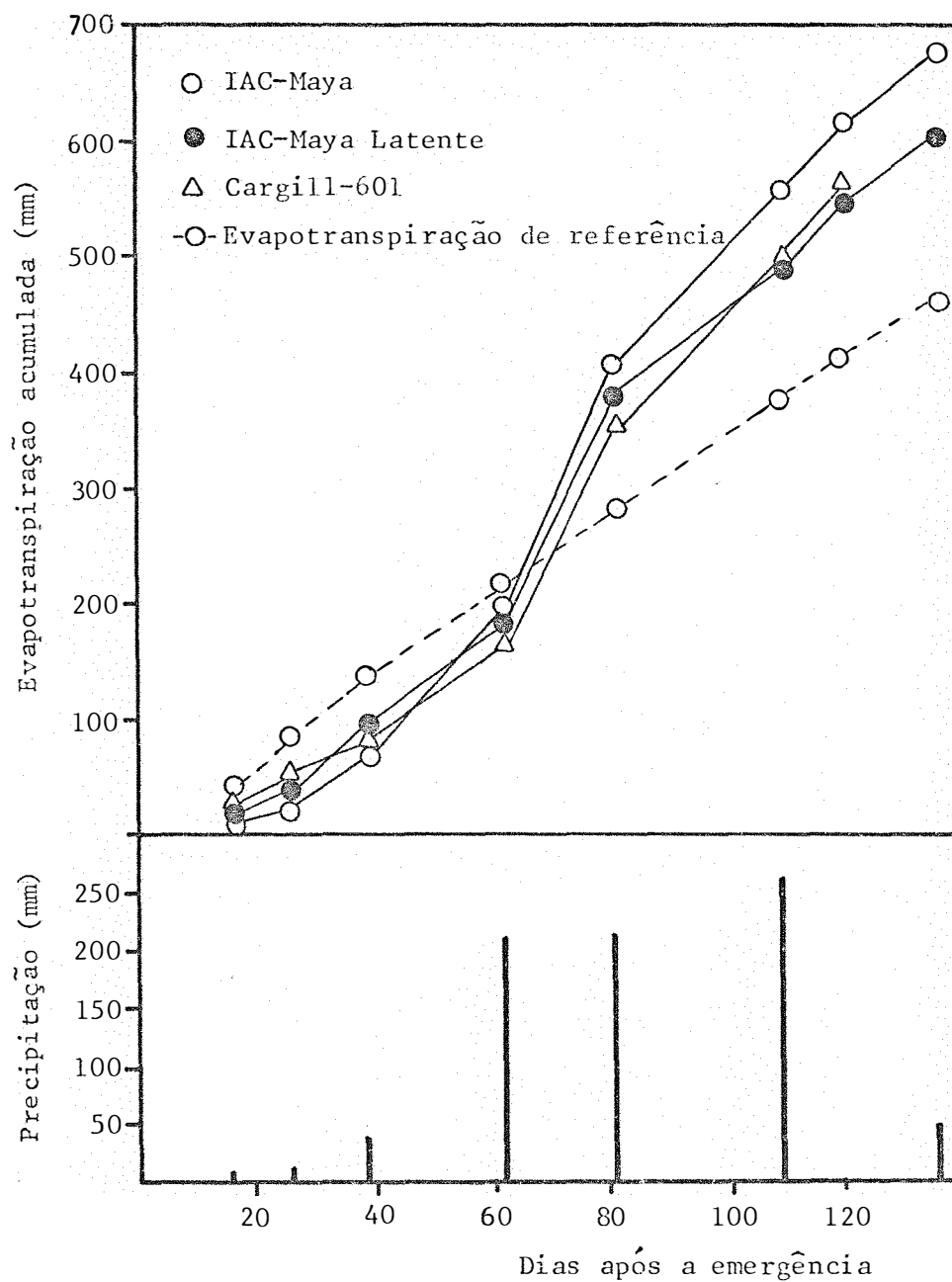


FIGURA 17 - Evapotranspiração de referência, evapotranspiração acumulada de três cultivares de milho e precipitação pluviométrica no período de análise. Campinas, 82/83.

TABELA 28 - Umidade relativa média (\overline{UR}); velocidade média do vento (\overline{u}); coeficiente de tanque (K_p); evaporação média do tanque Classe A (\overline{ECA}); evapotranspiração de referência média e por período ($\overline{ET_o}$) durante o 2º experimento (82/83).

Período	UR (%)	\overline{u} (km/dia)	K_p	\overline{ECA} (mm/dia)	$\overline{ET_o}$ (mm/dia)	ET_o (mm)
16 a 25/10/82	73,8	192,0	0,80	5,0	4,0	40,0
26 a 03/11	69,6	195,8	0,75	6,0	4,5	45,0
04 a 16/11	75,9	231,5	0,80	5,0	4,0	52,0
17 a 08/12	76,0	195,8	0,80	4,1	3,3	75,9
09 a 27/12	85,3	184,0	0,80	4,5	3,6	68,4
28 a 25/01/83	84,9	180,2	0,80	4,0	3,2	92,8
26 a 04/02	83,0	217,4	0,80	3,8	3,0	33,0
05 a 20/02	80,7	176,4	0,80	4,1	3,6	57,6
Médias	78,7	196,6	0,79	4,6	3,7	464,7

referência acumulada superou a evapotranspiração acumulada dos três cultivares. A partir desta época, quando as plantas estavam na fase de florescimento, a evapotranspiração acumulada dos cultivares tornou-se superior a evapotranspiração de referência acumulada. Isto comprova a maior demanda em água pelo milho neste estágio de desenvolvimento, em relação a fase de crescimento vegetativo.

Pela Tabela 29 observa-se que o cultivar IAC-Maya apresentou evapotranspiração média durante o ciclo de $4,4 \text{ mm.dia}^{-1}$, o cultivar IAC-Maya Latente de $4,5 \text{ mm.dia}^{-1}$ e o cultivar Cargill-601 de $4,9 \text{ mm.dia}^{-1}$, enquanto que a evapotranspiração de referência média foi de $3,7 \text{ mm.dia}^{-1}$.

No período de 09 a 27/02 a evapotranspiração real foi superestimada nos três cultivares, pois a evapotranspiração média diária chegou a ser o triplo da evapotranspiração de referência média diária, determinada através do método do tanque Classe A. A superestimativa da evapotranspiração real se deve, provavelmente, a subestimativa da drenagem profunda pois, para a determinação desta, utilizou-se dados de umidade do solo do início e do fim do período quando, dada a grande flutuação dos valores diários do fluxo de drenagem profunda, seria mais precisa a utilização da somatória da drenagem diária durante o intervalo de tempo do período, ou ainda a utilização dos valores de condutividade hidráulica para a capacidade de campo e considerando o gradiente de potencial unitário (BRUNINI, 1975).

Usando esta segunda alternativa, conforme pode ser observado nos números entre parênteses das Tabelas 22 a 27, houve aumento da drenagem profunda e, conseqüentemente, diminuição da evapotranspiração real nos três cultivares. Dessa maneira, a variação da evapotranspiração real,

TABELA 29 - Dados médios diários da evapotranspiração de referência (ET_o) e da evapotranspiração real (ETR) durante o ciclo de três cultivares de milho (4 parcelas). Campinas, 82/83.

Período	P (mm)	ET _o (mm.di ⁻¹)	Evapotranspiração Real (mm.di ⁻¹)														
			IAC-Maya				IAC-Maya Latente				Cargill-601						
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
16 a 25/11	5,9	4,0	2,2	1,7	0,6	1,1	1,4	1,1	1,6	2,8	3,4	2,2	1,9	2,8	2,4	2,7	2,4
26 a 02/11	12,0	4,5	1,9	1,5	0,3	0,8	1,1	1,3	1,0	2,4	2,7	1,9	2,6	2,6	2,0	2,4	2,4
04 a 16/11	38,2	4,0	4,4	2,1	2,1	6,8	3,9	5,1	2,2	1,8	5,8	3,7	4,8	2,2	1,8	3,0	3,0
17 a 08/12	210,8	3,3	4,7	5,7	5,6	5,8	5,5	4,6	5,7	5,0	5,1	5,1	4,0	5,9	5,8	4,7	5,1
09 a 27/12	213,5	3,6	9,7	11,0	10,8	11,1	10,7	9,8	10,5	10,8	10,1	10,3	10,4	10,6	10,8	8,5	10,1
			(6,5)	(7,2)	(6,9)	(6,9)	(6,9)	(6,8)	(7,0)	(7,0)	(6,8)	(6,9)	(6,9)	(7,0)	(6,8)	(6,6)	(6,8)
28 a 25/01	261,2	3,2	4,6	5,4	5,0	5,6	5,2	3,5	3,0	6,0	3,2	3,9	5,6	6,3	6,0	4,8	5,7
26 a 04/02	186,2	3,0	3,9	6,2	5,7	6,3	5,5	4,1	5,1	6,3	3,9	4,8	6,4	6,1	6,4	4,5	5,8
05 a 20/02	49,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	-	-	-	-	-
Médias		3,7					4,6 (4,1)					4,5 (4,0)				4,9 (4,5)	

entre as quatro parcelas, foi de 563,1 a 664,3 mm no cultivar IAC-Maya, de 520,3 a 625,7 mm no cultivar IAC-Maya Latente e de 512,2 a 600,1 mm no cultivar Cargill-601. Os valores médios foram de 601,1; 563,9 e 563,3 mm para os cultivares IAC-Maya, IAC-Maya Latente e Cargill-601, respectivamente. Por outro lado, verifica-se, através dos números entre parênteses da Tabela 29, que a evapotranspiração média diária, durante o ciclo, diminui de 4,6 para 4,1 mm.dia⁻¹ no cultivar IAC-Maya, de 4,5 para 4,0 mm.dia⁻¹ no cultivar IAC-Maya Latente e de 4,9 para 4,5 mm.dia⁻¹ no cultivar Cargill-601, resultado, então, valores médios de 1,11; 1,10 e 1,22 para a razão $\frac{ETR}{ET_o}$ dos cultivares IAC-Maya, IAC-Maya Latente e Cargill-601.

Através da Figura 18, nota-se que, nos três cultivares, a razão $\frac{ETR}{ET_o}$ aumentou de um valor em torno de 0,50 na emergência das plantas até cerca de 1,80 ao redor de 80 dias após a emergência, quando já havia iniciada a formação dos grãos, para declinar em seguida. Este comportamento é típico da cultura do milho crescendo sem restrição de água (DENMEAD e SHAW, 1959; FRITSCHEN e SHAW, 1961; TAN e FULTON, 1980).

A razão $\frac{ETR}{ET_o}$, média durante o ciclo, foi de 1,11; 1,10 e 1,22 para os cultivares IAC-Maya, IAC-Maya Latente e Cargill-601, respectivamente. Conforme já foi evidenciado, para uma mesma espécie de planta, existe grande variação da razão média $\frac{ETR}{ET_o}$, pois ela depende, sobretudo, do genótipo e do método de determinação da ET_o . De acordo com DOORENBOS e KASSAM (1979), para uma boa produção de grãos de uma cultura de milho de precocidade média, crescendo sem restrição de água, a razão média entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração de referência, varia de 0,68 a 0,81.

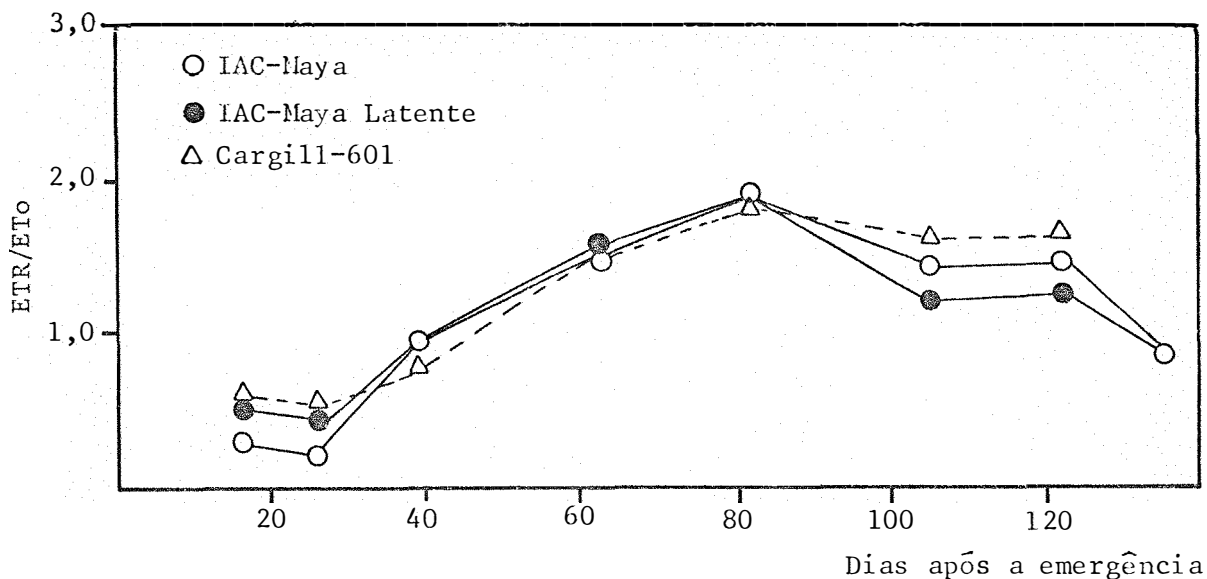


FIGURA 18 - Razão entre a evapotranspiração real (ETR) de três cultivares de milho e a evapotranspiração de referência (ETo). Campinas, 82/83.

82/83.

Em contraste com os resultados do primeiro experimento, onde o consumo de água do cultivar IAC-Maya foi cerca de 20% maior que o consumo de água do cultivar Cargill-601, no segundo experimento o cultivar IAC-Maya apresentou consumo cerca de 7% superior ao consumo do cultivar Cargill-601. Por outro lado, assim como no primeiro experimento, o consumo de água do cultivar Cargill-601 foi aproximadamente igual ao consumo de água do cultivar IAC-Maya Latente.

O maior consumo de água verificado nos três cultivares durante o segundo experimento (82/83) em comparação com o verificado no primeiro experimento (82/83) deve-se, principalmente, a maior precipitação ocorrida no segundo experimento como também ao maior número de dias exigidos da sementeira a colheita. No segundo experimento o ciclo do cultivar

Cargill-601 foi de 118 dias enquanto que o ciclo dos cultivares IAC-Maya e IAC-Maya Latente foi de 134 dias. O acúmulo de temperatura acima de 10°C foi de 1551,1 no cultivar Cargill-601 e de 1785,1 nos cultivares IAC-Maya e IAC-Maya Latente.

4.3. Eficiência no uso da água

Na Tabela 30 são apresentados os valores médios da eficiência no uso da água para a produção de matéria seca de folhas, colmos, espigas e total, observados no segundo experimento.

TABELA 30 - Eficiência no uso da água para a produção de matéria seca de três cultivares de milho. Campinas, 82/83.

Cultivar	(g. m ⁻² . mm ⁻¹)			
	Folhas	Colmos	Espigas	Total
IAC-Maya	0,49 A ^{1/}	0,88 A	1,41 A	2,80 A
IAC-Maya Latente	0,43 A	0,74 A	1,47 A	2,63 A
Cargill-601	0,29 A	0,52 A	1,39 A	2,24 A
F	3,03 ^{NS}	4,38 ^{NS}	0,10 ^{NS}	1,49 ^{NS}
C.V. (%)	28,47	25,40	17,38	18,46

^{1/} - Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

NS - Não significativo

Não se observou diferença significativa entre os cultivares

na eficiência no uso da água (e.u.a.) para a produção de matéria seca de folhas, colmos, espigas e total.

Para a produção de matéria seca das folhas o maior valor médio da e.u.a. foi observado no cultivar IAC-Maya (0,49), seguido do IAC-Maya Latente (0,43) e do Cargill-601 (0,29). Para a produção de matéria seca dos colmos observou-se a mesma ordem: 0,88 no cultivar IAC-Maya, 0,74 no IAC-Maya Latente e 0,52 no Cargill-601. Quanto a e.u.a. para a produção de matéria seca de espigas o maior valor foi observado no cultivar IAC-Maya Latente (1,47) seguido pelo cultivar IAC-Maya (1,41) e pelo Cargill-601 (1,39). Isto se deve, basicamente, ao maior peso da matéria seca de brácteas do cultivar IAC-Maya Latente em relação aos outros dois cultivares (Tabela 7). Para a produção de matéria seca total os valores da e.u.a. encontrados foram 2,80; 2,63 e 2,24 para os cultivares IAC-Maya, IAC-Maya Latente e Cargill-601, respectivamente.

Uma vez que o peso da matéria seca total obtida no final do ciclo não revela, verdadeiramente, a produtividade biológica da cultura devido, principalmente, à abscisão de folhas (DONALD e HAMBUN, 1976) determinou-se então nos dois experimentos a eficiência no uso da água para a produção de matéria seca total obtida através das curvas ajustadas (Tabelas 11 e 12).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 31, percebe-se que nos três cultivares a e.u.a. para a produção máxima de matéria seca total foi maior no primeiro experimento; cerca de 25% no cultivar IAC-Maya e cerca de 35% nos cultivares IAC-Maya Latente e Cargill-601. Isto se deve tanto à maior produtividade biológica como também ao menor consumo de água verificados no primeiro experimento.

TABELA 31 - Eficiência no uso da água para a produção máxima de matéria seca total obtida através das curvas ajustadas.

Cultivar	Eficiência no uso da água ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$)		
	1ª exp.	2ª exp.	Média
IAC-Maya	3,70	2,80	3,25
IAC-Maya Latente	4,28	2,67	3,48
Cargill-601	3,83	2,45	3,14

Considerando-se os valores médios entre os dois experimentos a maior eficiência no uso da água para a produção máxima de matéria seca total foi observada no cultivar IAC-Maya Latente (3,48), seguido do cultivar IAC-Maya (3,25) e do cultivar Cargill-601 (3,14).

A Figura 19 mostra a variação da e.u.a. para a produção de matéria seca de folhas em função da idade da planta. Independente do cultivar, houve no início do desenvolvimento vegetativo aumento da e.u.a. até cerca de 40 dias para o cultivar Cargill-601 e até cerca de 50 dias após a emergência para os cultivares IAC-Maya e IAC-Maya Latente para depois declinar até atingir valor negativo no final do ciclo.

O mesmo comportamento foi observado para a e.u.a. para produção de matéria seca de colmos (Figura 20). No início do ciclo houve acréscimo da e.u.a. até cerca de 50 dias no cultivar Cargill-601 e até cerca de 80 dias para os cultivares IAC-Maya e IAC-Maya Latente, para em seguida decrescer atingindo valor negativo no final do ciclo.

A fase de acréscimo da e.u.a. para a produção de matéria seca de folhas e colmos coincide com a fase ativa de crescimento destas par

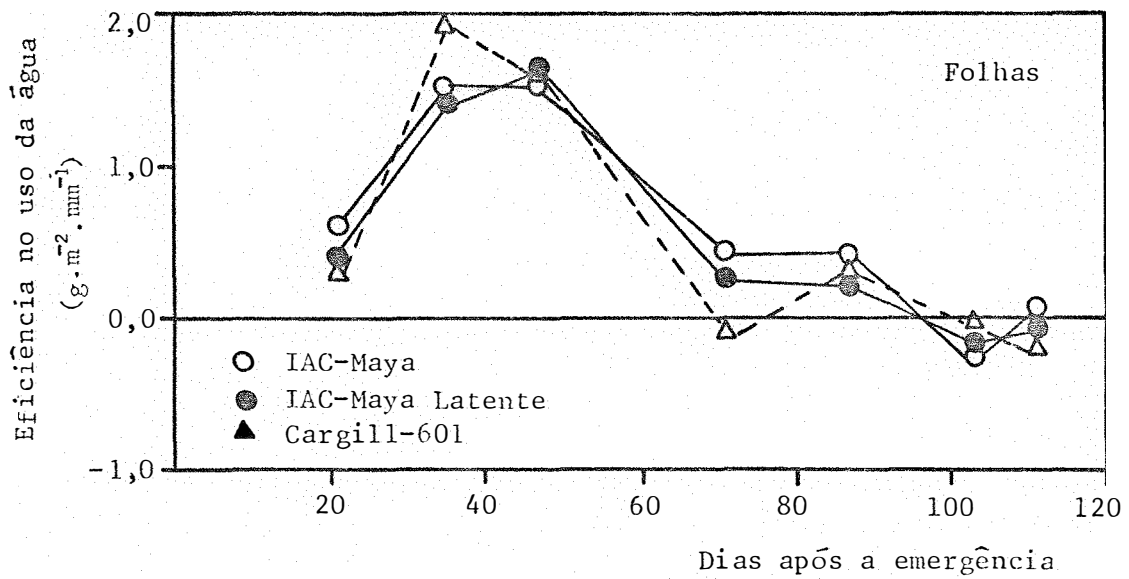


FIGURA 19 - Variação da eficiência no uso da água para a produção de matéria seca de folhas durante o ciclo de três cultivares de milho. Campinas, 82/83.

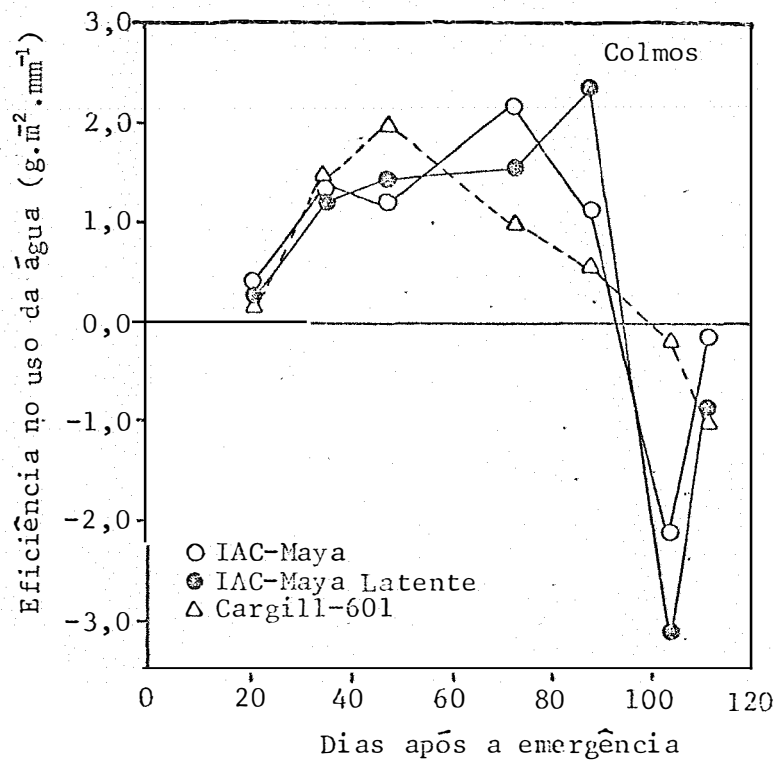


FIGURA 20 - Variação da eficiência no uso da água para a produção de matéria seca de colmos durante o ciclo de três cultivares de milho. Campinas, 82/83.

tes da planta, enquanto que a fase de decréscimo da e.u.a. é coincidente com a fase de formação e enchimento dos grãos quando ocorrem, simultaneamente, translocação de fotossintetizados do colmo e das folhas para os grãos em crescimento e a abscisão das folhas senescentes.

Quanto à eficiência no uso da água para a produção de matéria seca total nota-se, através da Figura 21, que os três cultivares apresentaram valores crescentes até cerca de 50 dias após a emergência para em seguida declinarem até cerca de 70 dias, voltando a aumentar até atingirem valores máximos em torno de 90 dias após a emergência.

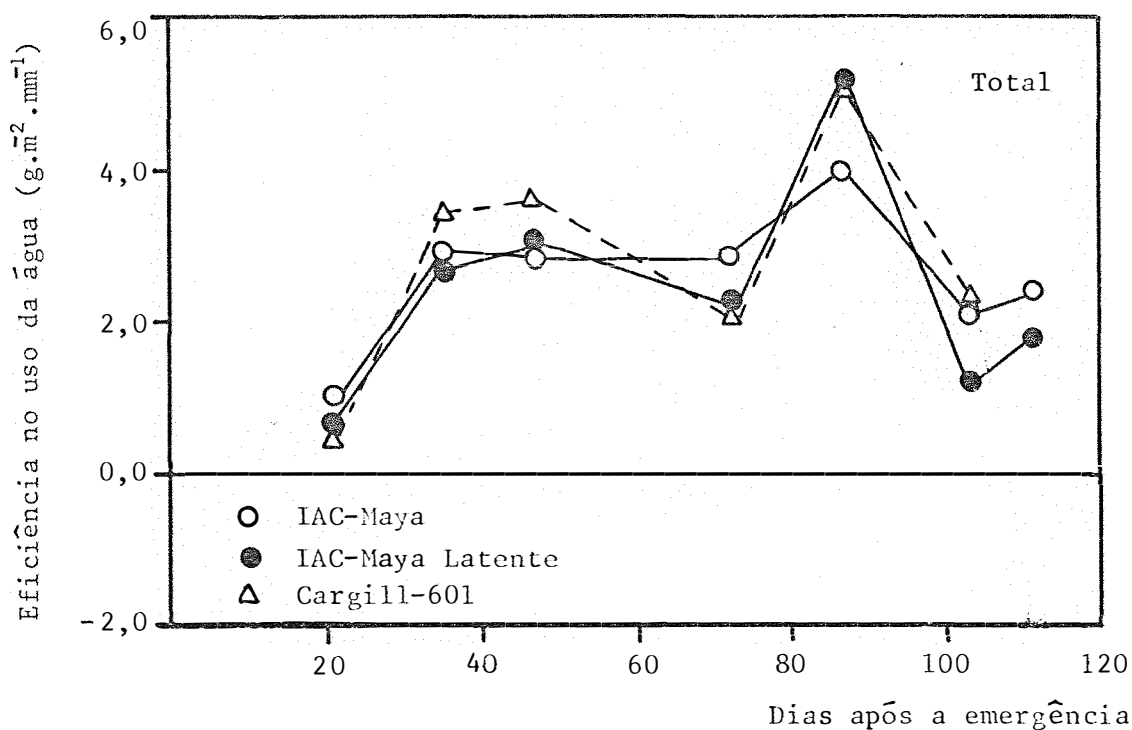


FIGURA 21 - Variação da eficiência no uso da água para a produção de matéria seca total durante o ciclo de três cultivares de milho. Campinas, 82/83.

