**DESENVOLVIMENTO E TESTE DE MODELOS
AGROMETEOROLÓGICOS PARA A ESTIMATIVA DE
PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) A
PARTIR DO MONITORAMENTO DA DISPONIBILIDADE
HÍDRICA DO SOLO**

ANGÉLICA GIAROLLA PICINI

Engenheira Agrônoma

Orientador: Dr. **MARCELO BENTO PAES DE CAMARGO**

Dissertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de Mestre
em Agronomia, Área de Concentração:
Agrometeorologia.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Outubro - 1998

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Picini, Angélica Giarolla

Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para estimativa de produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) a partir do monitoramento da disponibilidade hídrica do solo / Angélica Giarolla Picini. - - Piracicaba, 1998.
132 p.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998.
Bibliografia.

1. Balanço hídrico 2. Café 3. Meteorologia agrícola 4. Modelo matemático 5.
Produtividade agrícola I. Título

CDD 633.73

Aos meus queridos esposo Carlos e filho Pedro,
que sempre estão comigo em todos os momentos
no meu coração,

Dedico

Ao meu pai Celso (in memoriam), que deixou grandes
exemplos em sua vida de dignidade e humildade e
À minha mãe Terezinha, com muito amor,

Homenageio

AGRADECIMENTOS

- Ao Pesquisador Científico do Centro de Ecofisiologia e Biofísica (IAC), Dr. Marcelo Bento Paes de Camargo, orientador amigo, cuja competência e experiência profissional muito admiro e respeito.
- À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em especial ao Departamento de Física e Meteorologia, pela oportunidade de realização do curso.
- A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo auxílio financeiro.
- Aos Pesquisadores Científicos Dr. Geraldo Armond e Dr. Carlos Augusto da Silva Braga, pela oportunidade profissional.
- Ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), por permitir a realização desse trabalho.
- Aos Pesquisadores Científicos do Centro de Ecofisiologia e Biofísica (IAC) Altino Aldo Ortolani, Ângelo Paes de Camargo, Maria Helena A. Mello, Rogério Remo Alfonsi, Orivaldo Brunini, Antonio Odair Santos e Mário José Pedro Júnior, pelas valiosas sugestões e apoio durante todo o curso.
- Aos colegas José Ricardo M. Pezzopane, Adriana V. C. Moraes e Fábio Ricardo Marin, pela ajuda sempre valiosa e amizade.
- Ao Pesquisador Científico do Centro de Café (IAC) Luiz Carlos Fazuoli, por ter colocado à disposição o material necessário para a realização desta pesquisa e pela proveitosa colaboração na realização do trabalho.

- Aos professores, funcionários e alunos do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP, pela amizade, apoio e estímulo.
- Aos Engenheiros Agrônomos Rui Bonini e Roberto Antônio Thomaziello por terem contribuído com o fornecimento do material para estudo e sugestões.
- À minha família e amigos, pela grande ajuda e apoio constante durante todo o trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	xi
RESUMO.....	xvii
SUMMARY.....	xix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 Classificação.....	4
2.2 Características climáticas da região de origem do <i>Coffea arabica</i> L. e fenologia de florescimento.....	4
2.3 Crescimento na fase adulta (relação fonte-dreno): bienalidade de produção..	5
2.4 Influência dos elementos meteorológicos sobre o cafeeiro.....	7
2.4.1 Temperatura do ar.....	8
2.4.2 Precipitação pluvial.....	9
2.5 Modelos agrometeorológicos planta-clima.....	10
2.6 Modelos agrometeorológicos aplicados em culturas perenes.....	13
2.7 Modelos agrometeorológicos para a estimativa de produtividade do cafeeiro..	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Material.....	16
3.1.1 Dados de produtividade de café.....	16

	Página
3.1.1.1 Campinas (SP).....	18
3.1.1.2 Mococa (SP).....	19
3.1.1.3 Gália (SP).....	19
3.1.2 Dados meteorológicos.....	19
3.2 Métodos.....	20
3.2.1 Cálculo do balanço hídrico.....	20
3.2.1.1 Estimativa da capacidade de água disponível no solo (CAD).....	21
3.2.2 Estádios fenológicos do cafeeiro.....	22
3.2.3 Modelos agrometeorológicos.....	23
3.2.4 Determinação dos índices (λ) e coeficientes (k_y).....	31
3.2.5 Produtividades potenciais.....	32
3.2.6 Combinações de estádios fenológicos considerados nos modelos.....	33
3.2.7 Teste dos modelos.....	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 Análise das condições climáticas em Campinas, Gália e Mococa.....	35
4.2 Relação entre balanços hídricos, fenologia e produtividade.....	39
4.3 Desempenho do modelo de Camargo et al. (1984a) para Mococa.....	44
4.4 Parametrização dos modelos 2,3,4 e 5.....	44
4.5 Parametrização dos modelos 6,7 e 8.....	55
4.5.1 Análise das relações entre os coeficientes e índices e a fenologia do cafeeiro	69
4.6 Resultados do teste dos modelos aditivos 6 e 9.....	71
4.6.1 Análise das melhores combinações de duração de ER/EP para o cafeeiro...	79
5. CONCLUSÕES.....	106
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107
APÊNDICES.....	117

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Produtividades anuais de café (kg café beneficiado.ha ⁻¹) da variedade Mundo Novo, nos municípios de Campinas, Gália e Mococa (SP).....	17
2. Caracterização das condições termopluviométricas mensais normais (1961/90) e médias (1951/63) da localidade de Campinas e duração média para o Estado de São Paulo dos estádios fenológicos do cafeeiro.....	36
3. Caracterização das condições termopluviométricas mensais normais (1961/90) e médias (1983/93) da localidade de Gália e duração média para o Estado de São Paulo dos estádios fenológicos do cafeeiro.....	37
4. Caracterização das condições termopluviométricas mensais normais (1961/90) e médias (1966/74) da localidade de Mococa e duração média para o Estado de São Paulo dos estádios fenológicos do cafeeiro.....	38
5. Extratos do balanço hídrico decendial (CAD = 100 mm), referentes aos anos agrícolas de a) 1960/61 e b) 1961/62, para Campinas (SP).....	41
6. Extratos do balanço hídrico decendial (CAD = 100 mm), referentes aos anos agrícolas de a) 1990/91 e b) 1991/92, para Gália (SP).....	42
7. Extratos do balanço hídrico decendial (CAD = 100 mm), referentes aos anos agrícolas de a) 1971/72 e b) 1972/73, para Mococa (SP).....	43
8. Produtividades observadas e estimadas (kg café beneficiado.ha ⁻¹) pelo modelo de Camargo et al. (1984a) para Mococa (SP).....	45

9. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Campinas, referentes às combinações do tipo A.....	82
10. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Campinas, referentes às combinações do tipo B.....	83
11. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Campinas, referentes às combinações do tipo C.....	84
12. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Campinas, referentes às combinações do tipo D.....	85
13. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Gália, referentes às combinações do tipo A.....	86
14. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Gália, referentes às combinações do tipo B