Através da Tabela 32, observa-se que no primeiro experimento

a eficiência no uso da água para a produção de grãos (13% da umidade) foi maior nos cultivares Cargill-601 ($1,58 \text{ g} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mm}^{-1}$) e IAC-Maya Latente ($1,52 \text{ g} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mm}^{-1}$) e menor no cultivar IAC-Maya ($1,32 \text{ g} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mm}^{-1}$). A maior eficiência no uso da água para a produção de grãos, observada nos cultivares Cargill-601 e IAC-Maya Latente, deve-se ao menor consumo de água destes dois cultivares em relação ao cultivar IAC-Maya, já que para a produtividade de grãos ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) não houve diferença estatística significativa entre os três cultivares.

TABELA 32 - Consumo de água, produtividade de grãos e eficiência no uso da água para a produção de grãos (13% de umidade) de três cultivares de milho. Campinas, 81/82.

Cultivar	Consumo de água (mm)	Produtividade ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	Eficiência no uso da água ($\text{g} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mm}^{-1}$)
IAC-Maya	475,8	6274,0	1,32
IAC-Maya Latente	411,3	6242,2	1,52
Cargill-601	380,8	5999,2	1,58

No segundo experimento, conforme mostra a Tabela 33, o cultivar Cargill-601 apresentou a maior eficiência no uso da água para a produção de grãos. O valor de $1,10 \text{ g} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mm}^{-1}$ do cultivar Cargill-601 é significativamente maior que o valor de $0,87 \text{ g} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mm}^{-1}$ encontrado no IAC-Maya Latente e não difere estatisticamente de $0,97 \text{ g} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mm}^{-1}$ encontrado no cultivar IAC-Maya.

TABELA 33 - Consumo de água, produtividade de grãos e eficiência no uso da água para a produção de grãos (13% de umidade) de três cultivares de milho. Campinas, 82/83.

Cultivar	Consumo de água (mm)	Produtividade (kg.ha ⁻¹)	Eficiência no uso da água (g.m ² .mm ⁻¹)
IAC-Maya	601,1 A ^{1/}	5812,5 A	0,97 AB
IAC-Maya Latente	563,9 A	4862,5 B	0,87 B
Cargill-601	563,6 A	6117,0 A	1,10 A
F	0,80 ^{NS}	15,59**	7,12*
C.V. (%)	9,32	5,92	8,90

^{1/} - Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

NS - Não significativo

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Não houve, neste experimento, diferença estatística significativa para o consumo de água entre os três cultivares, embora a produtividade de grãos do cultivar IAC-Maya e do Cargill-601 seja significativamente superior à produtividade do cultivar IAC-Maya Latente.

Através das Tabelas 32 e 33, pode-se observar que houve, nos três cultivares, variação da eficiência no uso da água entre o primeiro e o segundo experimento. No primeiro experimento, independentemente do cultivar, a eficiência no uso da água foi maior do que no segundo experimento; cerca de 25% no cultivar IAC-Maya, cerca de 45% no IAC-Maya Latente

e cerca de 30% no Cargill-601. Variação de ano para ano na eficiência no uso da água para a produção de grãos também foi observada por MUSICK e DUSEK (1980) e isto está relacionado com a disponibilidade de água para a cultura, com a demanda evaporativa da atmosfera durante o período de desenvolvimento da cultura e com a habilidade do genótipo de milho tolerar as condições adversas que possam influir nos processos de crescimento e desenvolvimento da planta (DOORENBOS e KASSAM, 1979; NWA, 1979; MUSICK e DUSEK, 1980; MTUI *et alii*, 1981).

A maior eficiência no uso da água, verificada no primeiro experimento, é devida principalmente ao menor consumo de água. Conforme já foi evidenciado, o consumo de água do cultivar IAC-Maya foi cerca de 20% maior no segundo experimento, o do cultivar IAC-Maya Latente foi cerca de 25% e o do cultivar Cargill-601 cerca de 30%, enquanto que a diferença entre as produtividades foram sensivelmente menores.

O cultivar IAC-Maya apresentou o menor valor médio de eficiência no uso da água ($1,15 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$), seguido pelo cultivar IAC-Maya Latente ($1,20 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$) e pelo cultivar Cargill-601 ($1,34 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$). O maior valor da eficiência no uso da água foi observado no primeiro experimento, no cultivar Cargill-601 ($1,58 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$) e o menor valor foi observado no segundo experimento, no cultivar IAC-Maya Latente ($0,87 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$). A ordem de grandeza destes valores está coerente com diversos resultados obtidos em milho por outros autores. DOORENBOS e KASSAM (1979) relatam que para uma boa produtividade de grãos a eficiência no uso da água varia de 0,8 a 1,6 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$. Em solo com umidade de 83% da capacidade de campo NWA (1979) encontrou valor mínimo de $1,04 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$. MTUI *et alii* (1981) verificaram que há grande variação entre genótipos de milho, sendo que a eficiência no

uso da água pode variar de 0,45 a 1,21 g.m².mm⁻¹. Observaram, ainda, que os milhos híbridos foram mais produtivos, apresentaram maior consumo de água e maior eficiência no uso da água.

No presente trabalho, comparando-se os dados médios dos dois experimentos, o híbrido Cargill-601 e a variedade IAC-Maya foram os cultivares mais produtivos. O menor consumo médio de água foi observado no cultivar Cargill-601 e o maior no cultivar IAC-Maya. Os cultivares Cargill-601 e IAC-Maya apresentaram, respectivamente, a maior e a menor eficiência no uso de água para a produção de grãos.

4.4. Resistência estomática à difusão do vapor d'água

A resistência estomática à difusão do vapor d'água foi medida, no primeiro experimento, nos dias 30 de dezembro de 1981 e 18 de fevereiro de 1982 e, no segundo experimento, nos dias 17, 18 e 24 de novembro de 1982. Os perfis da umidade do solo, nestes dias, encontram-se na Figura 22. Para a análise dos resultados os dias selecionados foram divididos de acordo com a umidade do solo. Os dias 30 de dezembro de 1981 e 18 de fevereiro de 1982 foram considerados com pouca umidade no solo, enquanto que os dias 17, 18 e 24 de novembro de 1982 foram considerados com alta umidade no solo.

Em 30 de dezembro e 18 de fevereiro as plantas estavam com 30 e 80 dias após a emergência, respectivamente. Nestes dias o potencial matricial da água no solo, próximo à superfície, era de -0,2 e -0,4 MPa, respectivamente. Em 30 de dezembro a insolação foi de 10,5 horas, a temperatura máxima do ar de 28,6°C, a mínima de 16,4°C, a umidade relativa

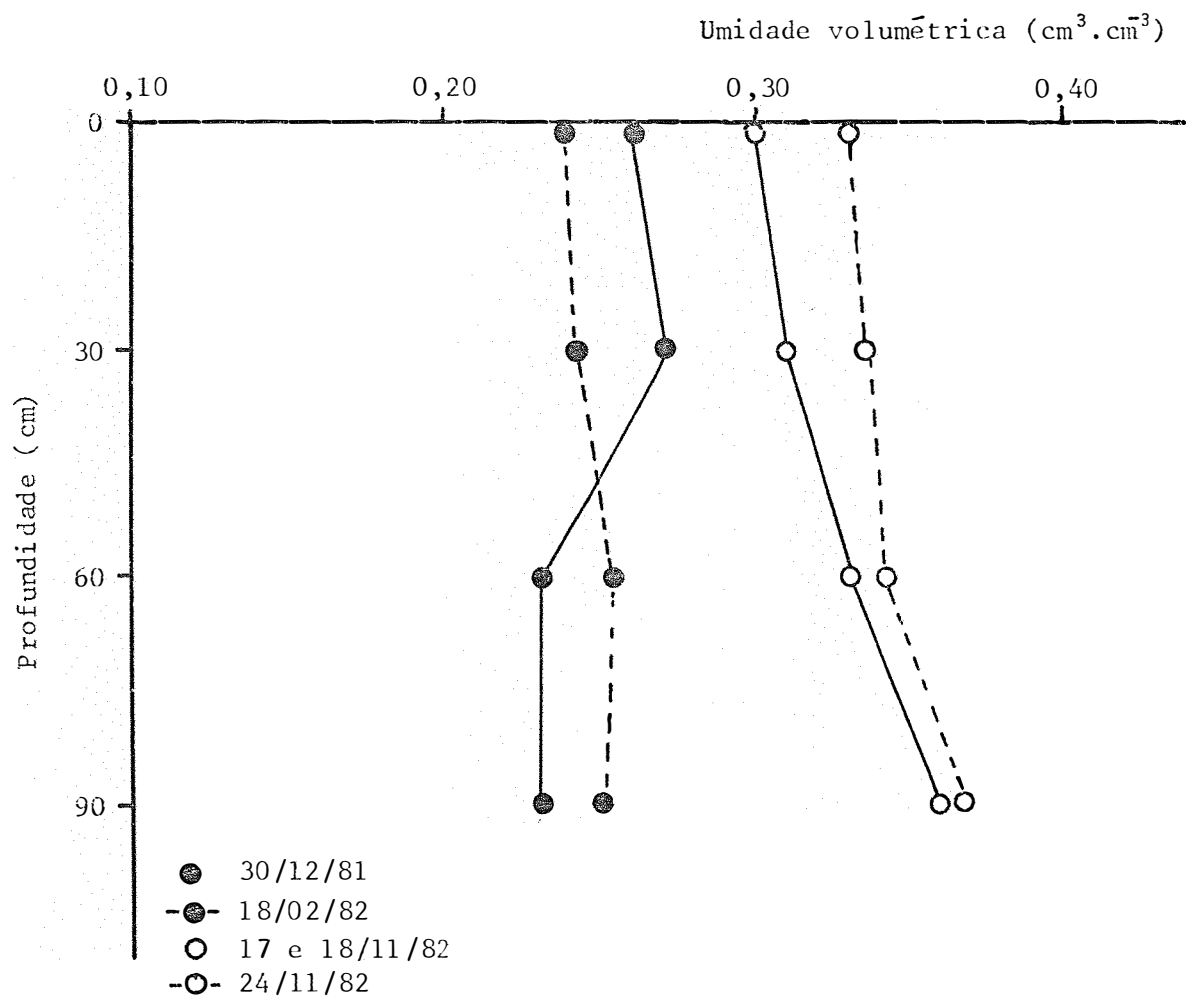


FIGURA 22 - Perfis de umidade do solo nos dias em que foram efetuadas as medidas de resistência estomática.

média de 64,0% e a evaporação do tanque Classe A de 5,0 mm. O dia 18 de fevereiro foi mais quente e com maior demanda evaporativa da atmosfera. A insolação foi de 8,3 horas, a temperatura máxima do ar de 32,3°C, a mínima de 21,4°C, a umidade relativa média de 69,5% e a evaporação do tanque Classe A de 7,0 mm.

Durante os dias 30 de dezembro e 18 de fevereiro, com o objetivo de observar a variação diária, foram realizadas medidas das resistências estomáticas da superfície inferior (abaxial), superior (adaxial) e total, de folhas de milho dos cultivares IAC-Maya, IAC-Maya Latente e Cargill-601.

A Figura 23 mostra a variação diária da resistência estomática abaxial em 30 de dezembro, nos três cultivares. Nota-se que, no cultivar IAC-Maya Latente, a variação diária da resistência estomática apresentou comportamento diferente em comparação aos cultivares IAC-Maya e Cargill-601. Enquanto que, nestes dois cultivares, a resistência estomática abaxial permaneceu, durante a tarde, praticamente, inalterada, no cultivar IAC-Maya Latente ocorreu aumento da resistência estomática nos horários de maior demanda evaporativa da atmosfera.

No dia 18 de fevereiro, que foi de maior demanda evaporativa da atmosfera, e quando a umidade do solo era menor (-0,4 MPa de potencial matricial), a maior sensibilidade estomática do cultivar IAC-Maya Latente foi melhor observada, como mostra a Figura 24. Neste dia, no início da manhã, nos três cultivares, as resistências decresceram até alcançarem valores mínimos em torno do meio-dia. Ao redor das 14:00 horas houve acréscimo nas resistências estomáticas, sendo que no cultivar IAC-Maya Latente este acréscimo foi mais acentuado. A resistência estomática aba

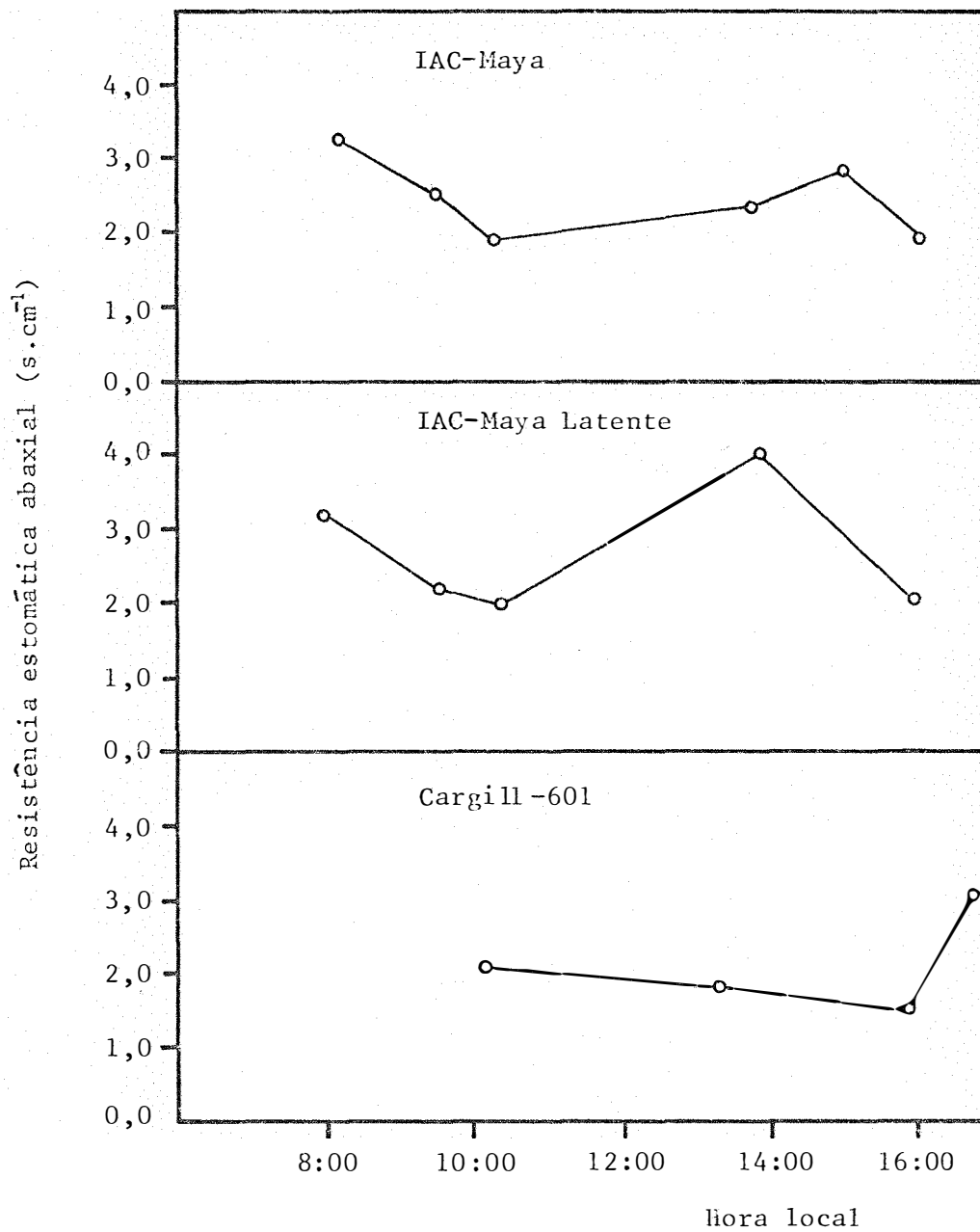


FIGURA 23 - Variação diária da resistência estomática abaxial à difusão de vapor d'água para três cultivares de milho. Campinas, 30/12/81.

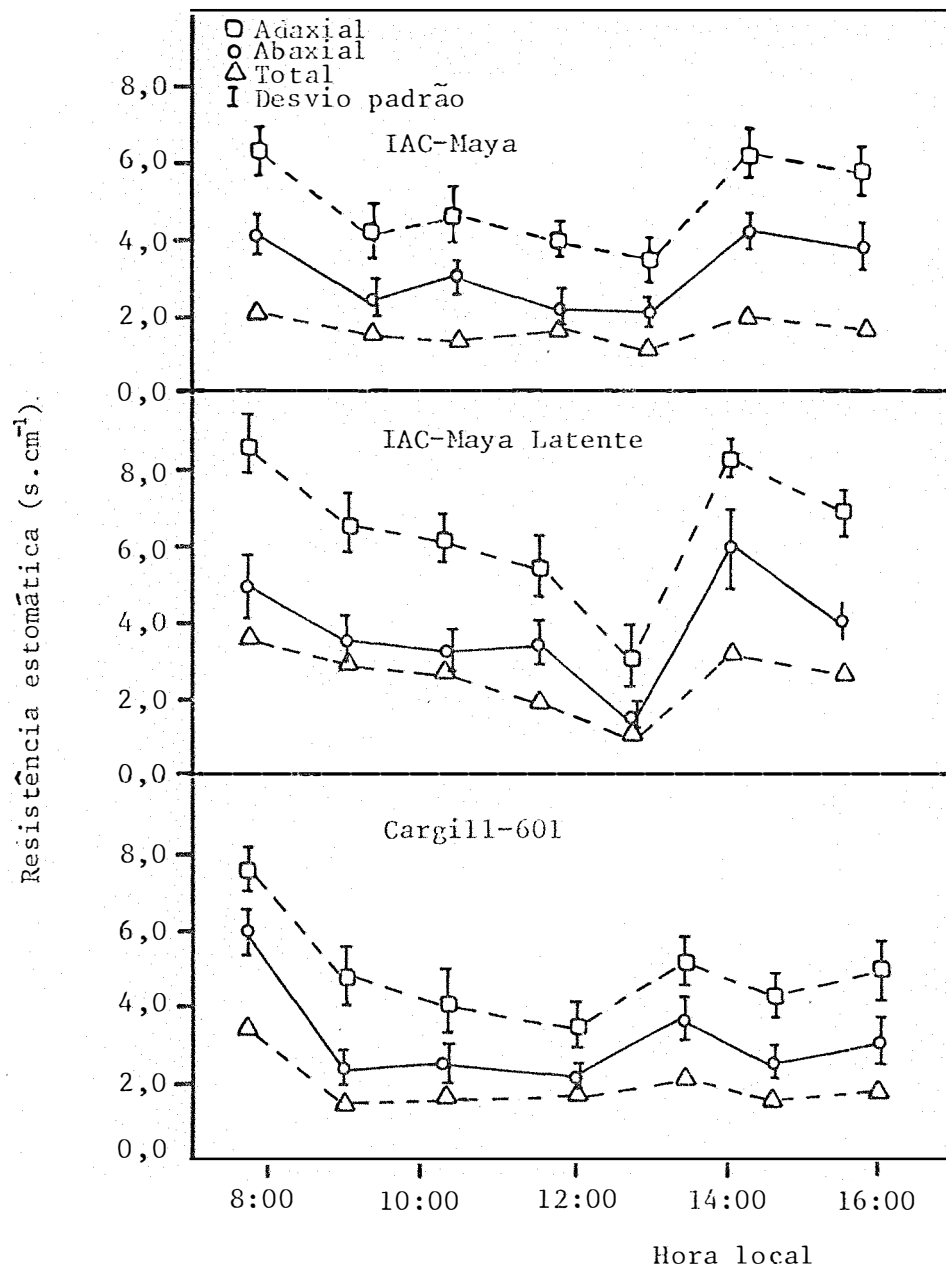


FIGURA 24 - Variação diária da resistência estomática adaxial, abaxial e total à difusão de vapor d'água para três cultivares de milho. Campinas, 18/02/82.

xial do cultivar IAC-Maya Latente chegou a cerca de $6,0 \text{ s.cm}^{-1}$, enquanto que nos cultivares IAC-Maya e Cargill-601 a resistência estomática abaxial não foi superior a $4,0 \text{ s.cm}^{-1}$. A resistência adaxial máxima foi de 8,5; 6,5 e $5,5 \text{ s.cm}^{-1}$, para os cultivares IAC-Maya Latente, IAC-Maya e Cargill-601, respectivamente. Nos três cultivares, a resistência estomática adaxial foi, durante todo o dia, superior à resistência estomática abaxial.

Conforme foi relatado, para as condições em que foram realizadas as medidas, não houve diferença no comportamento estomático entre os cultivares, no período da manhã. As resistências estomáticas adaxial, abaxial e total decresceram no início da manhã até alcançarem valores mínimos ao redor do meio-dia. À tarde, quando foi maior a demanda evaporativa da atmosfera, é que se observou a maior sensibilidade, para o fechamento dos estômatos, do cultivar IAC-Maya Latente. Neste cultivar, principalmente no dia 18 de fevereiro, houve aumento acentuado da resistência estomática ao redor das 14:00 horas. Durante o dia as resistências estomáticas abaxial, adaxial e total foram maiores no cultivar IAC-Maya Latente.

A variação diária da resistência estomática, observada nos três cultivares em 30 de dezembro e 18 de fevereiro, não foi típica de plantas crescendo em solos com baixa umidade, conforme observaram SHARPE (1973) em algodão, TURNER (1974) em sorgo, milho e fumo e BISCOE *et alii* (1976) em cevada e trigo. De acordo com estes autores, em baixo potencial de água no solo, os estômatos se fecham antecipadamente pela manhã, uma vez que, nesta condição, a abertura do estômato não é função da radiação incidente e sim do potencial de água na folha.

SHARPE (1973), em algodão, não encontrou aumento tão marcante

te na resistência estomática no período da tarde, como o que foi encontrado por TURNER (1974) em milho, sorgo e fumo e por BISCOE *et alii* (1976) em cevada e trigo. TURNER (1974) observou, em milho, aumento sensível da resistência estomática ainda pela manhã, permanecendo elevada durante o resto do dia. BISCOE *et alii* (1976), em trigo e cevada, observaram que, logo após o nascer do sol, a resistência estomática diminuiu rapidamente, para um valor mínimo, no início da manhã, para então aumentar, para um valor máximo, ao redor do meio-dia. À tarde há um período de ligeira diminuição na resistência adaxial, mas a resistência abaxial permanece alta durante toda a tarde.

As diferenças nos resultados devem-se, provavelmente, às espécies, às condições de crescimento e idade das folhas, e às diferenças no potencial da água no solo. No trabalho de SHARPE (1973) o potencial da água no solo era de $-0,2$ MPa, no de TURNER (1974) o potencial variou de $-0,4$ a $-0,7$ MPa, no de BISCOE *et alii* (1976) de $-0,5$ MPa, enquanto que no presente trabalho o potencial da água no solo foi de $-0,2$ MPa em 30 de dezembro e de $-0,4$ MPa em 18 de fevereiro.

Com o objetivo de efetuar a análise estatística dos dados de resistência estomática, fez-se, em 24 de novembro de 1982, medidas nos cultivares IAC-Maya Latente e Cargill-601. Excluiu-se o cultivar IAC-Maya, pois se assim não se fizesse, o intervalo de tempo de leitura entre os cultivares ficaria muito grande, uma vez que o porômetro faz em torno de 200 medidas por hora. Dessa maneira, através de análise em fatorial, procurou-se observar se houve diferença estatística significativa na resistência estomática entre horários de observação, entre cultivares e entre superfícies da folha, assim como, se foram significativas as interações en

tre eles.

Em 24 de novembro de 1982, quando foram efetuadas as medições, as plantas estavam com 44 dias após a emergência. O número de folhas por planta e o índice de área foliar dos cultivares IAC-Maya Latente e Cargill-601 eram 13 e 2,8; 11 e 2,6, respectivamente. Neste dia a temperatura máxima do ar foi de 28,2°C, a mínima de 18,8°C, a umidade relativa média de 75,7% e a evaporação do tanque Classe A de 3,0 mm. Neste dia, a umidade do solo era alta; o potencial matricial da água, próximo à superfície do solo, era de -0,02 MPa.

Através da Tabela 34, verifica-se que houve diferença estatística significativa entre horários de observação para a resistência estomática total, e não houve entre cultivares, assim como, não houve interação significativa entre horários e cultivares. Isto equivale a dizer que ao longo do dia a resistência estomática total do cultivar IAC-Maya Latente não diferiu daquela do cultivar Cargill-601.

Pela mesma tabela, percebe-se, ainda, que a média diária da resistência estomática total foi de 1,41 s.cm⁻¹ no cultivar IAC-Maya Latente e de 1,36 s.cm⁻¹ no cultivar Cargill-601, sendo que a diferença entre eles não é significativa. Nota-se também que os valores observados no início da manhã (7:35 e 8:55 h) são significativamente maiores do que aqueles observados durante o resto do dia (9:55 as 16:10 h).

Na Tabela 35 encontram-se os valores de F para horário de observação, cultivar e superfície da folha (adaxial e abaxial) e para as interações horário x cultivar, horário x superfície e cultivar x superfície.

Verifica-se, através desses dados, que houve diferença esta

TABELA 34 - Valores de F, valores médios e teste de Tukey para resistência estomática total.

Causas de Variação	Resistência estomática total (s.cm ⁻¹)	F
Cultivar (C)		0,56 ^{NS}
IAC-Maya Latente	1,46	
Cargill-601	1,36	
Horário (H)		73,26**
7:35	3,25 A ^{1/}	
8:55	2,78 A	
9:55	0,67 D	
11:10	0,63 D	
12:10	0,64 D	
13:10	0,56 D	
14:15	1,52 BC	
15:05	1,20 C	
16:10	1,82 B	
H × C		0,75 ^{NS}
C.V. (%)	23,46	

^{1/} - Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

NS - Não significativo

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 35 -Valores de F e coeficiente de variação para a análise das re
sistências estomáticas adaxial e abaxial.

Causas de Variação	F
Horário (H)	57,88**
Cultivar (C)	0,18 ^{NS}
Superfície (S)	89,89**
H x C	0,74 ^{NS}
H x S	10,50**
C x S	0,10 ^{NS}
c.v. (%)	38,05

NS - Não significativo

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

tística significativa entre horários de observação e entre as superfícies da folha, e uma interação significativa entre horários e superfícies. Não houve diferença significativa entre os cultivares para as resistências estomáticas abaxial e adaxial.

Na Tabela 36 encontram-se os valores do teste F para o desdobramento dos graus de liberdade da interação significativa H x S, as médias das resistências estomáticas adaxial e abaxial obtidas nos diversos horários e as comparações dessas médias através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Nota-se, através dessa tabela, que em alguns horários de observação (7:35, 8:55, 12:10, 14:15 e 16:10 h) as resistências estomáticas adaxial e abaxial diferiram entre si. Em ambas as superfícies, a resistência estomática no início da manhã foi significativamente maior que a resistência medida ao longo do dia.

De um modo geral, pode-se dizer que a resistência estomática adaxial foi maior que a resistência estomática abaxial durante todo o período onde foram efetuadas as observações, embora não se tenha notado diferença significativa em alguns horários. No início da manhã (7:35 e 8:55 h) e no final da tarde as diferenças entre elas são maiores.

Através da Figura 25, verifica-se que tanto a resistência estomática total como a adaxial e abaxial tiveram comportamento semelhante ao longo do dia, nos dois cultivares. Independentemente do cultivar, as três resistências decresceram desde o início da manhã, após a evaporação do orvalho que estava sobre a folha, até alcançarem valores mínimos no meio do dia para então aumentarem durante a tarde. Esta variação diurna da resistência estomática foi típica de planta crescendo sem restrição de

TABELA 36 - Valores de F para o desdobramento dos graus de liberdade da interação significativa horário x superfície, valores médios e teste de Tukey para resistência estomática.

Horário (h)	Resistência estomática (s.cm ⁻¹)		F
	Sup. adaxial	Sup. abaxial	
7:35	9,54 A ^{1/}	3,66 AB	124,16**
8:55	6,96 B	4,71 A	18,15**
9:55	1,57 E	1,20 CD	0,49 ^{NS}
11:10	1,63 E	1,03 CD	1,23 ^{NS}
12:10	2,69 DE	1,05 CD	9,54**
13:10	1,35 E	0,96 D	0,54 ^{NS}
14:15	3,77 CD	2,67 BC	4,34*
15:05	3,00 DE	2,03 BCD	3,40 ^{NS}
16:10	4,96 C	3,13 AB	11,97**
F	55,23**	13,14**	

^{1/} - Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

NS - Não significativo

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

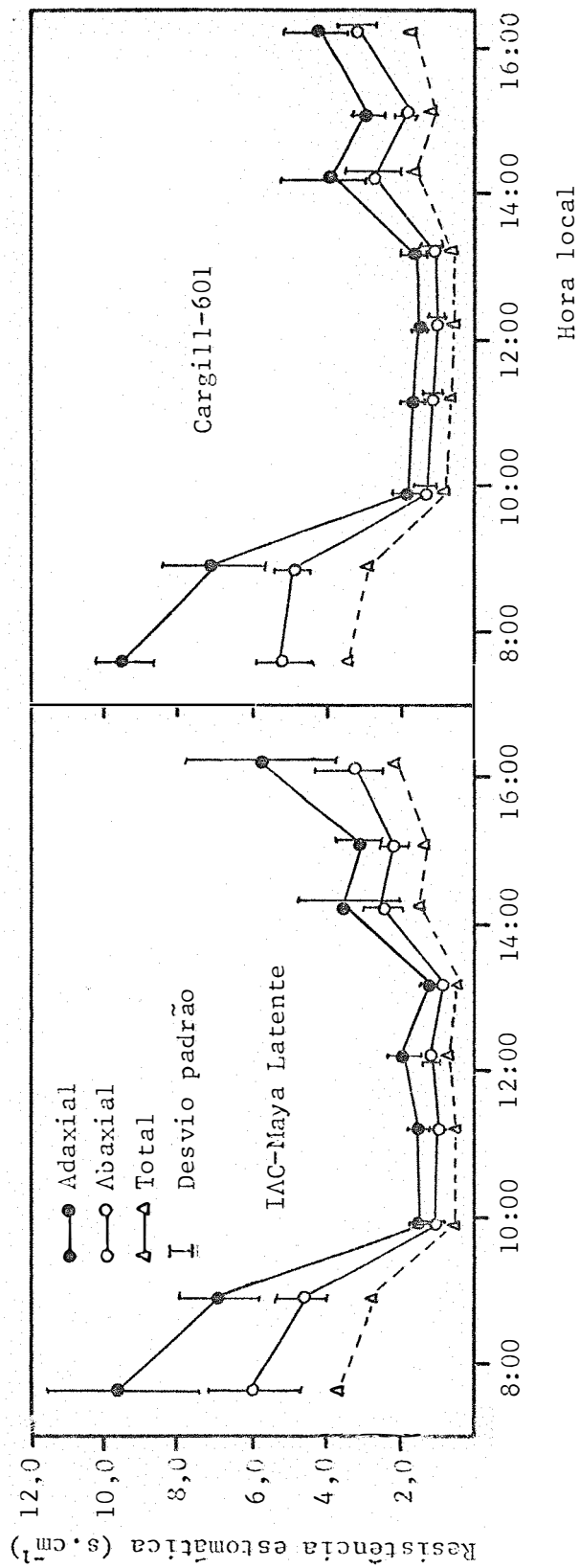


FIGURA 25 - Variação diária da resistência estomática das folhas de dois cultivares de milho crescendo sem restrição de água. Campinas, 24/11/82.

água (solo úmido), conforme observaram TURNER e BEGG (1973) no milho, SZEICS et alii (1973) no sorgo, BISCOE *et alii* (1976) na cevada e no trigo e JUNG e SCOTT (1980) na soja.

Pela Figura 25 observa-se, ainda, que a resistência estomática da superfície adaxial, no decorrer do dia, foi, invariavelmente, maior do que aquela da superfície abaxial da folha, nos dois cultivares.

Essas diferenças entre as resistências estomáticas adaxial e abaxial, observadas neste trabalho, podem ser atribuídas à menor densidade de estômatos (ARAUJO, 1985) e às influências microclimáticas sobre a superfície adaxial da folha (JUNG e SCOTT, 1980), assim como à maior sensibilidade, às variações de radiações, dos estômatos da superfície adaxial (BISCOE *et alii*, 1976). Estes resultados diferem daqueles observados por TURNER e BEGG (1973) em milho e sorgo, e concordam com aqueles observados em fumo (TURNER e BEGG, 1973) e em soja (JUNG e SCOTT, 1980).

Durante o dia, os valores médios das resistências estomáticas adaxial e abaxial, do cultivar IAC-Maya Latente, foram 3,87 e 2,53 s.cm⁻¹, respectivamente, enquanto que para o cultivar Cargill-601 os valores médios dessas resistências foram 3,78 e 2,44 s.cm⁻¹. No cultivar IAC-Maya Latente, a resistência estomática adaxial variou de 9,60 s.cm⁻¹ (7:35 h) à 1,13 s.cm⁻¹ próximo ao meio do dia; no cultivar Cargill-601 a variação foi de 9,49 s.cm⁻¹ à 1,49 s.cm⁻¹. A variação da resistência estomática abaxial foi de 6,04 à 0,86 s.cm⁻¹ no cultivar IAC-Maya Latente, e de 5,20 à 0,95 s.cm⁻¹ no cultivar Cargill-601.

O decréscimo da resistência estomática de um valor máximo para um valor mínimo em torno do meio do dia, e acréscimo no decorrer da tarde, já foram observados em milho e soja, e devem-se, provavelmente, ao de

crêscimo de irradiância e ao abaixamento do potencial da água no solo que, combinados, causam um aumento da resistência estomática (TURNER e BEGG, 1973; SZEICS *et alii*, 1973; REICOSKY e RITCHIE, 1976).

Os valores mínimos das resistências estomáticas e as menores diferenças entre resistência estomática adaxial e abaxial ocorreram ao redor do meio do dia, justamente quando era maior a densidade de radiação fotossinteticamente ativa (Figura 26).

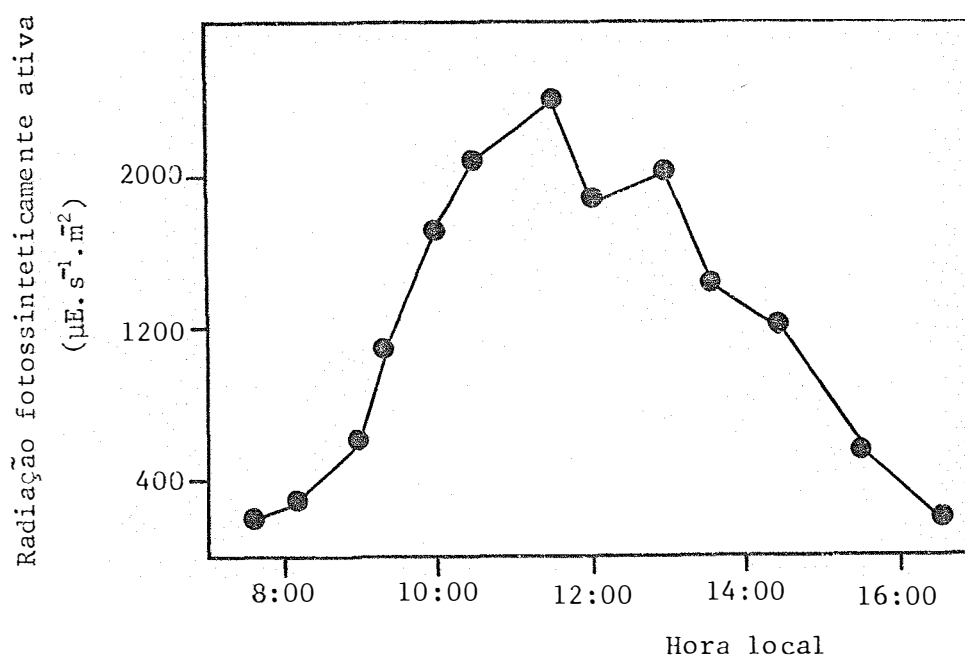


FIGURA 26 - Variação diária da radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície adaxial de folha de milho. Campinas, 24/11/82.

A relação entre resistência estomática (adaxial, abaxial e total) e a densidade de fluxo de radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície adaxial foi hiperbólica, para um intervalo de 100 a 2500 $\mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$, para os dois cultivares (Figuras 27 a 32). Em virtude de que as análises de variância não revelaram diferenças significativas en

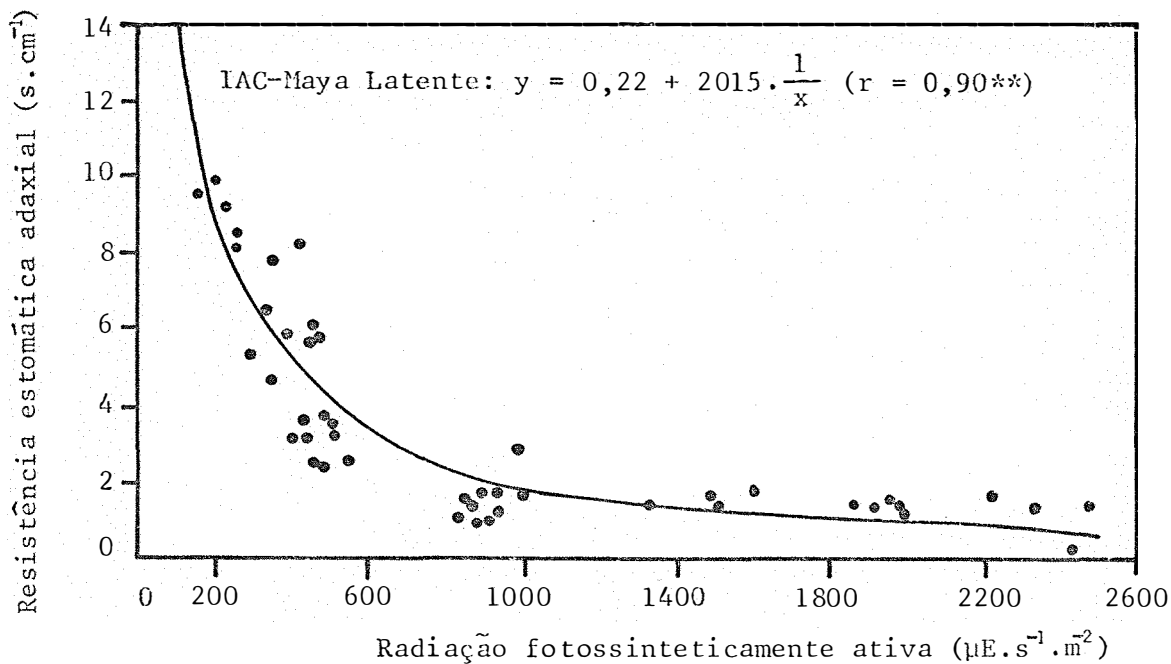


FIGURA 27 - Relação entre resistência estomática adaxial e radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior da folha do cultivar de milho IAC-Maya Latente.

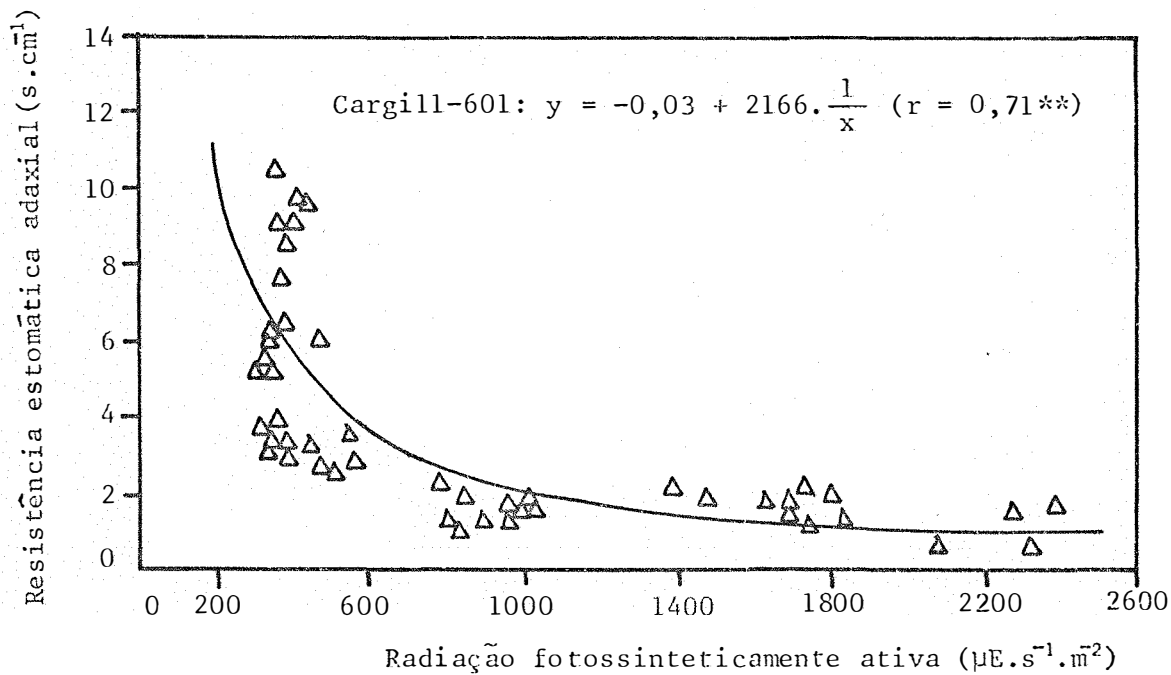


FIGURA 28 - Relação entre resistência estomática adaxial e radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior da folha do cultivar de milho Cargill-601.

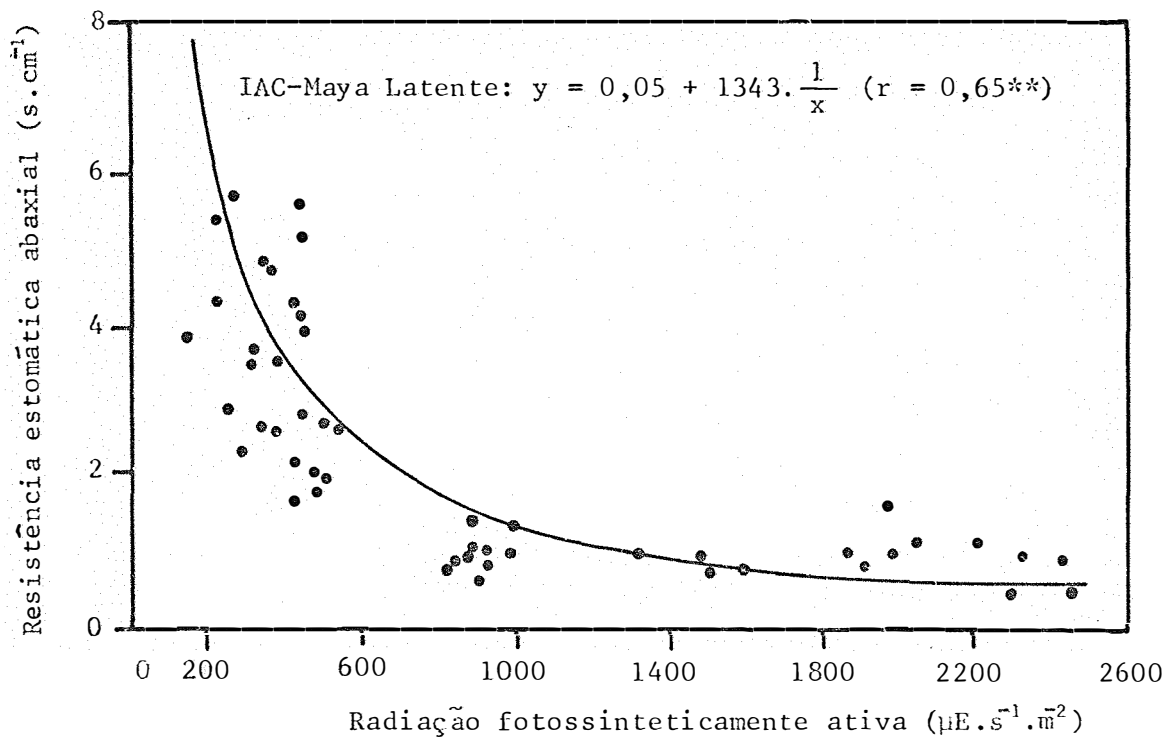


FIGURA 29 - Relação entre resistência estomática abaxial e radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior da folha do cultivar de milho IAC-Maya Latente.

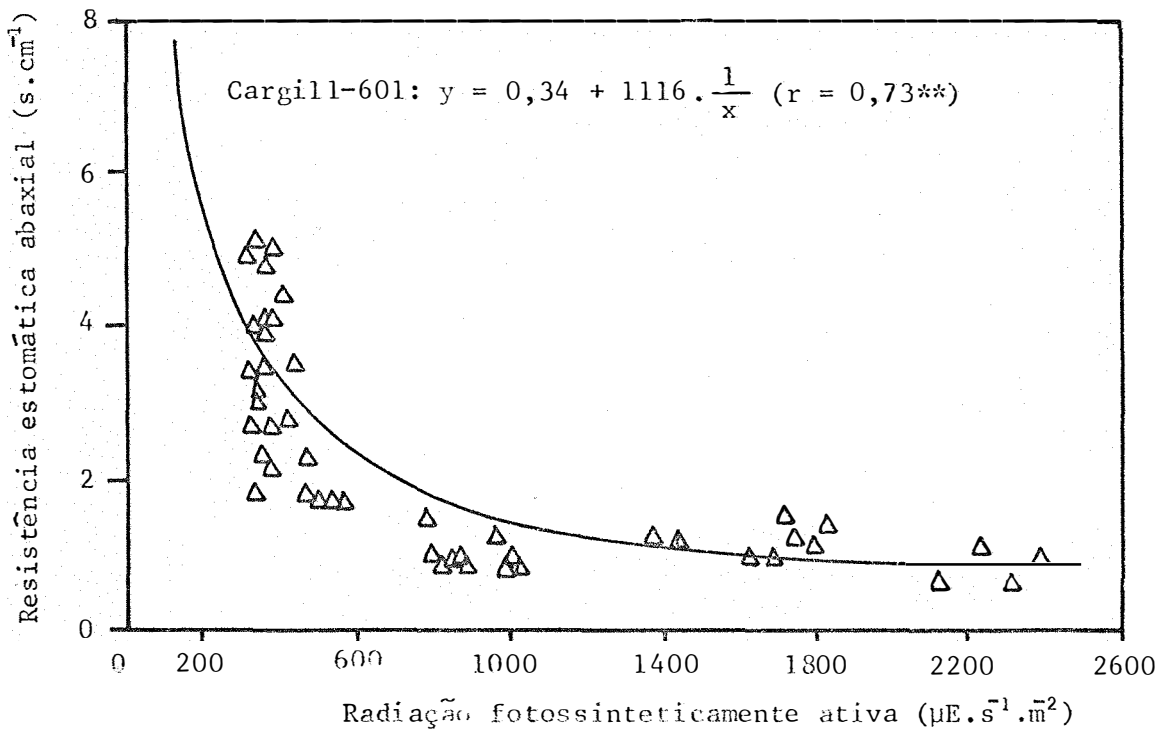


FIGURA 30 - Relação entre resistência estomática abaxial e radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior da folha do cultivar de milho Cargill-601.

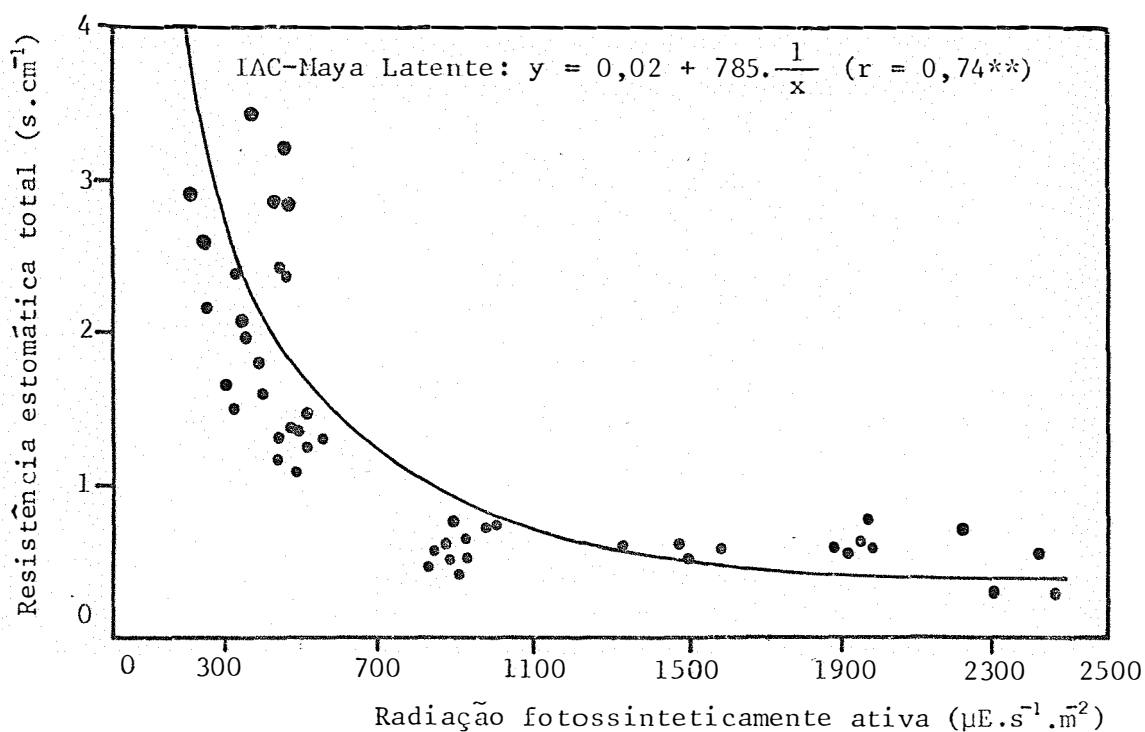


FIGURA 31 - Relação entre resistência estomática total e radiação fotosinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior da folha do cultivar de milho IAC-Maya Latente.

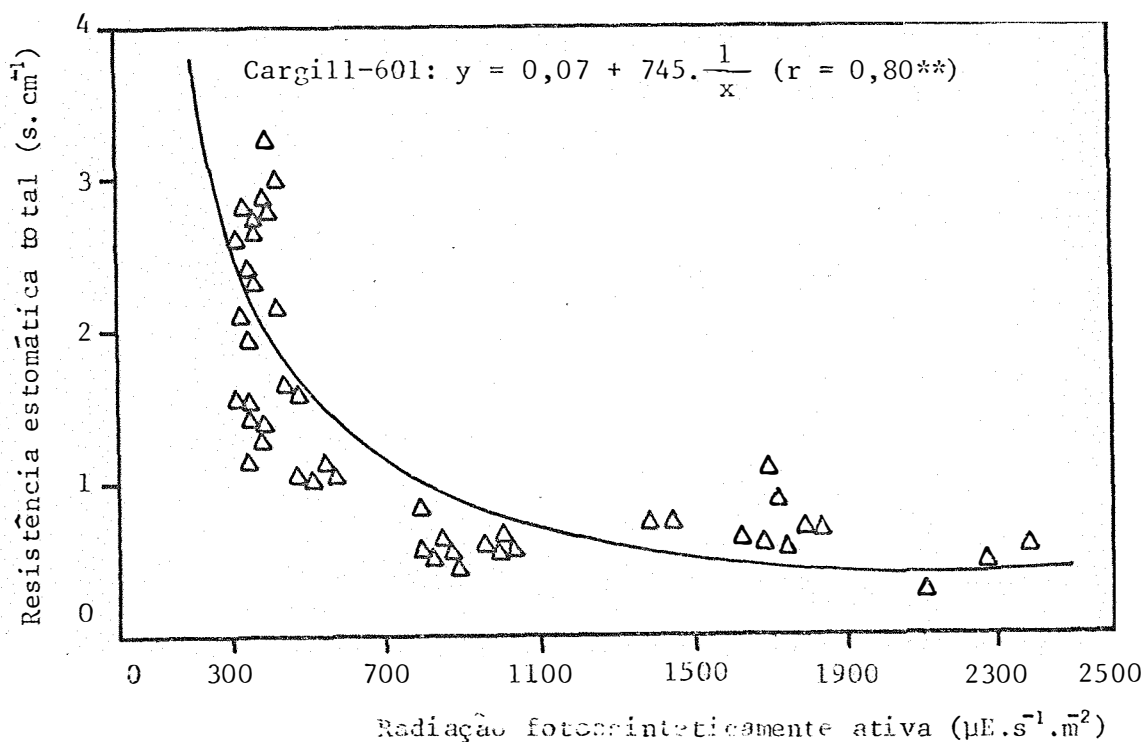


FIGURA 32 - Relação entre resistência estomática total e radiação fotosinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior de folha do cultivar de milho Cargill-601.

tre os cultivares, para as três resistências, a função hiperbólica foi também obtida considerando-se o conjunto dos dados encontrados nos dois cultivares (Figura 33).

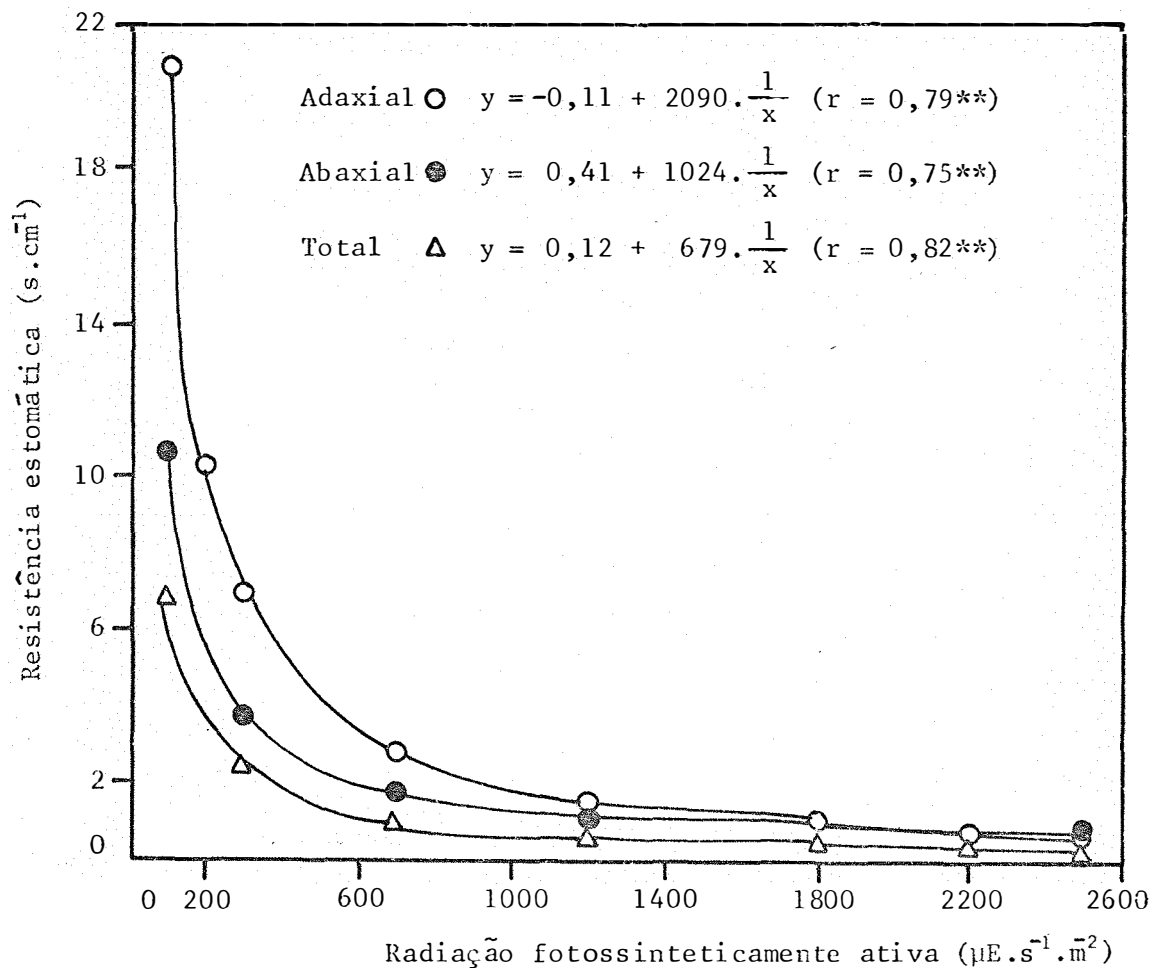


FIGURA 33 - Relação entre as resistências estomáticas adaxial, abaxial e total e a radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior de folha de milho.

Estes resultados indicam, claramente, que os estômatos respondem à irradiância sobre a folha, sendo que a irradiância é função da radiação solar acima da cultura, do ângulo de incidência dos raios solares e da arquitetura da cultura.

De acordo com a Figura 33, observa-se que em todos os casos as resistências foram altas em baixa irradiância e decresceram rapidamente com o aumento da irradiância.

Através dos dados da Tabela 37, nota-se que, em irradiância pequena ($100 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$), a resistência estomática adaxial chegou a ser até duas vezes maior que a resistência estomática abaxial. Em irradiância média ($1200 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$) essa diferença não chegou a 1,5 vezes, enquanto que para irradiância alta ($2500 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$) não houve diferença entre as resistências adaxial e abaxial. Desde que o tamanho e a frequência dos estômatos da superfície abaxial não são 1,5 vezes maior do que aqueles da superfície adaxial, os estômatos da superfície abaxial têm maior abertura em baixa densidade de fluxo de fótons do que os estômatos da superfície adaxial. Como a irradiância foi medida sobre a superfície superior da folha, a irradiância, nos estômatos da superfície abaxial, em radiação fotossinteticamente ativa pode ser, em muitas vezes, de uma ordem de magnitude menor do que nos estômatos da superfície adaxial, devido à absorção de radiação pelo mesófilo (TURNER e BEGG, 1976; BISCOE *et alii*, 1976).

Na Figura 33 e na Tabela 37 pode verificar-se que os estômatos da epiderme inferior apresentaram, em radiação fraca, menor resistência à difusão do vapor d'água do que os estômatos da superfície adaxial. Isto pode ser devido tanto à maior densidade de estômatos na superfície abaxial de folhas de milho como também à maior sensibilidade dos estômatos da superfície abaxial à radiação fotossinteticamente ativa. Estes resultados concordam com investigações anteriores, onde os estômatos da epiderme abaxial de feijão, fumo, sorgo e milho abriram em radiação mais fraca do que os estômatos da superfície adaxial (KANEMASU e TANNER, 1969;

TABELA 37 - Valores de resistências estomáticas de dois cultivares de milho em função da radiação fotossinteticamente ativa.

Cultivar	Resistência estomática ($s.cm^{-1}$)	Radiação fotossinteticamente ativa		
		100	$\mu E.s^{-1}.m^2$ 1200	2500
IAC-Maya Latente				
	adaxial	19,93	1,46	0,59
	abaxial	13,48	1,17	0,59
	total	7,86	0,47	0,33
Cargill-601				
	adaxial	21,63	1,78	0,84
	abaxial	11,51	1,28	0,79
	total	7,52	0,69	0,37
IAC-Maya Latente + Cargill-601				
	adaxial	20,80	1,63	0,73
	abaxial	10,65	1,26	0,82
	total	6,91	0,69	0,39

TURNER, 1970; TURNER e BEGG, 1973) e discordam dos resultados de BISCOE *et alii* (1976), em cevada e trigo, que encontraram maior sensibilidade nos estômatos da epiderme adaxial.

Embora na maioria das espécies crescendo sem déficit de água ocorra variação da resistência estomática em função da radiação incidente, as formas destas relações nem sempre são idênticas (TURNER e BEGG, 1973; BISCOE *et alii*, 1976). TURNER e BEGG (1973), em milho, encontraram uma relação não linear entre a resistência estomática e a radiação incidente; assim como no presente trabalho, a relação encontrada foi hiperbólica. BISCOE *et alii* (1976) encontraram, na cevada, relação linear entre a resistência estomática adaxial e a irradiância, dentro do intervalo de irradiâncias medidas (0 a $800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$), enquanto que para o trigo não houve variação na resistência estomática adaxial acima de uma irradiância de cerca de $300 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ($0,43 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$).

Uma revisão do comportamento dos estômatos feita por Turner em 1970, citado por BISCOE *et alii* (1976), sugere que uma resposta não linear, similar àquela obtida para o trigo, é a relação habitual entre resistência estomática e irradiância. O grau da não linearidade varia com as espécies; milho e sorgo têm curvas de resposta similares ao trigo enquanto que fumo e girassol não alcançam resistência estomática mínima constante até irradiância acima de $800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ($1,15 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$). A diferença entre estas relações, provavelmente, dependem, sobretudo, da espécie, condições de crescimento e idade da folha.

No presente trabalho, através da Figura 33, verifica-se que acima de $1000 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ não ocorrem decréscimos acentuados nas resistências estomáticas adaxial, abaxial e total. Em densidade de fluxo de fó

tons acima de $1000 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$ as resistências estomáticas permaneceram, praticamente, constantes. Na Tabela 37, nota-se que à $100 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$ a resistência estomática adaxial é cerca de 30 vezes maior que à $2500 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$, enquanto que para a superfície abaxial a resistência estomática à $100 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$ é cerca de 12 vezes maior que à $2500 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$ de radiação fotossinteticamente ativa. Para se ter uma idéia de grandeza, a radiação fotossinteticamente ativa considerada como sendo a radiação entre 400 e 700 nm, apresenta energia média de $2,35\cdot 10^5 \text{ J}$ por Einstein (E) para $\bar{\lambda}$ de $0,51 \mu$. Próximo ao meio dia, em um dia claro, sendo a densidade do fluxo de energia média neste $\bar{\lambda}$ de cerca de $500 \text{ W}\cdot\text{m}^2$ ($0,72 \text{ cal}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{min}^{-1}$), o fluxo de fótons será de $2100 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$, aproximadamente (CAMPBELL, 1977). Dessa maneira, $100 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$ de radiação fotossinteticamente ativa representa um fluxo de energia médio de cerca de $24 \text{ W}\cdot\text{m}^2$ ($0,03 \text{ cal}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{min}^{-1}$), e sob esta irradiância as resistências estomáticas foram elevadas. Para $1000 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$, valor este que corresponde à densidade de fluxo de fótons acima do qual não ocorreu diminuição acentuada das resistências estomáticas, o fluxo de energia médio equivale a aproximadamente $240 \text{ W}\cdot\text{m}^2$ ($0,34 \text{ cal}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{min}^{-1}$).

TURNER e BEGG (1973) encontraram resultados que indicam que, no milho, a resistência estomática abaxial e adaxial, no escuro ($0,02 \text{ cal}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{min}^{-1}$) é cerca de $25,0 \text{ s}\cdot\text{cm}^{-1}$. Em irradiância de $0,5 \text{ cal}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{min}^{-1}$ esta resistência cai para $3,3 \text{ s}\cdot\text{cm}^{-1}$ e em alta irradiância ($1,2 \text{ cal}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{min}^{-1}$) cai para $2,8 \text{ s}\cdot\text{cm}^{-1}$. No presente trabalho os resultados indicam que em densidade de fluxo de fótons de $100 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$ de radiação fotossinteticamente ativa ($0,03 \text{ cal}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{min}^{-1}$) a resistência estomática adaxial de folhas de milho é cerca de $20,80 \text{ s}\cdot\text{cm}^{-1}$, a abaxial de $10,65 \text{ s}\cdot\text{cm}^{-1}$ e a total de $6,91 \text{ s}\cdot\text{cm}^{-1}$. Em densidade de fluxo de fótons de $2500 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$ ($0,85 \text{ cal}\cdot$

$\text{cm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$) a resistência adaxial cai para $0,73 \text{ s} \cdot \text{cm}^{-1}$, a abaxial para $0,82 \text{ s} \cdot \text{cm}^{-1}$ e a total para $0,39 \text{ s} \cdot \text{cm}^{-1}$.

Com o objetivo de relacionar a resistência estomática total e o déficit de pressão de vapor d'água do ar, fez-se, em 17 e 18 de novembro de 1982, medidas das resistências estomáticas das superfícies abaxial e adaxial das folhas do cultivar IAC-Maya e das temperaturas seca e úmida do ar, no interior e acima da cultura. Nestes dias era alta a umidade do solo; o potencial matricial da água próximo à superfície do solo estava em torno de $-0,025 \text{ MPa}$.

Em 17 de novembro a temperatura máxima do ar foi de $27,8^\circ\text{C}$, a mínima de $16,4^\circ\text{C}$, a umidade relativa média de $70,1\%$, a insolação de $9,7$ horas e a evaporação do tanque Classe A de $4,0 \text{ mm}$. Em 18 de novembro os valores destes elementos meteorológicos foram $30,6^\circ\text{C}$; $16,3^\circ\text{C}$; $70,5\%$; $11,5$ horas e $4,0 \text{ mm}$, respectivamente.

As variações diárias da temperatura do ar e do déficit de pressão de vapor do ar, no interior e acima da cultura, ocorridas em 17 e 18 de novembro, são mostradas na Figura 34. Ambos, a temperatura do ar e o déficit de pressão de vapor d'água, foram maiores acima da cultura ($3,20 \text{ m}$ da superfície do solo) do que no interior da cultura ($1,60 \text{ m}$ da superfície do solo). Independentemente do dia ou da altura de medida, a partir das $8:00$ horas até às $16:00$ horas, a temperatura do ar e o déficit de pressão de vapor d'água apresentaram tendência a aumentar.

Os dados de resistência estomática utilizados para correlacionar com o déficit de pressão de vapor foram aqueles medidos sob densidade de fluxo de fótons superior a $700 \mu\text{E} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^2$.

Através da Figura 35, verifica-se que houve correlação li

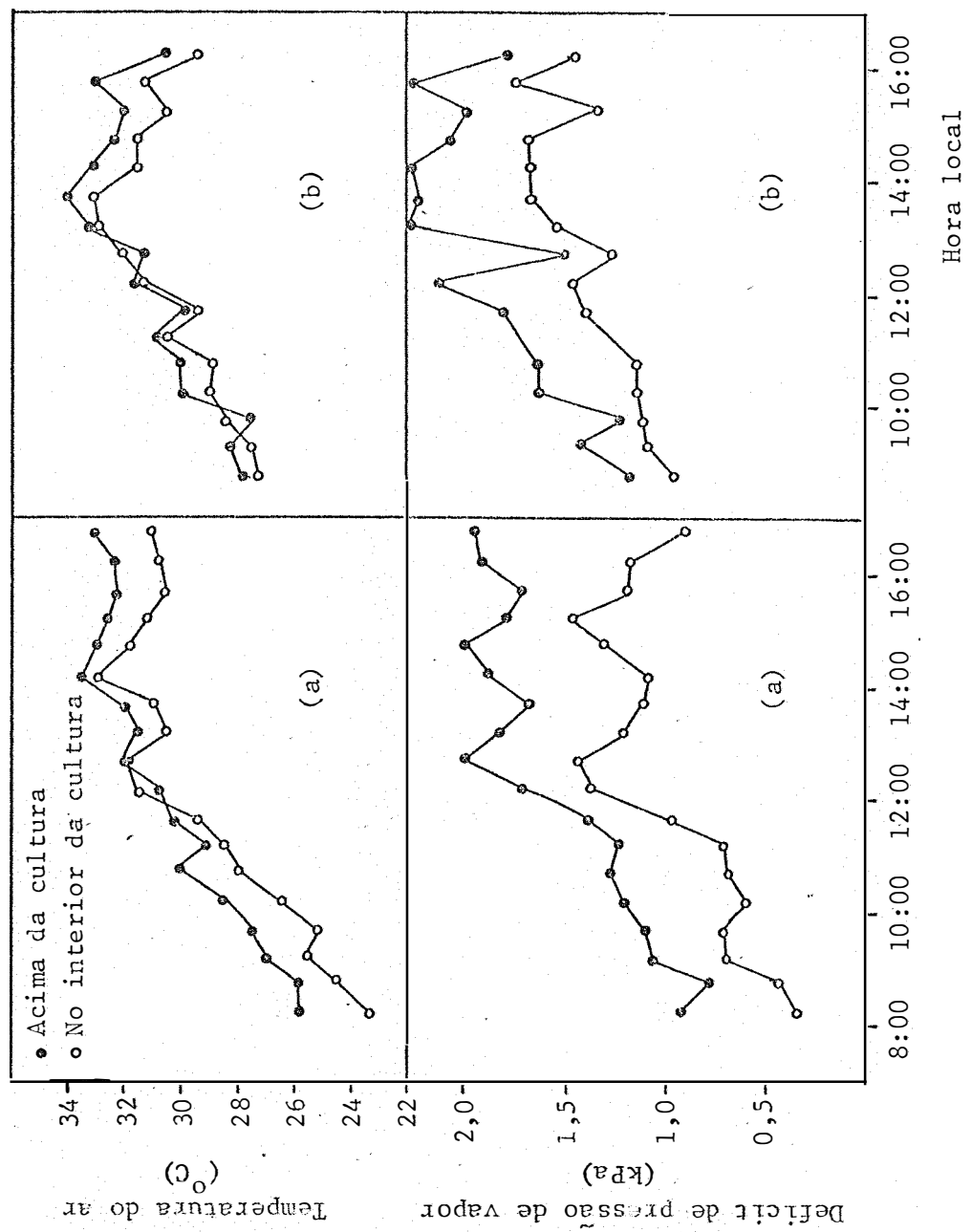


FIGURA 34 - Variação diária da temperatura do ar e do deficit de pressão de vapor d'água do ar. a) 17 de novembro; b) 18 de novembro de 1982.

near entre a resistência estomática total e o déficit de pressão de vapor do ar, no interior da cultura (1,60 m da superfície do solo), e acima da cultura (3,20 m da superfície do solo). Percebe-se então, que em solo úmido e em irradiância superior a $700 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$, o aumento do déficit de pressão de vapor d'água do ar, no intervalo de 0,2 a 1,0 kPa, provocou diminuição da resistência estomática total. Acima da cultura, o aumento do déficit de pressão de vapor, no intervalo de 0,6 a 1,4 kPa também resultou em diminuição da resistência estomática total.

Quando as plantas estiveram submetidas a déficits hídricos, SCHULZE *et alii* (1973 e 1975) observaram, em feijão, que o déficit de pressão de vapor d'água do ar demonstrou aumentar exponencialmente a resistência estomática à difusão gasosa. Em condição de irrigação foi pequena a resposta, e esta pode ser devido que durante o período analisado o déficit de pressão não tenha sido muito elevado.

FORDE *et alii* (1977), para o milho, ervilha, alfafa e trevo, crescendo sem restrição de água, encontraram resultados semelhantes ao presente trabalho. Eles verificaram, em temperaturas do ar de $17,5^{\circ}\text{C}$ e $27,5^{\circ}\text{C}$, aumento da taxa transpiratória com o aumento do déficit de pressão de vapor, no intervalo de 0,5 a 1,0 kPa. Entre 1,0 e 1,5 kPa, à $17,5^{\circ}\text{C}$, para o trevo e alfafa, ocorreu diminuição da taxa transpiratória e, consequentemente, aumento da resistência estomática, enquanto que para o milho, e para a ervilha, a taxa transpiratória continuou aumentando; à $27,5^{\circ}\text{C}$, não ocorreu aumento da taxa transpiratória apenas para a ervilha e o trevo. Em déficit de pressão de vapor d'água de 1,0 kPa, e em irradiância de $170 \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ (400 - 700 nm) e $60 \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ (400 - 700 nm), em todas as espécies, houve acréscimo na taxa transpiratória quando a temperatura aumentou de $17,5$ a

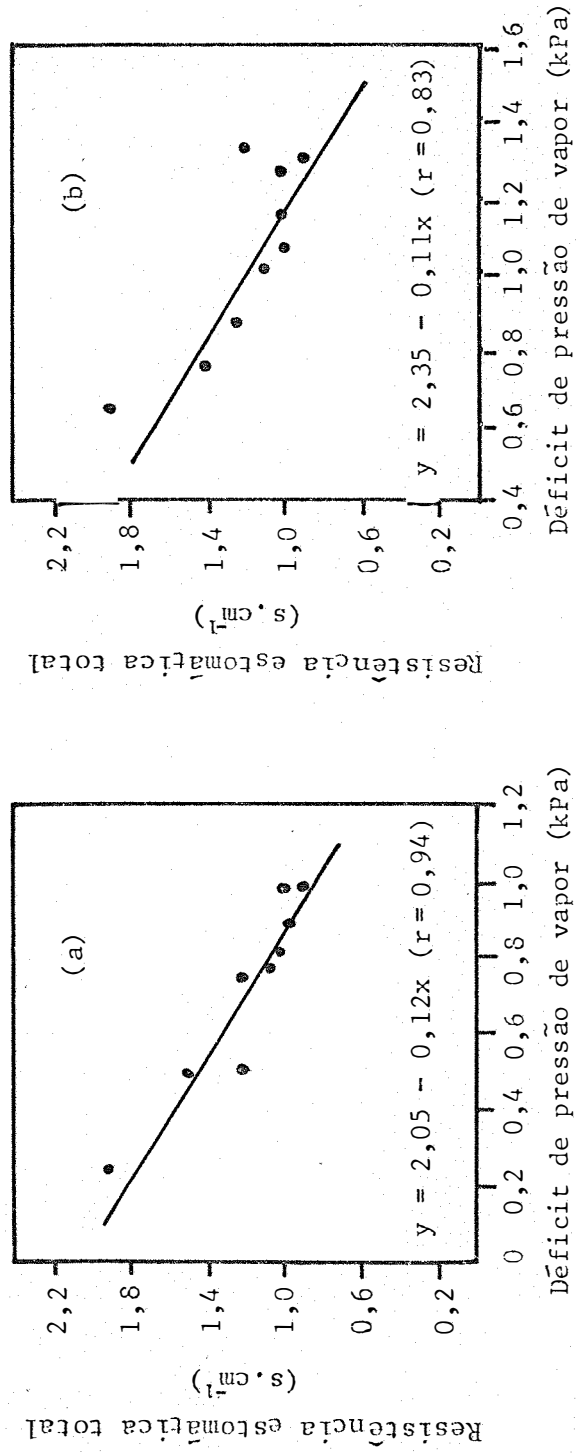


FIGURA 15 - Relação entre a resistência estomática total e o déficit de pressão de vapor. a) no interior da cultura (1,0 m da superfície do solo); b) acima da cultura (3,20 m da superfície do solo).

32,5°C.

Em experimento simulado, CHOUDHURY (1983) observou aumento da resistência estomática (assumida como sendo o produto da resistência da cultura e o índice de área foliar) com o aumento do déficit de pressão de vapor d'água entre 0,1 a 0,9 kPa, e para potencial de água no solo de -0,03 MPa. Nessa simulação, o déficit de pressão de vapor d'água afetou a resistência estomática indiretamente, através do potencial da água na folha.

A resistência estomática é, simultaneamente, afetada por diversas variáveis do ambiente e, por isso, os esforços para correlacioná-la com as variáveis de um determinado ambiente, com dados de trabalhos de campo, nem sempre resultam em sucesso. A resistência estomática de folhas iluminadas é função da temperatura do ar, do déficit de pressão de vapor d'água, do potencial da água no solo e da concentração de CO₂ e, por essa razão, exige uma seleção adequada dos dados de campo que serão analisados (JARVIS, 1976).

Devido a que, no presente trabalho, o potencial da água no solo e a concentração de CO₂, praticamente, não variaram durante as medidas, e devido, ainda, que a densidade de fluxo de radiação solar, a temperatura do ar e o déficit de saturação do vapor d'água do ar tendem a ser correlacionados, as relações entre resistência estomática e irradiância e déficit de pressão de vapor do ar apresentaram coeficientes de correlação significativos.

Na relação entre resistência estomática e irradiância os coeficientes de correlação estiveram entre 0,65 e 0,90 (Figuras 27 a 32). O maior valor foi encontrado para a resistência estomática adaxial, no culti

var IAC-Maya Latente, e o menor para a resistência estomática abaxial, também no cultivar IAC-Maya Latente. Para a relação entre as resistências estomáticas, considerando os dois cultivares conjuntamente, e a irradiância, os coeficientes de correlação foram significativos ao nível de 1% de probabilidade, e apresentaram os valores de 0,79; 0,75 e 0,82 para as resistências adaxial, abaxial e total, respectivamente (Figura 33). TURNER e BEGG (1973) encontraram, para a mesma relação não linear (hiperbólica) entre resistência estomática (abaxial + adaxial) e irradiância, coeficiente de correlação de 0,81, significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Na relação entre resistência estomática e déficit de pressão os coeficientes de correlação foram significativos ao nível de 1%, e seus valores foram 0,94 (interior da cultura) e 0,83 (acima da cultura) (Figura 35).

Uma vez que a resistência estomática é função direta da temperatura da folha (Equação 23), pois é ela que determina a pressão de saturação de vapor d'água da folha, fez-se a análise de variância dos dados de temperatura da folha, observados durante as medições, a fim de verificar o seu comportamento entre as superfícies da folha e entre os cultivares.

Na Tabela 38 encontram-se os valores de F para horário de observação, cultivar e superfície da folha, e para as interações horário x cultivar, horário x superfície e cultivar x superfície. Através desses dados verifica-se que houve diferença estatística significativa entre horários de observação, entre cultivares e entre superfícies da folha e cultivar e entre horários e superfícies.

TABELA 38 - Valores de F e coeficiente de variação para a análise das temperaturas da folha.

Causas de Variação	F
Horário (H)	569,60**
Cultivar (C)	18,93**
Superfície (S)	85,10**
H x C	13,42**
H x S	8,37**
C x S	0,06 ^{NS}
C.V. (%)	1,38

NS - Não significativo

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Através do desdobramento dos graus de liberdade da interação significativa H x S tem-se na Tabela 39, que para as duas superfícies, a temperatura da folha, no início da manhã, foi significativamente menor do que a temperatura da folha no decorrer do resto do dia. A temperatura da superfície adaxial variou de 23,3°C, às 7:35 h, a 28,1°C às 12:10 h, enquanto que, na superfície abaxial, a variação foi de 23,5°C, às 7:35 h, a 28,7°C, às 11:10 h.

Pela Tabela 39 observa-se, ainda, diferença significativa entre as superfícies da folha ao redor da metade do dia (9:55 às 13:10 h), não ocorrendo portanto diferença significativa no início da manhã e no transcorrer da tarde.

TABELA 39 - Valores de F para o desdobramento dos graus de liberdade da interação significativa horário \times superfície, valores médios e teste de Tukey para temperatura da folha.

Horário (h)	Temperatura da folha ($^{\circ}$ C)		F
	Sup. adaxial	Sup. abaxial	
7:35	23,3 C ^{1/}	23,5 D	1,46 ^{NS}
8:55	23,4 C	23,5 D	0,82 ^{NS}
9:55	26,0 B	27,4 C	69,53**
11:10	27,5 A	28,7 A	51,70**
12:10	27,6 A	28,1 B	6,44**
13:10	27,7 A	28,4 AB	18,40**
14:15	27,9 A	28,1 B	0,72 ^{NS}
15:05	28,0 A	28,2 AB	2,28 ^{NS}
16:10	27,9 A	28,0 B	0,72 ^{NS}
F	270,65**	307,32**	

^{1/} - Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

NS - Não significativo

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Através do desdobramento dos graus de liberdade da interação significativa H \times C tem-se, na Tabela 40, que para os dois cultivares, a temperatura da folha, ao redor do meio dia, é significativamente maior do que a temperatura da folha no início da manhã, e não chega a diferir significativamente da temperatura durante a tarde. Diferenças significati

TABELA 40 - Valores de F para o desdobramento dos graus de liberdade da interação significativa horário x cultivar, valores médios e teste de Tukey para temperatura da folha.

Horário (h)	Temperatura da folha (°C)		F
	IAC-Maya Latente	Cargill-601	
7:35	23,1 E ^{1/}	23,7 D	14,96**
8:55	23,7 D	23,2 D	6,14*
9:55	27,4 C	26,0 C	71,56**
11:10	28,4 A	27,7 AB	20,54**
12:10	28,1 AB	27,6 B	11,45**
13:10	28,0 AB	28,0 AB	0,03 ^{NS}
14:15	27,9 BC	28,1 AB	0,93 ^{NS}
15:05	28,1 AB	28,1 A	0,18 ^{NS}
16:10	27,9 BC	28,0 AB	0,53 ^{NS}
F	307,59**	275,43**	

^{1/} - Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

NS - Não significativo

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

vas, entre cultivares, ocorreram de manhã até a metade do dia. As maiores temperaturas da folha foram observadas no cultivar IAC-Maya Latente. A partir do meio do dia não ocorreram diferenças significativas entre as temperaturas da folha nos dois cultivares.

Pelas Figuras 36 e 37 observa-se que a temperatura da superfície abaxial foi, geralmente, maior do que a temperatura da superfície adaxial nos dois cultivares.

A interpretação da temperatura da folha, em um dado instante, é extremamente difícil, uma vez que um grande número de fatores da planta e do ambiente se combinam para determinar a temperatura da folha (IDSO *et alii*, 1966). Esta é diretamente afetada pelo saldo de radiação e conseqüentemente é afetada pela temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento (GATES, 1968).

Pelas Figuras 36 e 37 observa-se ainda que as temperaturas das duas superfícies da folha, independentemente do cultivar, aumentaram durante a manhã devido ao aumento do saldo de radiação. Como o saldo de radiação decresce à tarde (SELLER, 1974), as temperaturas da folha permaneceram, relativamente, altas em função, provavelmente, da elevada temperatura do ar (GARDNER e BLAD, 1980).

4.5. Parâmetros aerodinâmicos

Os valores médios da velocidade do vento e da temperatura do ar nas culturas 3.00: 3,70; 4,10; 5,30 e 6,60 m, em intervalos de 20 minutos, durante o dia 09 de fevereiro de 1982, encontram-se nas Tabelas 41 e 42, respectivamente. Os dados obtidos no dia 11 de fevereiro de 1982 estão

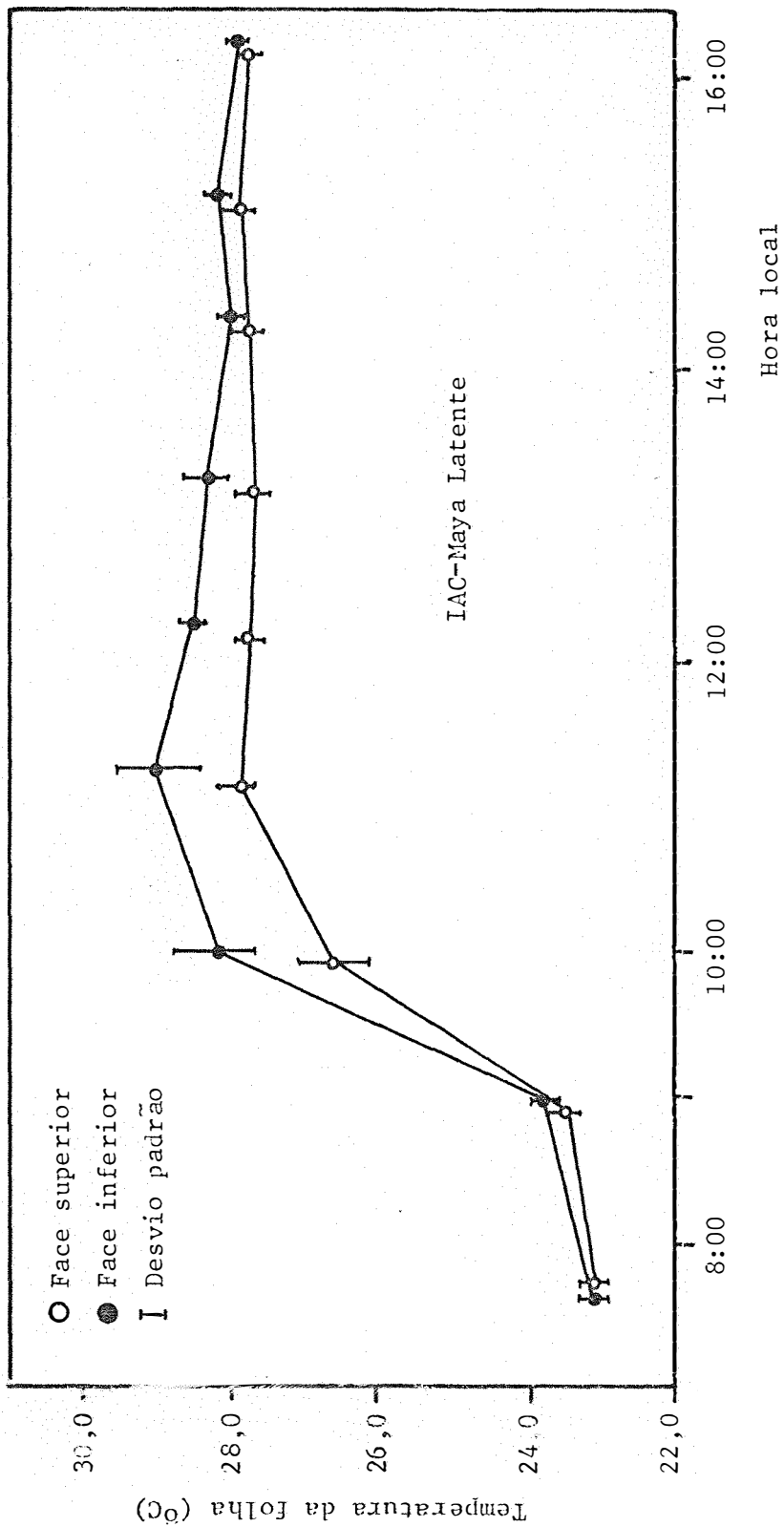


FIGURA 36 - Variação diária da temperatura das folhas do cultivar de milho IAC-Maya Latente crescendo sem restrição de água. Campinas, 24/11/82.

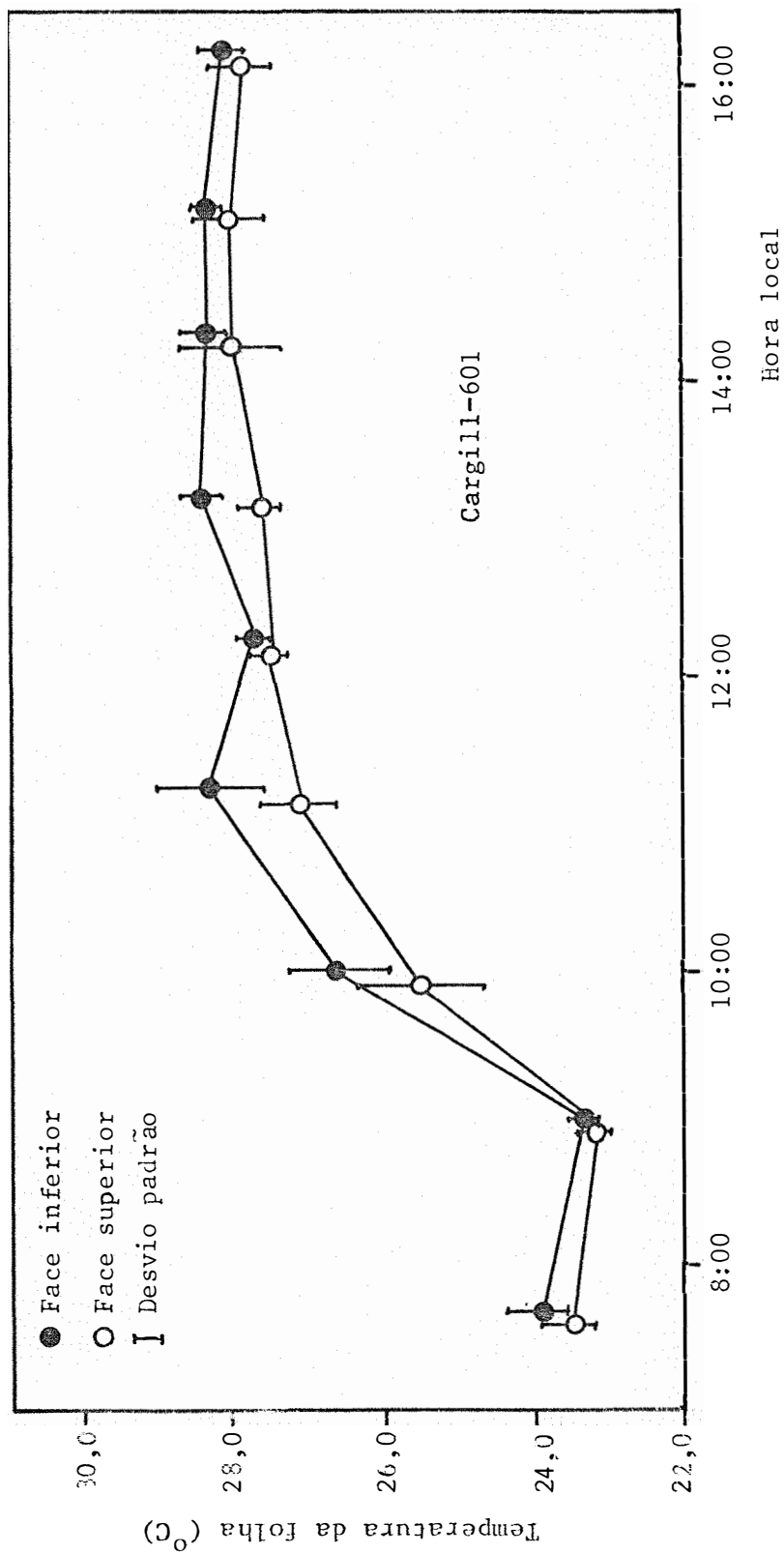


FIGURA 37 - Variação diária da temperatura das folhas do cultivar de milho Cargill-601 crescendo sem restrição de água. Campinas, 24/11/82.

nas Tabelas 43 e 44. Os perfis obtidos durante estes dois dias foram nu merados de 1 a 24.

Nas Tabelas 45 e 46 encontram-se os dados utilizados para a caracterização da estabilidade atmosférica pelo número de Richardson (Ri). Através destes dados verifica-se que são dez os perfis que atendem a con dição de próximo ã neutralidade ($-0,04 \leq Ri \leq 0,01$): 1, 8, 9, 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21.

Os parâmetros aerodinâmicos foram determinados com os dados dos dez perfis de velocidade do vento selecionados, e que estão represen tados nas Figuras 38, 39 e 40.

Nas Figuras 41 a 45 encontram-se os gráficos de $(z - d)$ contra $u(z)$, assim como os valores de d e z_0 . Os valores de d foram obti dos através da equação (31) e os de z_0 correspondem aos valores encontra dos nas ordenadas quando se extrapolam as relações lineares entre $\bar{u}(z)$ e $\ln(z - d)$.

Na época das determinações a altura média da cultura (h) era de 2,80 m, e já havia ocorrido a emissão da inflorescência terminal.

Na Tabela 47 encontram-se os valores de d e z_0 , assim como as razões d/h e z_0/h , obtidos com os dados dos dez perfis de velocidade do vento. Observa-se, através desses dados, que d variou de 1,74 a 2,26 m, e a relação d/h de 0,62 a 0,81. A variação de z_0 foi de 0,37 a 0,90 m e a de z_0/h de 0,13 a 0,32.

A variação de d/h observada (0,62 a 0,81) está bem próxima de variação encontrada para a maioria das espécies, que é de 0,60 a 0,80 (MONTEITH, 1975), e da variação encontrada para o milho, de 0,61 a 0,88 (MA KI, 1975). Porém, a variação de z_0/h determinada (0,13 a 0,32) difere bas

TABELA 41 - Perfis da velocidade do vento ($m.s^{-1}$) acima de uma cultura de milho. Campinas, 09/02/82.

Perfil (nº)	Hora Local	Altura (m)				
		3,00	3,70	4,10	5,30	6,60
01	8:00	0,35	0,91	1,03	1,44	1,68
02	8:40	0,43	0,91	0,99	1,37	1,53
03	9:05	0,77	1,38	1,52	2,05	2,38
04	11:30	0,73	1,25	1,46	2,08	2,42
05	12:30	0,56	0,95	1,10	1,54	1,75
06	12:50	0,45	0,83	0,97	1,34	1,48
07	13:10	0,53	0,97	1,14	1,62	1,87
08	13:55	0,44	0,86	1,03	1,48	1,71
09	14:15	0,39	0,76	0,93	1,38	1,53
10	14:55	0,36	0,71	0,88	1,35	1,53
11	15:20	0,19	0,48	0,64	0,96	1,04
12	15:40	0,30	0,57	0,73	1,09	1,24
13	16:00	0,39	0,70	0,83	1,19	1,39
14	16:25	0,19	0,38	0,53	0,83	0,88
15	16:45	0,25	0,65	0,83	1,31	1,49

TABELA 42 - Perfis da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) acima de uma cultura de milho. Campinas, 09/02/82.

Perfil (n ^o)	Hora Local	Altura (m)				
		3,00	3,70	4,10	5,30	6,60
01	8:00	23,25	23,40	23,00	23,00	23,40
02	8:40	23,25	23,65	23,50	23,65	23,90
03	9:05	24,75	25,40	25,15	25,05	25,15
04	11:30	27,25	27,40	27,50	27,90	27,40
05	12:30	30,65	31,40	30,90	30,75	30,25
06	12:50	28,75	30,65	30,50	30,50	30,00
07	13:10	30,25	30,90	30,75	30,75	30,00
08	13:55	31,65	32,50	31,75	31,90	31,80
09	14:15	30,40	31,00	30,25	29,80	30,30
10	14:55	30,15	31,15	31,30	31,90	31,25
11	15:20	29,65	30,40	30,65	31,40	31,40
12	15:40	30,80	30,55	30,50	30,75	30,65
13	16:00	31,80	31,65	31,50	31,75	31,00
14	16:25	30,40	31,00	30,25	30,75	30,75
15	16:45	29,50	30,15	29,50	30,15	30,00

TABELA 43 - Perfis da velocidade do vento ($m \cdot s^{-1}$) acima de uma cultura de milho. Campinas, 11/02/82.

Perfil (nº)	Hora Local	Altura (m)				
		3,00	3,70	4,10	5,30	6,60
16	10:40	0,10	1,42	2,20	3,02	3,39
17	11:00	0,84	1,78	1,88	2,60	2,89
18	11:20	0,53	1,14	1,40	1,99	2,27
19	11:40	0,68	1,28	1,57	2,22	2,46
20	12:00	0,72	1,35	1,68	2,33	2,61
21	12:20	0,95	1,72	2,12	2,85	3,22
22	14:00	0,37	0,88	1,13	1,70	1,93
23	15:00	0,63	1,08	1,24	1,68	1,83
24	16:00	0,28	0,66	0,81	1,23	1,35

tante de 0,03 a 0,10, encontrada em milho (MAKI, 1975).

O valor médio de d/h (0,74) está próximo de 0,63 citado por STANHILL (1969) para a maioria das espécies, enquanto que o de z_0/h (0,20) difere de 0,13, relatado por Tanner e Pelton (1960) e citados por MONTEITH (1975).

O motivo da maior variabilidade do valor de z_0/h , em relação ao valor de d/h , pode ser devido ao fato de que a determinação de z_0

TABELA 44 - Perfis da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) acima de uma cultura de milho. Campinas, 11/02/82.

Perfil (n ^o)	Hora Local	Altura (m)				
		3,00	3,70	4,10	5,30	6,60
16	10:40	28,00	28,50	28,25	28,15	27,75
17	11:00	28,75	28,75	28,50	28,80	28,75
18	11:20	29,25	28,50	28,40	29,30	29,00
19	11:40	29,65	28,90	28,90	29,65	29,25
20	12:00	30,05	29,30	29,00	29,50	29,25
21	12:20	30,15	29,05	29,00	29,40	28,90
22	14:00	28,50	29,55	29,15	28,40	28,00
23	15:00	31,40	30,90	30,50	30,50	30,75
24	16:00	31,00	31,00	30,50	31,00	30,90

seja mais crítica do que a determinação de d , levando a uma maior dispersão dos dados (SZEICS *et alii*, 1973; MUNRO e OKE, 1973; BRUTSAERT, 1982).

Através da análise de regressão linear determinou-se a dependência de d/h e z_0/h (para $h = 2,80$ m) com as velocidades do vento nos níveis de 3,00 m (0,20 m acima da cultura), 4,10 m (1,30 m acima da cultura) e 6,60 m (3,80 m acima da cultura).

Pelas Figuras 46, 47 e 48 nota-se que a melhor correlação,

TABELA 45 - Caracterização da estabilidade atmosférica pelo número de Ri
 chardson (Ri). Cultura de milho. Campinas, 09/02/82.

$$Z_1 = 3,00 \text{ e } Z_2 = 4,10 \text{ m.}$$

Perfil (nº)	\bar{T} (K)	$\frac{dT}{dz}$ ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^{-1}$)	$\frac{du}{dz}$ (s^{-1})	Ri
01	296,27	-0,2273	0,6182	-0,020
02	296,52	0,2273	0,5091	0,029
03	299,60	-0,3636	0,7637	0,026
04	303,42	-0,6818	0,8091	0,017
05	303,92	0,2273	0,4909	0,030
06	302,76	1,5909	0,4727	0,230
07	303,65	0,4546	0,5545	0,048
08	304,85	0,0909	0,5364	0,010
09	303,47	-0,1364	0,4909	-0,018
10	303,87	1,0455	0,4727	0,151
11	303,30	0,9091	0,4091	0,176
12	303,80	-0,2727	0,3909	0,058
13	304,80	-0,2727	0,4000	0,055
14	303,47	-0,1364	0,3091	-0,046
15	302,65	0,0000	0,5273	0,000

TABELA 46 - Caracterização da estabilidade atmosférica pelo número de Richardson (Ri). Cultura de milho. Campinas, 11/02/82.

$$Z_1 = 3,00 \text{ e } Z_2 = 4,10 \text{ m.}$$

Perfil (nº)	\bar{T} (K)	$\frac{dT}{dz}$ ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^{-1}$)	$\frac{du}{dz}$ (s^{-1})	Ri
16	301,27	0,2273	1,0818	0,006
17	301,77	-0,2273	0,9455	-0,008
18	301,97	-0,7727	0,7909	-0,040
19	302,42	-0,6818	0,8091	-0,034
20	302,67	-0,9546	0,8727	-0,040
21	302,72	-1,0455	1,0636	-0,030
22	301,97	0,5909	0,6909	0,040
23	304,10	-0,8182	0,5545	-0,086
24	303,90	-0,4546	0,4818	-0,063

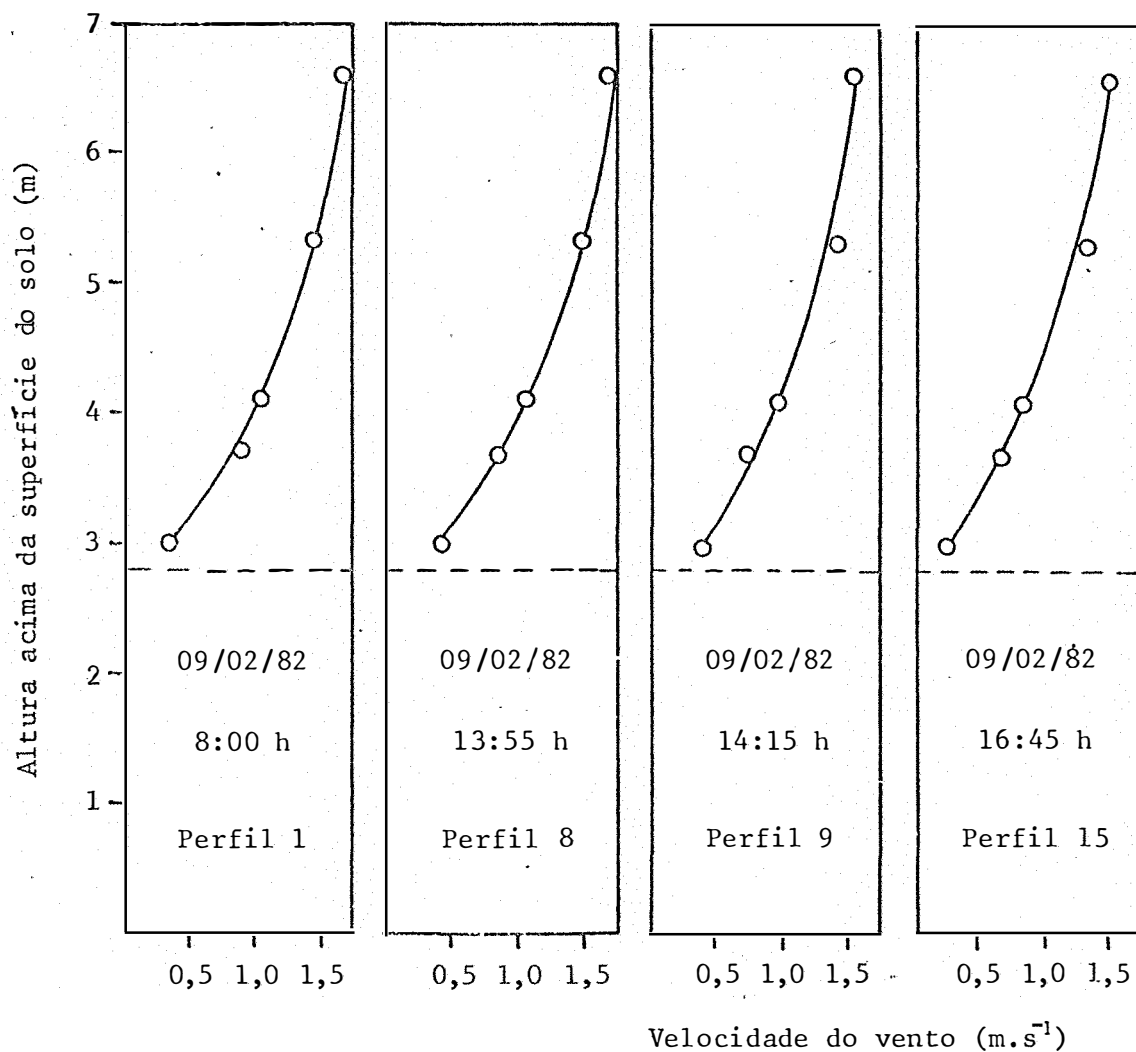


FIGURA 38 - Perfis de velocidade do vento (m.s⁻¹) acima de uma cultura de milho. Campinas, 09/02/82 (Perfis 1, 8, 9 e 15) (h = 2,80 m).

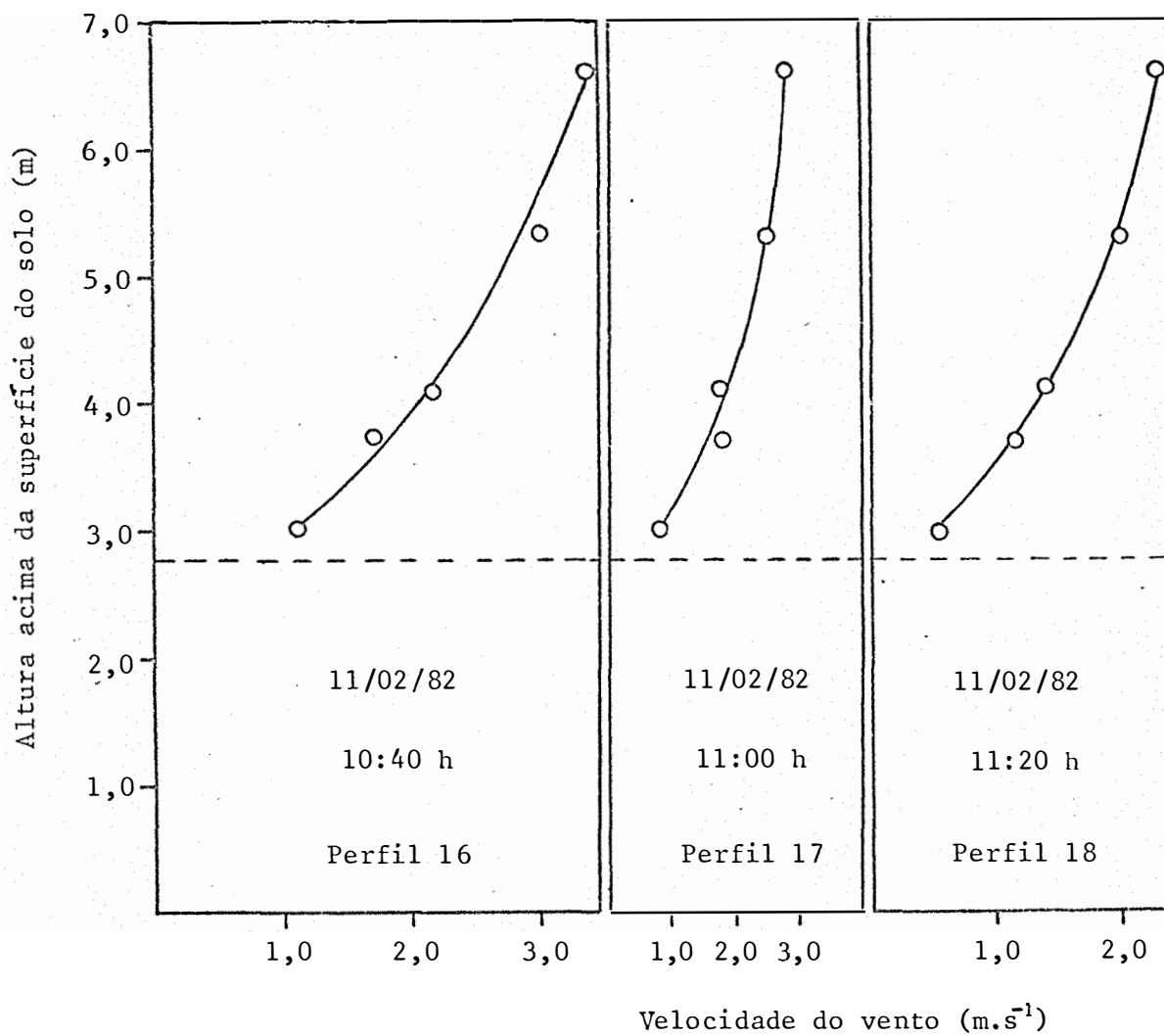


FIGURA 39 - Perfis de velocidade do vento (m.s⁻¹) acima de uma cultura de milho. Campinas, 11/02/82 (Perfis 16, 17 e 18) (h = 2,80 m).

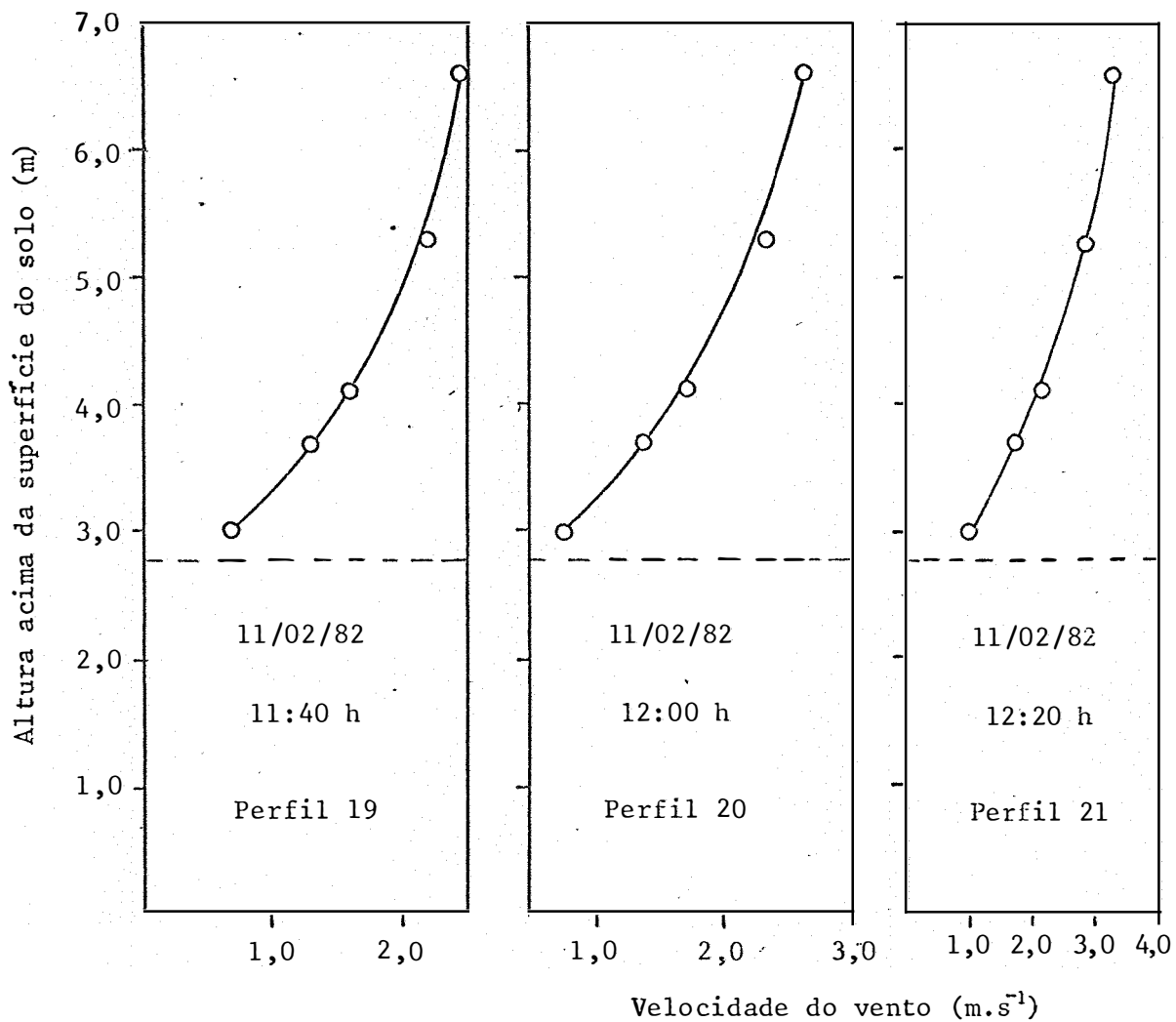


FIGURA 40 - Perfis de velocidade do vento (m.s⁻¹) acima de uma cultura de milho. Campinas, 11/02/82 (Perfis 19, 20 e 21) (h = 2,80 m).

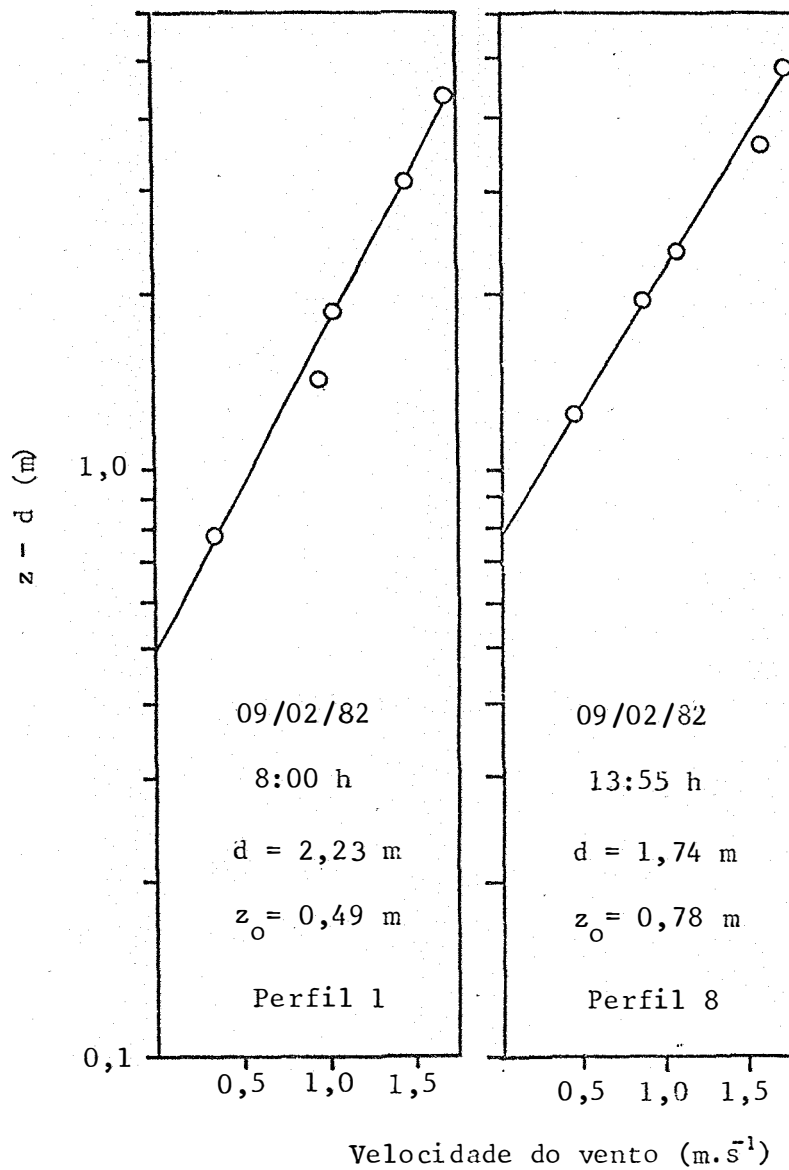


FIGURA 41 - Representação gráfica de $\ln(z-d)$ versus velocidade do vento (u). Campinas, 09/02/82 (Perfis 1 e 8).

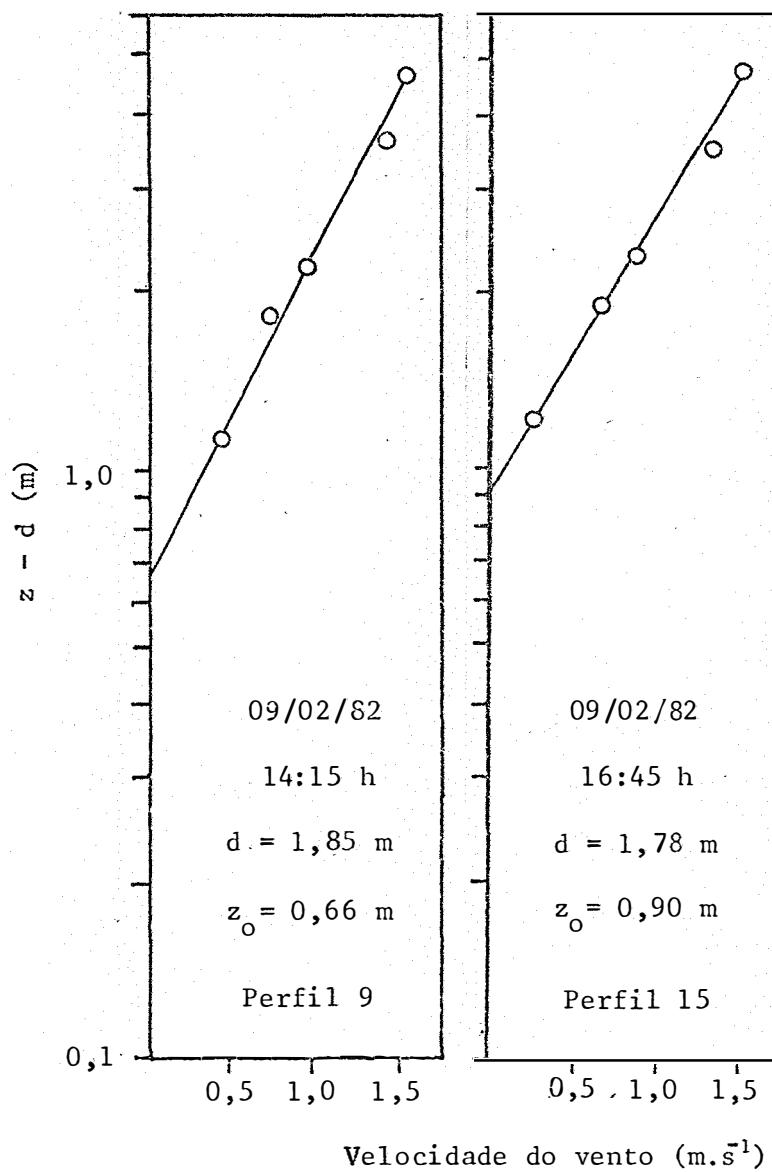


FIGURA 42 - Representação gráfica de $\ln(z - d)$ versus velocidade do vento (u). Campinas, 09/02/82 (Perfis 9 e 15).

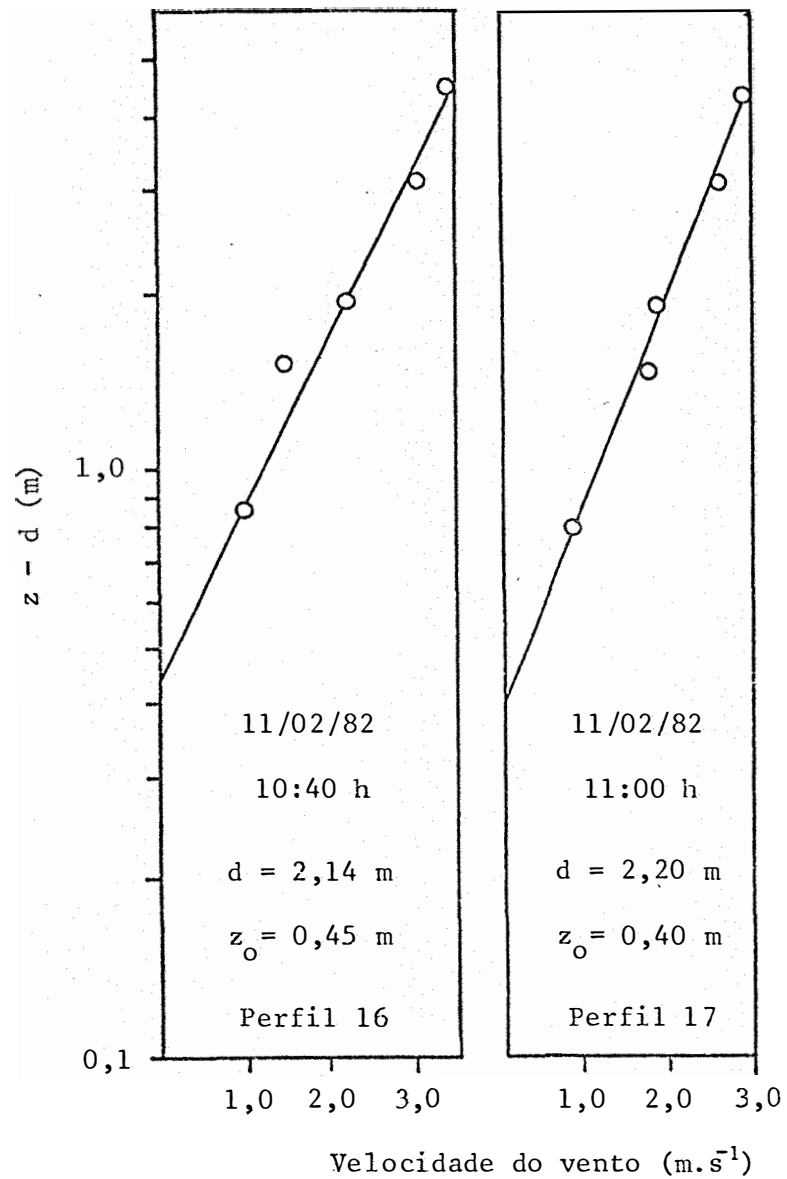


FIGURA 43 - Representação gráfica de $\ln(z - d)$ versus velocidade do vento (u). Campinas, 11/02/82 (Perfis 16 e 17).

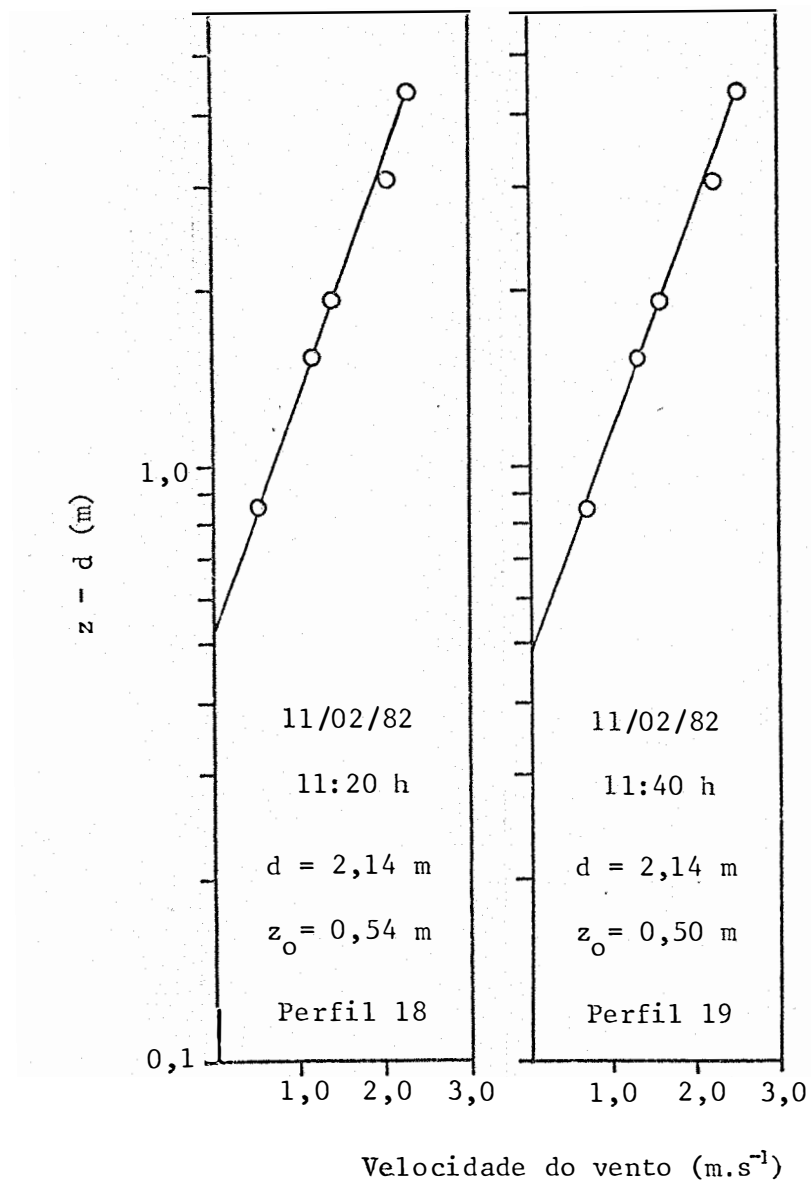


FIGURA 44 - Representação gráfica de $\ln(z - d)$ versus velocidade do vento (u). Campinas, 11/02/82 (Perfis 18 e 19).

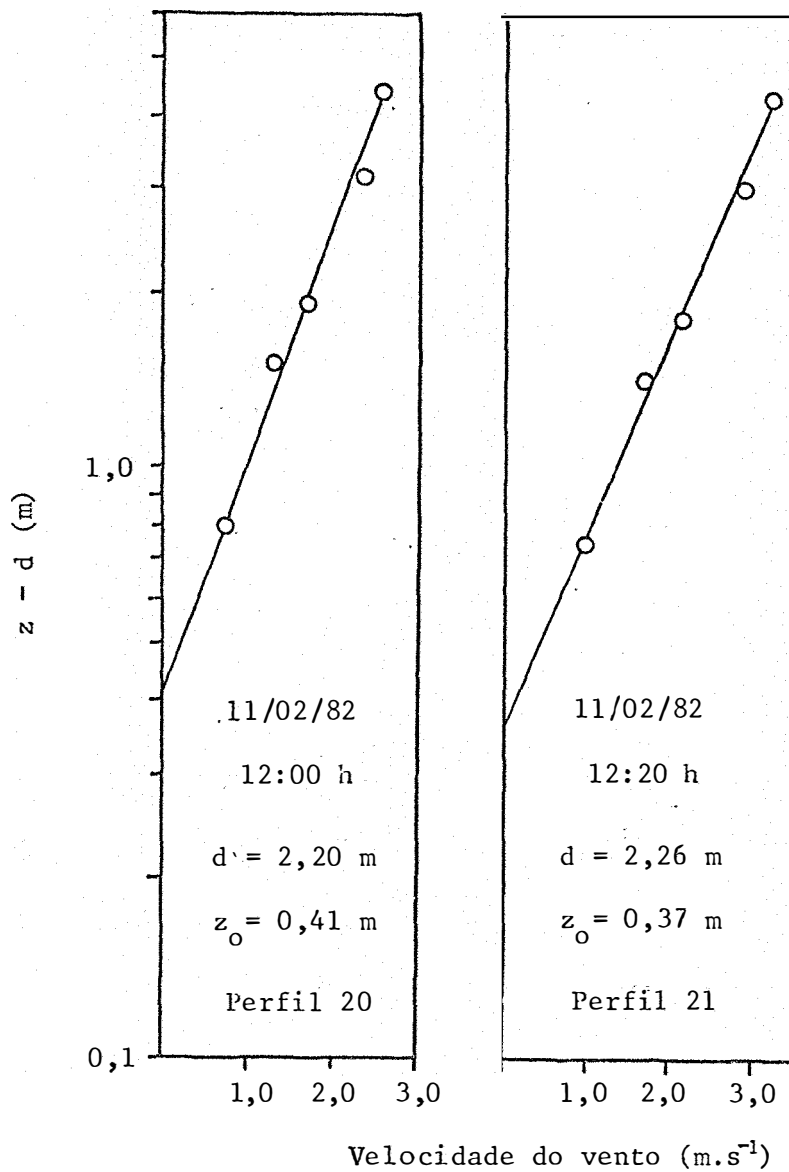


FIGURA 45 - Representação gráfica de $\ln(z-d)$ versus velocidade do vento (u). Campinas, 11/02/82 (Perfis 20 e 21).

TABELA 47 - Valores de d , z_o , d/h e z_o/h para vários perfis de velocidade do vento próximos à neutralidade. Cultura de milho. Campinas, 09 e 11/02/82.

$h = 2,80$ m.

Perfil (nº)	d (m)	z_o (m)	$\frac{d}{h}$	$\frac{z_o}{h}$
01	2,23	0,49	0,80	0,18
08	1,74	0,78	0,62	0,28
09	1,85	0,66	0,66	0,24
15	1,78	0,90	0,64	0,32
16	2,14	0,45	0,76	0,16
17	2,20	0,40	0,79	0,14
18	2,14	0,54	0,76	0,19
19	2,14	0,50	0,76	0,18
20	2,20	0,41	0,79	0,15
21	2,26	0,37	0,81	0,13
MÉDIAS	2,07	0,55	0,74	0,20

tanto para d/h ($r = +0,70^*$) como para z_0/h ($r = -0,75^*$), foi encontrada quando se utilizou a velocidade do vento a 1,30 m acima da cultura (4,10 m acima da superfície do solo).

Através das Figuras 46, 47 e 48, observa-se a tendência, estatisticamente significativa, de d/h aumentar e de z_0/h diminuir com o aumento da velocidade do vento, em um intervalo de 0,2 a 3,50 $m.s^{-1}$, e para h igual a 2,80 m. Estes resultados discordam daqueles obtidos, em milho, por MUNRO e OKE (1973) que não encontraram tendências estatisticamente significativas de z_0 e d decrescerem com o aumento da velocidade do vento, no intervalo de 2,5 a 6,0 $m.s^{-1}$. Discordam também de SZEICS *et alii* (1973)

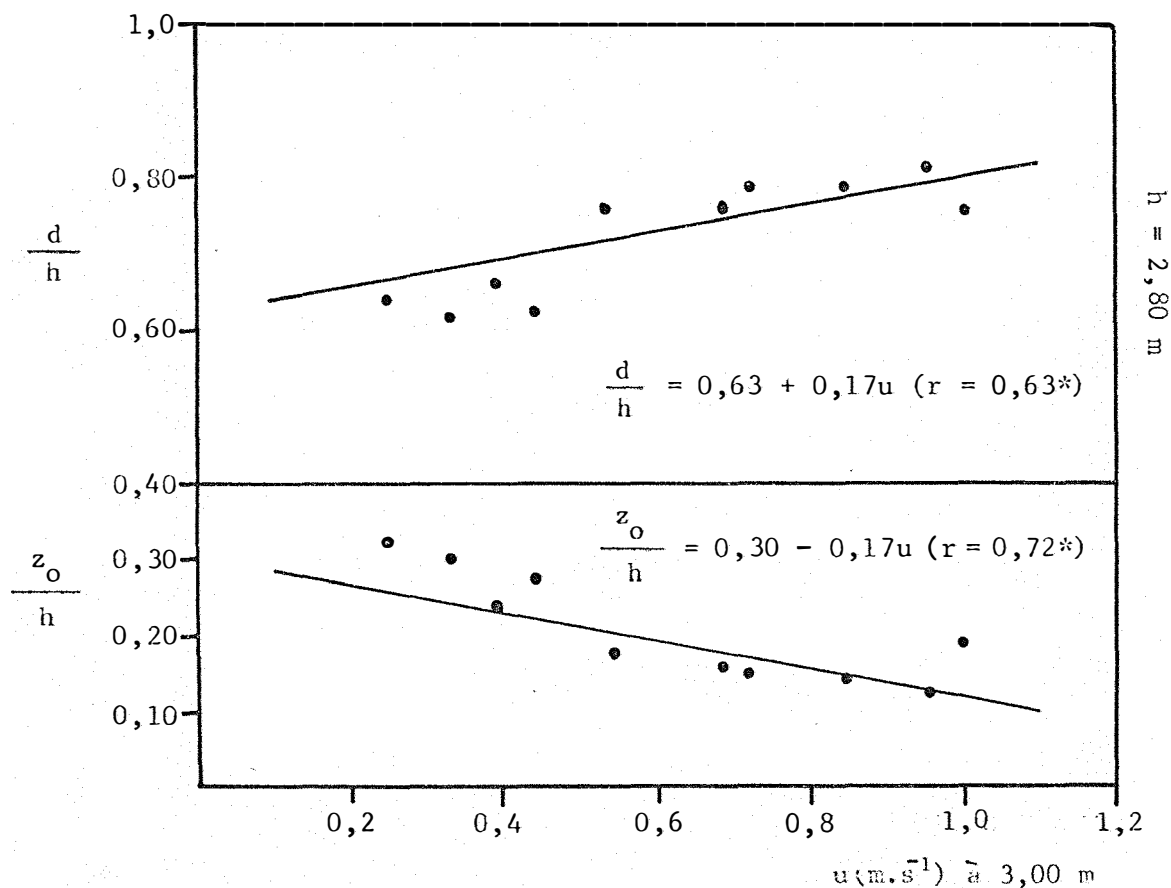


FIGURA 46 - Relação entre as razões d/h e z_0/h com a velocidade do vento (u) medida a 3,00 m da superfície do solo.

que encontraram, em sorgo, acréscimo de z_0 e decréscimo de d com o aumento da velocidade do vento.

O acréscimo de d com o aumento da velocidade do vento no intervalo de 0,2 a 3,5 m.s^{-1} , conforme obtido neste trabalho, sugere que, quanto maior a velocidade do vento, mais próximo ao topo da cultura ocorre a absorção do fluxo de momentum. O decréscimo de z_0 sugere que em ventos, relativamente fortes, as folhas e os pendões se alinham e a superfície da cultura torna-se aerodinamicamente lisa. Entretanto, para MONTEITH (1963) e SZEICS (1973) no sorgo, e provavelmente no milho, em ventos fracos ou moderados, a superfície da cultura permanece relativamente lisa

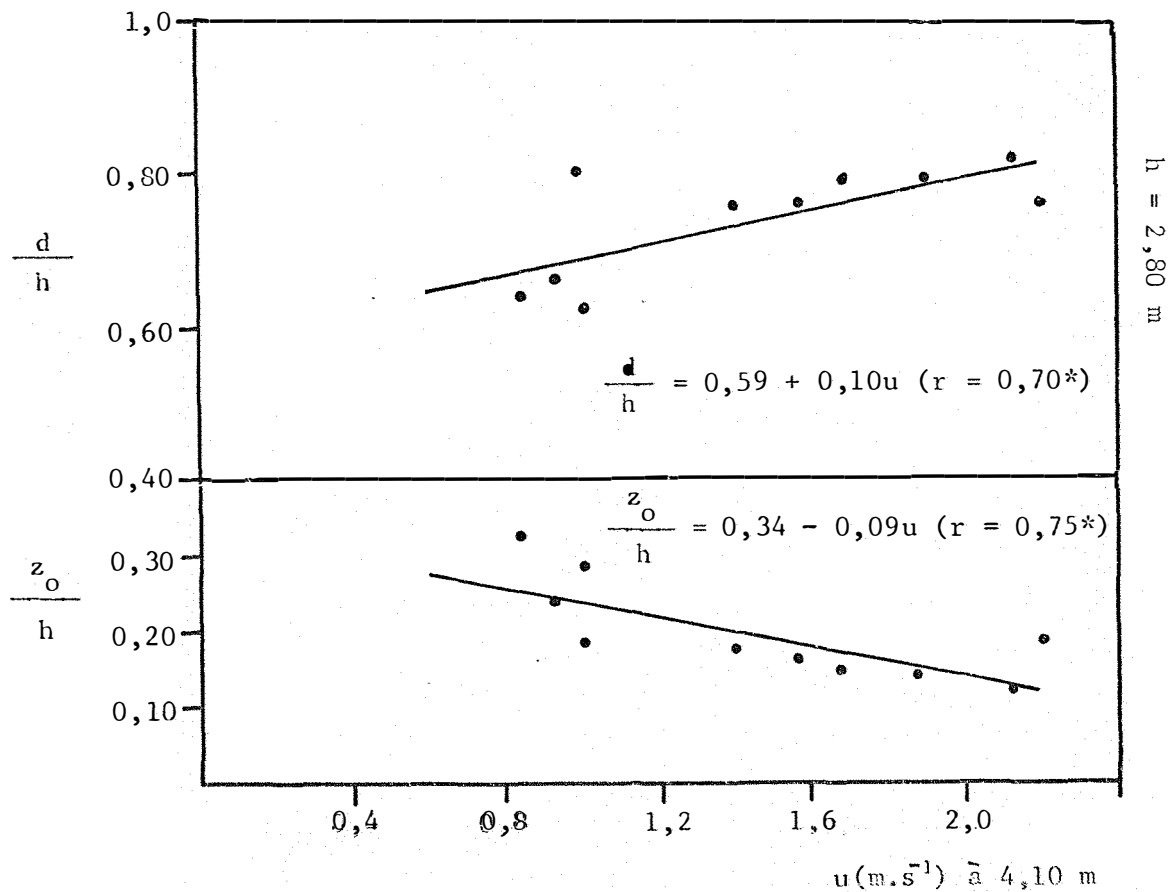


FIGURA 47 - Relação entre as razões d/h e z_0/h com a velocidade do vento (u) medida a 4,10 m da superfície do solo.

(z_0 é pequeno), mas quando a velocidade do vento aumenta não ocorre alinhamento das folhas, estas se agitam, tornando a superfície rugosa.

De acordo com MONTEITH (1975), são conflitantes os resultados de diversos trabalhos que procuram determinar a variação de z_0 e d com a velocidade do vento, quando eles são determinados através de perfis de vento, medidos sobre uma cultura de altura uniforme. Sobre algumas superfícies z_0 decresce com o aumento da velocidade do vento e d é aproximadamente constante, porém sobre outras superfícies z_0 aumenta com a velocidade do vento e d decresce.

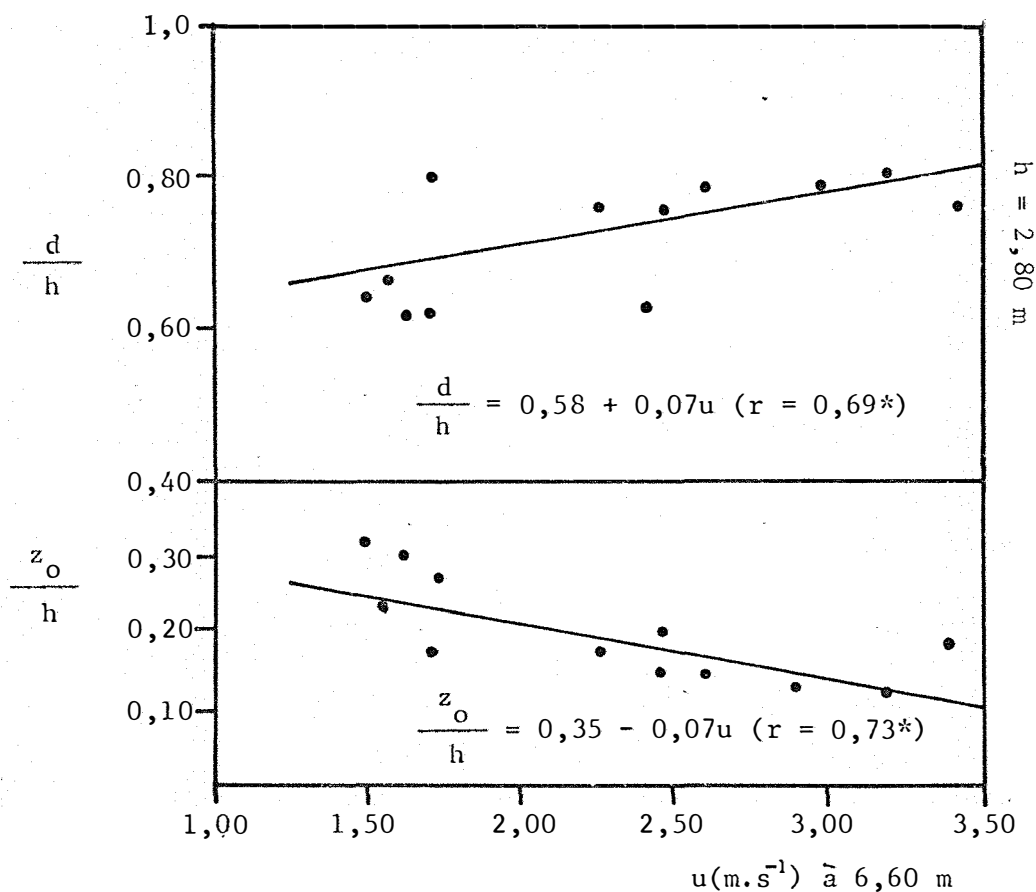


FIGURA 48 - Relação entre as razões d/h e z_0/h com a velocidade do vento (u) medida a 6,60 m da superfície do solo.

A variação de z_0 com a velocidade do vento, observada neste trabalho, pode ser uma consequência do movimento das folhas e dos pendões tornando a superfície mais aerodinâmica (menos rugosa) ou, ainda, devido ao decréscimo do coeficiente de arrasto (MONTEITH, 1975).

Os valores da velocidade do vento (u_z) a 4,10 m da superfície do solo, da velocidade de fricção (u_*) e da resistência aerodinâmica (r_{am}), utilizados para a determinação da resistência aerodinâmica ao fluxo de vapor d'água (r_a), encontram-se na Tabela 48.

A r_a variou de 0,15 a 0,24 $s.cm^{-1}$, com um valor médio de 0,19 $s.cm^{-1}$. Os valores encontrados são inferiores a 0,3 e 0,5 $s.cm^{-1}$, obtidos por BLACK *et alii* (1970) em feijão, e estão próximos do limite inferior do intervalo 0,2 a 0,5 $s.cm^{-1}$, relatado por MONTEITH (1965) como sendo a r_a da maioria das culturas. WANG'ATI (1972) em milho na fase de pendoamento e em condições próximas à neutralidade encontrou r_a em torno de 0,15 $s.cm^{-1}$, valor próximo ao encontrado no presente trabalho.

A variabilidade da r_a se prende ao fato de que ela é bastante dependente de z_0 (SZEICS *et alii*, 1973; BAILEY e DAVIES, 1981), sendo, dessa maneira, uma quantidade conservativa com as mudanças na velocidade do vento, ajudando a manter um equilíbrio dinâmico de transferência de vapor d'água sobre a superfície.

Quando o parâmetro de rugosidade (z_0) da superfície é constante a r_a é inversamente proporcional a velocidade do vento (MONTEITH, 1965 a). A velocidade do vento reduz bastante a resistência do ar ao fluxo de vapor d'água (MONTEITH, 1964; ROSENBERG, 1974) e aumenta a força de arrasto responsável pela transferência de massa e de energia da folha pa

TABELA 48 - Valores da velocidade de fricção (u^*), resistência aerodinâmica ao fluxo de momentum (r_{a_m}) e resistência aerodinâmica ao fluxo de vapor d'água (r_a).

Perfil (nº)	u^* (cm.s ⁻¹)	r_{a_m} (s.cm ⁻¹)	r_a (s.cm ⁻¹)	$u(z)$ (cm.s ⁻¹)
01	31,5	0,10	0,24	103,0
08	38,1	0,07	0,19	103,0
09	31,1	0,10	0,24	93,0
15	35,9	0,06	0,18	83,0
16	61,3	0,06	0,15	220,0
17	49,5	0,08	0,18	188,0
18	44,5	0,07	0,18	140,0
19	47,1	0,07	0,17	157,0
20	44,9	0,08	0,19	168,0
21	54,2	0,07	0,16	212,0
MÉDIAS	43,8	0,08	0,19	146,7

Comparando-se os dados de r_a e r_{a_m} (Tabela 48), nota-se que r_a , no máximo, foi três vezes maior do que r_{a_m} (Perfil 15), e nunca r_a foi menor que o dobro da r_{a_m} . Isto mostra que os efeitos das forças de ar rasto não podem ser ignorados na determinação de r_a , procedimento que tem sido adotado por vários autores (DAVIES, 1972; BERKOWICS e PRAHM, 1982).

Considerando-se que é pequeno o valor da resistência aerodinâmica à difusão do vapor d'água, em relação às outras resistências, e considerando, ainda, que é trabalhosa a sua determinação, ela, de fato, pode ser desprezada nos modelos que utilizam resistências para a estimativa da evapotranspiração do milho, conforme sugeriram BAILEY e DAVIES (1981).

Por outro lado, os valores de resistência aerodinâmica à difusão de vapor obtidos (0,15 a 0,24 s.cm⁻¹), mostram, sobretudo, que é coerente o valor de 0,15 s.cm⁻¹ da r_a assumido pelo porômetro na equação (23) de determinação da resistência estomática.

5. CONCLUSÕES

Em função dos estudos realizados e dos resultados alcançados, obteve-se as conclusões a seguir.

Em relação às variedades IAC-Maya e IAC-Maya Latente, o híbrido Cargill-601 apresentou menor ciclo, menor número de folhas, menor produtividade biológica e maior índice de colheita. A taxa de crescimento da cultura foi pequena no início do desenvolvimento vegetativo, alcançando valores máximos cerca de 80 dias após a emergência, para em seguida declinarem.

A razão entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração de referência para o cultivar IAC-Maya foi de 1,11, em ambos os anos agrícolas; para o cultivar IAC-Maya Latente foi 0,90, no primeiro ano, e 1,10, no segundo ano, e para o Cargill-601 foi de 1,14 e 1,22, para o primeiro e segundo ano agrícola, respectivamente. No segundo ano, onde não ocorreu déficit de água, a relação entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração de referência, nos três cultivares, variou de 0,50 na emergência das plantas, à 1,80, cerca de 80 dias após a emergência.

Não houve diferença entre os cultivares quanto à eficiência no uso da água para a produção de matéria seca de folhas, colmos, espigas e total. O valor médio da eficiência no uso da água para a produção máxima de matéria seca total, obtida através de funções logísticas, foi de $3,25 \text{ g.m}^{-2}.\text{mm}^{-1}$ para o cultivar IAC-Maya, $3,48 \text{ g.m}^{-2}.\text{mm}^{-1}$ para o IAC-Maya Latente e de $3,14 \text{ g.m}^{-2}.\text{mm}^{-1}$ para o Cargill-601.

O híbrido Cargill-601 e a variedade IAC-Maya foram os mais produtivos. O menor consumo médio de água foi observado no cultivar Cargill-601 e o maior no cultivar IAC-Maya. Os cultivares Cargill-601 e IAC-Maya apresentaram, respectivamente, a maior e a menor eficiência no uso da água para a produção de grãos (13% de umidade). O valor médio, entre os dois anos agrícolas, foi de $1,34 \text{ g.m}^{-2}.\text{mm}^{-1}$ para o cultivar Cargill-601, de $1,20 \text{ g.m}^{-2}.\text{mm}^{-1}$ para o IAC-Maya Latente e de $1,15 \text{ g.m}^{-2}.\text{mm}^{-1}$ para o IAC-Maya.

Em condições de baixa umidade no solo (potencial matricial de $-0,2 \text{ MPa}$ e $-0,4 \text{ MPa}$), observou-se a maior sensibilidade para o fechamento dos estômatos do cultivar IAC-Maya Latente, nos horários de alta demanda evaporativa da atmosfera.

Em condições de alta umidade no solo (potencial matricial de $-0,02 \text{ MPa}$), a resistência estomática total do cultivar IAC-Maya Latente não diferiu do Cargill-601. Os valores observados no início da manhã foram significativamente superiores aos observados no decorrer do dia. Em ambos os cultivares, a resistência estomática adaxial foi, ao longo do dia, superior à resistência estomática abaxial. Independentemente do cultivar, as resistências estomáticas adaxial, abaxial e total decresceram desde o início da manhã, após a evaporação do orvalho que estava sobre a fo

lha, até alcançarem valores mínimos no meio do dia, para então aumentarem durante a tarde.

A relação entre a resistência estomática (adaxial, abaxial e total) e a densidade de fluxo de fótons de radiação fotossinteticamente ativa, incidente sobre a superfície adaxial da folha, foi hiperbólica, para um intervalo de 100 a 2500 $\mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$. Em irradiância pequena (100 $\mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$) a resistência estomática adaxial chegou a ser até duas vezes maior do que a abaxial. Em irradiância média (1200 $\mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$) essa diferença não chegou a ser uma vez e meia, enquanto que para alta irradiância (2500 $\mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$) não houve diferença significativa entre a resistência estomática adaxial e a abaxial. Desde que o tamanho e a frequência dos estômatos da superfície abaxial da folha não são uma vez e meia maiores do que aqueles da superfície adaxial concluí-se que os estômatos da superfície abaxial têm maior abertura em baixa densidade de fluxo de fótons do que os estômatos da superfície adaxial.

Em irradiância superior a 700 $\mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$ foi linear a relação entre a resistência estomática total e o déficit de pressão de vapor d'água do ar, no intervalo de 0,2 a 1,4 kPa. Aumento do déficit de pressão resultou em decréscimo da resistência estomática total.

Na fase do pendoamento, e a cultura com altura média de 2,80 m, a razão entre o deslocamento do plano zero (d) e a altura da cultura (h) variou de 0,62 a 0,81, e a razão entre o parâmetro de rugosidade (z_0) e a altura da cultura variou de 0,13 a 0,32. Os valores médios foram 0,74 e 0,20, respectivamente. Houve dependência de d e z_0 com a velocidade do vento. A melhor correlação foi encontrada quando se utilizou a velocidade do vento a 1,30 m acima da cultura. Observou-se a tendência de d/h au

mentar e de z_0/h diminuir com a velocidade do vento. A resistência aerodinâmica à difusão do vapor d'água variou, durante o dia, de 0,15 a 0,24 $s.cm^{-1}$, com um valor médio de 0,19 $s.cm^{-1}$.

6. LITERATURA CITADA

- ACEVEDO, E.; T.C. HSIAO e D.W. HENDERSON, 1971. Immediate and subsequent growth responses of maize leaves to changes in water status. *Plant Physiology*, 48:631-6.
- ADELANA, B.O. e G.M. MILBOURN, 1972. The growth of maize. II. Dry matter partition in three maize hybrids. *J. Agric. Sci.*, 78:73-8.
- AGGARWAL, P.K. e S.K. SINHA, 1983. Water stress and water use efficiency in field grown wheat: a comparison of its efficiency with that of C₄ plants. *Agricultural Meteorology*, 29:159-67.
- ALLEN, J.R.; J.R. McKEE e J.H. MCGAHEN, 1973. Leaf number and maturity in hybrid corn. *Agronomy Journal*, 65:233-5.
- ANDERSON, J.C. e P.N. CHOW, 1963. Phenotypes and grain yield associated with brachytic - 2 gene in single - cross hybrids of dent corn. *Crop Science*, 3:111-3.
- ANDRÉ, R.G.B., 1981. Um estudo dos transportes verticais de momentum, calor sensível a vapor d'água sobre superfície vegetada nos trópicos. São José dos Campos. INPE/CNPq. 112 p. (Tese de Doutorado).

- ARAUJO, S.M.C., 1984. Avaliações do desenvolvimento, teores de redutase de nitrato, DNA e RNA e análises das células estomáticas em plantas de milho. Jaboticabal, FCAV/UNESP, 304 p. (Tese de Livre Docência).
- ASTON, M.J. e D.W. LAWLOR, 1979. The relationship between transpiration, root water uptake, and leaf water potential. *Journal of Experimental Botany*, 30:169-81.
- AZEVEDO, P.V. e S.B. VERMA, 1985. Propriedades aerodinâmicas de culturas de sorgo. In: Resumos do 4º Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Londrina, p. 72-7.
- BAILEY, W.G. e J.A. DAVIES, 1981. The effect of uncertainty in aerodynamic resistance on evaporation estimates from the combination models. *Boundary-Layer Meteorology*, 20:187-99.
- BEADLE, C.L.; K.R. STEVENSON; H.H. NEUMANN; G.W. THURTELL e K.M. KING, 1973. Diffusive resistance, transpiration, and photosynthesis in single leaves of corn and sorghum in relation to leaf water potential. *Can. J. Plant Sci.*, 53:537-44.
- BEARDSELL, M.F.; P.G. JARVIS e B. DAVIDSON, 1972. A null-balance diffusion porometer suitable for use with leaves of many shapes. *J. Appl. Ecol.*, 9:677-90.
- BEGG, J.E. e N.C. TURNER, 1976. Crop water deficits. *Advances in Agronomy*, 28:161-217.
- BERKOWICS, R. e L.P. PRAHM, 1982. Sensible heat flux estimated from routine meteorological data by the resistance method. *Journal of Applied Meteorology*, 21: 1845-64.
- BISCOE, P.V., Y. COHEN e J.S. WALLAGE, 1976. Daily and seasonal changes of water potential in cereals. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, B. 273:565-80.

- BLACK, C.C.; G.E. EDWARDS; R. KANAI e H.H. MOLLENHAUER, 1971. Photosynthetic assimilation of carbon in certain higher plants. *In: IInd. International Congress of Photosynthesis*. Stresa, p. 1745-57.
- BLACK, T.A.; W.R. GARDNER e C.B. TANNER, 1970. Water storage and drainage under a row crop on a sandy soil. *Agronomy Journal*, 62:48-51
- BLIZZARD, W.E. e J.S. BOYER, 1980. Comparative resistance of the soil and the plant to water transport. *Plant Physiol.*, 66:809-14.
- BOYER, J.S. e H.G. McPHERSON, 1975. Physiology of water deficits in cereal crops. *Advances in Agronomy*, 27:1-23.
- BRASIL, 1967. *Regras para Análises de Sementes*. Ministério da Agricultura. Escritório de Produção Vegetal. 199 p.
- BROWN, D.M., 1975. Heats units for corn in Southern Ontario. Ontario. Ministry of Agriculture and Food Fact Sheet. 4 p.
- BRUNINI, O., 1975. Relações solo-água-planta em cultura de arroz em condições de sequeiro. Piracicaba, ESALQ/USP, 128 p. (Dissertação de Mestrado).
- BRUNINI, O.; F. GROHMAN e J.M. DOS SANTOS, 1981. Balanço hídrico em condições de campo para dois cultivares de arroz sob duas densidades de plantio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 5:1-6.
- BRUNINI, O. e G.W. THURTELL, 1981. Medidas simultâneas do potencial da água no solo e em folhas e raízes de plantas de milho (*Zea mays* L.). *Turrialba*, 31:299-304.
- BRUTSAERT, W., 1982. *Evaporation into the atmosphere*. Holanda, D. Reidel Publishing Co. 299 p.
- CAMARGO, A.P., 1966. Viabilidade e limitações climáticas para a cultura do milho no Brasil. *In: Cultura e Adubação do Milho*. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potassa, p. 225-45.

- CAMPBELL, G.S., 1977. *An Introduction to Environmental Biophysics*. Nova Torque, Springer-Verlag. 159 p.
- CHANG, J.H., 1981. Corn yield in relation to photoperiod, night temperature and solar radiation. *Agricultural Meteorology*, 24:253-62.
- CHEN, C.Y. e H.S. CHANG, 1972. Studies on the relationship between several physiological functions of plant and the D.P.D. of leaves and the soil moisture stress. *Journal of the Agricultural Association of China*, 80:40-1.
- CHOUDHURY, B., 1983. Simulating the effects of weather variables and soil water potential on a corn canopy temperature. *Agricultural Meteorology*, 29:162-82.
- COLIGADO, M.C. e D.M. BROWN, 1975. Response of corn (*Zea mays* L.) in pre-tassel initiation period to temperature and photoperiod. *Agricultural Meteorology*, 14:357-67.
- DALE, R.F. e R.H. SHAW, 1965. The climatology of soil moisture, atmospheric evaporative demand, and resulting moisture stress days for corn at Ames, Iowa. *Journal of Applied Meteorology*, 4:661-9.
- DAMPTEY, H.B. e D. ASPINALL, 1976. Water deficit and inflorescence development in *Zea mays* L. *Annals of Botany*, 40:23-35.
- DANE, J.H., 1980. Comparison of field and laboratory determined hydraulic conductivity values. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44:228-31.
- DAUDET, F.A. e C. VALANCOGNE, 1976. Mesure des flux profonds de drainage on de remontées capillaires leur importance dans le bilan hydrique. *Ann. Agror.*, 27:183-205.
- DAVIES, J.A., 1972. Actual, potential and equilibrium evaporation for a beanfield in Southern Ontario. *Agricultural Meteorology*, 10:331-348.

- DEACON, E.L., 1949. Vertical diffusion in the lowest layers of the atmosphere. *Quart. J. R. Meteor. Soc.*, 75:89-92.
- DENMEAD, O.T. e R.H. SHAW, 1959. Evapotranspiration in relation to the development of the corn crop. *Agronomy Journal*, 51:725-6.
- DENMEAD, O.T. e R.H. SHAW, 1962. Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. *Agronomy Journal*, 54:385-90.
- DONALD, C.M. e J. HAMBUN, 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Advances in Agronomy*, 28:361-405.
- DOORENBOS, J. e A.H. KASSAM, 1979. *Yield response to water*. Irrigation and Drainage Paper 33. Roma, FAO. 193 p.
- DOORENBOS, J. e W.O. PRUITT, 1975. *Crop water requirements*. Irrigation and Drainage Paper 24. Roma, FAO. 180 p.
- DOWNES, R.H., 1970. Differences between tropical and temperate grasses in rates of photosynthesis and transpiration. In: 11^o International Grassland Congress. Quesland, Proceedings, p. 527-30.
- DOWNEY, L.A., 1971. Water use by maize at three plant densities. *Expl. Agric.*, 7:161-9.
- DUBÉ, P.A.; K.R. STEVENSON e G.W. THURTELL, 1974. Comparison between two inbred corn lines for diffusive resistances, photosynthesis and transpiration as a function of leaf water potential. *Can. J. Plant Sci.*, 54:765-70.
- DUBÉ, P.A.; K.R. STEVENSON; G.W. THURTELL e H.H. NEWMANN, 1975. Steady state resistance to water flow in corn under well watered conditions. *Can. J. Plant Sci.*, 55:941-8.

- DUNCAN, W.G. e J.D. HESKETH, 1968. Net photosynthetic rates, relative leaf growth rates, and leaf numbers of 22 races of maize grown at eight temperatures. *Crop Science*, 8:670-4.
- ESAU, K., 1972. *Anatomia das Plantas com Sementes*. São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo. 293 p.
- ESPINOZA, W., 1980. Extração de água pelo milho em Latossolo da região dos cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 15:69-78.
- EVANS, L.T., 1975. The physiological basis of crop yield. In: L. T. Evans. *Crop Physiology*. Londres, Cambridge University Press, p. 327-55.
- FISHER, R.A., 1971. Role of potassium in stomatal opening in the leaf of *Vicia faba*. *Plant Physiol.*, 47:555-8.
- FORDE, B.J.; K.J. MITCHELL e E.A. EDGE, 1977. Effect of temperature, vapor pressure deficit and irradiance on transpiration rates of maize, paspalum, westewolds and perennial ryegrass, peas, white clover and lucerne. *Australian Journal of Plant Physiology*, 4:12-23.
- FREY, N.M., 1981. Dry matter accumulation in kernels of maize. *Crop Science*, 21:118-22.
- FRITSCHEN, L.S. e R.H. SHAW, 1961. Evapotranspiration for corn as related to pan evaporation. *Agronomy Journal*, 53:149-50.
- GARDNER, B.R. e B.L. BLAD, 1980. Relationship between leaf temperature and net radiation. In: *Remotely sensed crop temperature for water resources management*. Agricultural Meteorology Progress Report 80-5, Nebraska. p. A6.
- GARDNER, W.R., 1960. Dynamic aspects of water availability to plants, *Soil Science*, 89:63-73.

- GARDNER, W.R., 1965. Water content. *In: Methods of Soil Analysis*. Amer. Soc. Agron. Monograph 9, p. 87-127.
- GARDNER, W.R. e C.F. EHLIG, 1962. Impedance to water movement in soil and plant. *Science*, 138:522-3.
- GASKELL, M.L. e R.B. PEARCE, 1983. Stomatal frequency and stomatal resistance of maize hybrids differing in photosynthetic capacity. *Crop Science*, 23:176-7.
- GATES, D.M., 1968. Transpiration and leaf temperature. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 19:211-38.
- HANWAY, J.J., 1962. Corn growth and composition in ratio to soil fertility, I. Growth of different plant parts and relation between leaf weight and grain yield. *Agronomy Journal*, 54:145-8.
- HANWAY, J.J. e W.A. RUSSEL, 1969. Dry matter accumulation in corn (*Zea mays* L.) plant: comparisons among single hybrids. *Agronomy Journal*, 61:947-51.
- HATCH, M.D. e C.R. SLACK, 1970. Photosynthetic CO₂ fixation pathways. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 21:149-54.
- HAYNES, J.L., 1948. The effect of availability of soil moisture upon vegetative growth and water use in corn. *J. Am. Soc. Agron.*, 40:385-95.
- HEICHEL, G.H. e R.B. MUSGRAVE, 1969. Varietal differences in net photosynthesis of *Zea mays* L. *Crop Science*, 9:483-6.
- HERRERO, M.P. e R.R. JOHNSON, 1980. High temperature stress and pollen viability of maize. *Crop Science*, 20:796-800.
- HESKETH, J.D.; S.S. CHASE e D.K. NANDA, 1969. Environmental and genetics modification of leaf number in maize, sorghum and hungarian millet. *Crop Science*, 9:460-3.

- HILLEL, D., 1971. *Soil and Water. Physical Principles and Processes*. Nova Iorque, Academic Press. 288 p.
- HILLEL, D., 1980. *Fundamentals of Soil Physics*. Nova Iorque, Academic Press. 413 p.
- HÖGSTRÖM, U., 1985. Von Karman's constant in atmospheric Boundary-Layer Flow: Reevaluated. *Journal of Atmospheric Sciences*, 42:263-70.
- HSIAO, T.C. e E. ACEVEDO, 1974. Plant responses to water deficits, water-use efficiency and drought resistance. *Agricultural Meteorology*, 14:59-84.
- HUNTER, R.B., 1980. Increase leaf area (source) and yield of maize in short-season areas. *Crop Science*, 20:571-3.
- HUNTER, R.B.; L.A. HUNT e L.W. KANNEWBERG, 1974. Photoperiod and temperature effects on corn. *Can. J. Plant Sci.*, 54:71-8.
- IDE, B.Y., 1978. Comportamento dos fluxos de momentum, calor sensível e vapor d'água, em uma cultura de milho (*Zea mays* L.) variedade "Piranão". Piracicaba, ESALQ/USP (Dissertação de Mestrado).
- IDSO, S.B.; D.G. BAKER e D.M. GATES, 1966. The energy environment of plants. *Advances in Agronomy*, 18:171-218.
- JACKSON, W.A. e R.J. VOLK, 1970. Photorespiration. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 21:385-432.
- JARVIS, P.G., 1976. The interpretation of the variations in leaf water potential and stomatal conductance found in canopies in the field. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, B. 273:593-610.
- JENSEN, M.E., 1967. Evaluating irrigation efficiency. *Journal of the Irrigation and Drainage*, 95:83-98.

- JUNG, P.K. e H.D. SCOTT, 1980. Leaf water potential stomatal resistance and temperature relations in field-grown soybeans. *Agronomy Journal*, 27:986-7.
- KANEMASU, E.T. e C.B. TANNER, 1969. Stomatal diffusion resistance of snap beans. I. Influence of leaf water potential. *Plant Physiol.* 44: 1547-52.
- KAUFMANN, I. e E.H. ANTHONY, 1974. Plant water balance. Its relationship to atmosphere and edaphic conditions. *Agricultural Meteorology*, 14:85-98.
- KOLLER, O.L., 1972. Maturação fisiológica e variação de matéria seca e umidade durante o período de formação de grãos em seis cultivares de milho. Porto Alegre, UFRGS, 137 p. (Dissertação de Mestrado).
- KONDO, J., 1971. Relationship between the roughness coefficient and other aerodynamic parameters. *J. Meteor. Soc. Japan*, 49:121-4.
- KOWAL, J.M. e A.H. KASSAM, 1973. Water use, energy balance and growth of maize at Samaru Northern Nigeria. *Agricultural Meteorology*, 12:391-406.
- LEMEUR, R. e B.L. BLAD, 1974. A critical review of light models for estimating the shortwave radiation regime of plant canopies. *Agricultural Meteorology*, 14:255-86.
- LOMAS, J.; E. SCHLESINGER e J. LEWIN, 1974. Effects of environmental and crop factors on the evapotranspiration rate and water use efficiency of maize. *Agricultural Meteorology*, 13:239-51.
- LOPES, O. e N.F. LOPES, 1977. Análise de crescimento e conversão da energia solar em dois híbridos de milho (*Zea mays* L.). *Revista Ceres*, 24: 289-96.

- MAKI, T., 1969. On zero-plane displacement and roughness length in the wind velocity profile equation over a corn canopy. *J. Agric. Meteorol.*, 25:13-8.
- MALAVOLTA, E. e H. GARGANTINI, 1966. Nutrição mineral e adubação. In: *Cultura e Adubação do Milho*. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potassa, p. 383-5.
- MATZENAUER, R.; S.L. WESTPHALEN e H. BERGAMASCHI, 1983. Relações entre a evapotranspiração do milho e as fórmulas de Penman e Thornthwaite. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 18:1207-14.
- McCAULEY, G.N.; J.F. STONE e E.W. CHIN CHOY, 1978. Evapotranspiration reduction by field geometry effects in peanuts and grain sorghum. *Agricultural Meteorology*, 19:295-304.
- McCREE, K.J., 1972. Test of current definitions of photosynthetically active radiation against leaf photosynthesis data. *Agricultural Meteorology*, 10:443-53.
- McGUINNESS, J.L. e E.F. BORDNE, 1970. *A comparison of lysimeter-derived potential evapotranspiration with computed values*. U.S. Dept. of Agriculture. Technical Bulletin 1452, 39 p.
- McKEE, G.W., 1964. A coefficient for computing leaf area in hybrid corn. *Agronomy Journal*, 56:240-1.
- MEIDNER, H. e T.A. MANSFIELD, 1968. *Physiology of stomata*. Londres, McGraw-Hill, 220 p.
- MEYER, W.S. e J.T. RITCHIE, 1980. Resistance to water flow in the sorghum plant. *Plant Physiol.*, 65:33-9.
- MIRANDA, L.T.; L.E.C. MIRANDA e E. SAWASAKI, 1984. *Genética ecológica e melhoramento do milho*. Fundação Cargill, 30 p.

- MOLZ, F.J., 1975. Potential distributions in the soil-root system. *Agro-nomy Journal*, 67:726-9.
- MONTEITH, J.L., 1963. Gas exchange in plant communities. *In*: L.T. EVANS. *Environmental control of plant growth*. Nova Iorque, Academic Press, p. 95-112.
- MONTEITH, J.L., 1965 a. Evaporation and environment. *In*: FOGG, G.T. *The state and movement of water in living organisms*. Nova Iorque, Academic Press, p. 205-34.
- MONTEITH, J.L., 1965 b. Light distribution and photosynthesis in field crops. *Annals of Botany*, 29:17-37.
- MONTEITH, J.L., 1975. *Principles of environmental physics*. Londres, Edward Arnold Ltd. 241 p.
- MONTEITH, J.L., 1984. Consistency and convenience in the choice of units for agricultural science. *Expl. Agric.*, 20:105-17.
- MOORE, C.J.; H.A.R. BRUIN e L.C. B. MOLION, 1983. On estimation of zero-plane displacement for tall vegetation. INPE, Publicação nº 2946 PRE/430. 26 p.
- MTUI, T.A.; E.T. KANEMASU e C. WASSON, 1981. Canopy temperatures, water use, and water use efficiency of corn genotypes. *Agronomy Journal*, 73: 639-43.
- MUNRO, D.S. e T.R. OKE, 1973. Estimating wind profiles parameters of tall dense crops. *Agricultural Meteorology*, 11:223-8.
- MUSICK, J.T. e D.A. DUSEK, 1980. Irrigated corn yield response to water. *Transactions of the ASAE*, 23:92-8.
- NEAL, N. P., 1968. Maturity rating systems for corn hybrids. *In*: 23^o International Grassland Congress. Queensland, Proceedings, p. 43-53.

- NEILD, R.E. e N.H. RICHMAN, 1981. Agroclimatic normals for maize. *Agricultural Meteorology*, 24:83-95.
- NEUMANN, H.H.; G.W. THURTELL e K.R. STEVENSON, 1974. In situ measurements of leaf water potential and resistance of water flow in corn, soybean and sunflower at several transpiration rates. *Can. J. Plant Sci.*, 54: 175-84.
- NIELSEN, D.R.; J.W. BIGGAR e K.T. ERH, 1973. Spatial variability of field measured soil-water properties. *Hilgardia*, 42:215-60.
- NWA, E.U., 1979. Frequency and amount of irrigation for maize in western Nigeria. *Agricultural Water Management*, 2:233-9.
- O'TOOLE, J.C. e R.T. CRUZ, 1980. Response of leaf water potential, stomatal resistance, and leaf rolling to water stress. *Plant Physiol.*, 65: 428-32.
- PENDLETON, J.W., 1968. Light relationships and corn plants geometry. In: 23^o International Grassland Congress. Quesland, Proceedings, p. 90-5.
- PRUITT, W.O.; D.L. MORGAN e F.J. LOURENCE, 1973. Momentum and mass transfers in the surface boundary-layer. *Quart. J. R. Meteor. Soc.*, 99:370-86.
- PRUITT, W.O.; F.J. LOURENCE e S. VON OETTINGEN, 1972. Water use by crops as affected by climate and plant factors. *California Agriculture*, 26: 10-4.
- PUECH, J. e M. HERNANDEZ, 1973. Évapotranspiration comparée de différents cultures et étude de quelques facteurs influençant les rythmes de consommation. *Ann. Agron.*, 24:437-55.
- RADFORD, P.J., 1967. Growth analysis formulae - their use and abuse. *Crop Science*, 7: 171-5.
- RASCHKE, K., 1975. Stomatal action. *Ann. Rev. Plant. Physiol.*, 26:309-40.

- REICHARDT, K., 1975. *Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera*. Piracicaba, Fundação Cargill e CENA/ESALQ. 286 p.
- REICHARDT, K. e LIBARDI, P.L., 1973. A new equation for the estimation of soil-water diffusivity. *In: Symposium on Isotopes and Radiation Techniques in Soil Physics and Irrigation Studies - IAEA, Viena*, p. 45-51.
- REICHARDT, K.; P.L. LIBARDI e J.M. DOS SANTOS, 1974. *An analysis of soil-water movement in the field. II. Water balance in snap bean crop*. Piracicaba, CENA/ESALQ. Boletim Científico, BC-022, 19 p.
- REICHARDT, K.; P.L. LIBARDI; L.C.V. SAUNDERS e A. CADIMAZ, 1979. Dinâmica da água em solo cultivado com milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 3:1-5.
- REICOSKY, D.C. e J.T. RITCHIE, 1976. Relative importance of soil resistance and plant resistance in water absorption. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 40:293-7.
- RITCHIE, J.T., 1973. Influence of soil water status and meteorological conditions on evaporation from a corn canopy. *Agronomy Journal*, 65:893-7.
- ROBINS, J.S. e C.E. DOMINGO, 1953. Some effects of severe soil moisture deficits at specific growth stage in corn. *Agronomy Journal*, 45:612-21.
- ROGERS, C.A.; R.D. POWELL e P.J.H. SHARPE, 1979. Relationship of temperature to stomatal aperture and potassium accumulation in guard cells of *Vicia faba*. *Plant Physiol.*, 63:388-91.
- ROOD, S.B. e D.J. MAJOR, 1980. Responses of early corn inbreds to photoperiod. *Crop Science*, 20:682-97.

- ROSE, C.W., 1966. *Agricultural Physics*. Oxford, Pergamon Press. 230 p.
- ROSENBERG, N.J., 1974. *Microclimate: The biological environment*. Nova Iorque, John Wiley Sons. 315 p.
- RUSSEL, W.K. e C.W. STUBER, 1983. Effects of photoperiod and temperatures on the duration of vegetative growth in maize. *Crop Science*, 23: 847-50.
- RUSSEL, W.K. e C.W. STUBER, 1985. Genotype \times photoperiod and genotype \times temperature interactions for maturity in maize. *Crop Science*, 25:152-8.
- RUTTER, A.J., 1975. The hidrological cycle in vegetation. In: MONTEITH, J.L. *Vegetation and the atmosphere*. Londres, Academic Press, p. 111-50.
- SANCHEZ-DIAZ, M.; M. MOREY e F. GONZALEZ-BERNALDEZ, 1969. Reacciones fisiologicas de las hojas del sorgo y el maiz a la sequia. I- Respuesta de la transpiracion y el alargamiento foliar. *Anales de Edafologia y Agrbiologia*, 28:735-45.
- SAYRE, J.D., 1948. Mineral accumulation in corn. *Plant Physiol.*, 23: 267-81.
- SCHULZE, E.D.; O.L. LANGE; L. KAPPEN; H. BUSCHBOM e M. EVENARI, 1973. Stomatal responses to changes in temperature at increasing water stress. *Planta*, 110:29-42.
- SCHULZE, E.D.; O.L. LANGE; L. KAPPEN; M. EVENARI e H. BUSCHBOM, 1975. Therole of air humidity and leaf temperature in controlling stomatal resistance of *Prunus armeniaca* L. under desert conditions, II. The significance of leaf water status and internal carbon dioxide concentration. *Oecologia*, 18:219-33.

- SEGINER, I., 1974. Aerodynamic roughness of vegetated surfaces. *Boundary-Layer Meteorology*, 5:383-93.
- SELLER, W.D., 1974. *Physical Climatology*. Chicago, The University of Chicago Press. 272 p.
- SHARPE, P.J.H., 1973. Adaxial and abaxial stomatal resistance of cotton in the field. *Agronomy Journal*, 65:570-4.
- SHAW, R.H., 1977. Climate requirement. In: *Corn and corn improvement*. Madison, American Society Agronomy, p. 591-617.
- SIMMONS, S.R. e R.J. JONES, 1985. Contributions of pre-silking assimilate to grain yield in maize. *Crop Science*, 25:1004-6.
- SINCLAIR, T.R.; G.B. BINGHAM; E.R. LEMON e R.H. ALLEN Jr., 1975. Water use efficiency of field-grown maize during moisture stress. *Plant Physiology*, 56:245-9.
- SLABBERS, P.J., 1980. Practical prediction of actual evapotranspiration. *Irrigation Science*, 1:185-96.
- SLATYER, R.O., 1967. *Plant water relationships*. Nova Iorque, Academic Press. 366 p.
- SLAVIK, B., 1974. *Methods of studying plant water relations*. Berlim, Springer-Verlag. 449 p.
- SNYDER, F.W. e G.E. CARLSON, 1984. Selecting for partitioning of photosynthetic products in crops. *Advances in Agronomy*, 37:47-69.
- SOUZA, M.L.P.; P.L. LIBARDI e K. REICHARDT, 1979. Propagação de erros na medida dos fluxos de água no solo em condições de campo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 3:137-40.

- STANGE, K.W.; D.C. SLACK; E.R. ALLRED e K.M. GEISER, 1981. *Relationship between canopy-air temperature difference and stomatal diffusion resistance*. American Society of Agricultural Engineers. Paper 81-2010. 26 p.
- STANHILL, G., 1957. The effect of differences in soil-moisture status on plant growth: a review and analysis of soil moisture regime experiments. *Soil Science*, 84:205-14.
- STANHILL, G., 1961. A comparison of methods of calculating potential evapotranspiration from climatic data. *Israel J. Agric. Res.*, 11:159-71.
- STANHILL, G., 1969. A simple instrument for the field measurement of turbulent diffusion flux. *Journal of Applied Meteorology*, 8:509-13.
- STEWART, J.I.; R.D. MISRA; W.O. PRUITT e R.M. HAGAN, 1975. Irrigating corn and grain sorghum with a deficient water supply. *Transactions of the ASAE*, 18:270-80.
- SULLIVAN, C.Y. e J.D. EASTIN, 1974. Plant physiological response to water stress. *Agricultural Meteorology*, 14:113-27.
- SZEICS, G.; C.H.M. VAN BAVEL e S. TAKAMI, 1973. Stomatal factor in the water use and dry matter production by sorghum. *Agricultural Meteorology*, 12:361-89.
- SWINBANK, W.C. e A.J. DYER, 1967. An experimental study in micrometeorology. *Quart. J. R. Meteor. Soc.*, 93:494-500.
- TAN, C.S. e J.M. FULTON, 1980. Ratio between evapotranspiration of irrigated crops from floating lysimeters and Class A pan evaporation. *Can. J. Plant. Sci.*, 60:197-201.
- TANAKA, A. e J. YAMAGUCHI, 1972. Dry matter yield components and grain yield of maize. *Journal of the Faculty of Agriculture. Hokkaido*, 5:72-132.

- TANNER, C.B., 1963. Energy relations in plant communities. *In*: L.T. EVANS. *Environmental control of plant growth*. Nova Iorque. Academic Press, p. 141-8.
- THOM, A.S., 1971. Momentum absorption by vegetation. *Quart. J. R. Meteor. Soc.*, 97:414-28.
- THOM, A.S., 1972. Momentum, mass and heat exchange of vegetation. *Quart. J. R. Meteor. Soc.*, 98:124-34.
- THOM, A.S., 1975. Momentum, mass and heat exchange of plant communities. *In*: MONTEITH, J.L. *Vegetation and the atmosphere*. Londres, Academic Press, p. 57-109.
- TINUS, R.W., 1974. Impact of the CO₂ requirement on plant water use. *Agricultural Meteorology*, 14:99-112.
- TOLLENAAR, M., 1977. Sink-source relationships during reproductive development in maize. *A Review Maydica*, 12:48-75.
- TOLLENAAR, M. e R.B. HUNTER, 1983. A photoperiod and temperature sensitive period for leaf number of maize. *Crop Science*, 23:457-60.
- TROYER, J.R., 1980. Diffusion from a circular stoma through theoretical analysis. *Plant Physiol.*, 66:250-3.
- TUBELIS, A. e F.J.L. DO NASCIMENTO, 1980. *Meteorologia Descritiva. Fundamentos e Aplicações Brasileiras*. São Paulo, Editora Nobel. 374 p.
- TURNER, N.C., 1970. Responses of adaxial and abaxial stomata to light. *New Phytol.*, 69:647-53.
- TURNER, N.C., 1974. Stomatal behavior and water status of maize, sorghum and tabacco under field conditions. II. At low soil water potential. *Plant Physiol.*, 53:360-5.

- TURNER, N.C., 1975. Concurrent comparisons of stomatal behavior, water status, and evaporation of maize in soil at high or low water potential. *Plant Physiol.*, 55:932-6.
- TURNER, N.C. e J.E. BEGG, 1973. Stomatal behavior and water status of maize, sorghum, and tabacco under field conditions. I. At high soil water potential. *Plant Physiol.*, 51:31-6.
- VASQUES, E.J., 1978. Determinação de parâmetros micrometeorológicos através do ajuste do perfil de vento. Piracicaba, ESALQ/USP. 92 p. (Dissertação de Mestrado).
- VIEGAS, G.P., 1980. Práticas culturais. In: *Melhoramento e Produção do Milho no Brasil*. São Paulo, Fundação Cargill. 650 p.
- VILLA NOVA, N.A., 1973. Estudos sobre o balanço de energia em cultura de arroz. Piracicaba, ESALQ/USP. 89 p. (Tese de Livre-Docência).
- WAGGONER, P.E. e N.C. TURNER, 1972. Comparison of simulated and actual evaporation from maize and soil in a lysimeter. *Agricultural Meteorology*, 10:113-23.
- WANG'ATI, F.J., 1972. Lysimeter study of water use of maize and beans in East Africa. *East Africa Agricultural and Forestry Journal*, 38:141-56.
- WEBB, E.K., 1965. Aerial microclimate. *Meteorological Monographs*, 6: 27-58.
- WEBB, E.K., 1970. Profile relationships: The log-linear range, and extension to strong stability. *Quart. J.R. Meteor. Soc.*, 96:67-70.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 1971. *Measurement and estimation of evaporation and evapotranspiration*. Genebra, Technical Note 83. 121p.

YAMAMOTO, G., 1975. Generalization of the KEYPES formula in diabatic con
ditions and related discussion on the critical Richardson number. *J.*
Meteor. Soc. Japan, 53:189-95.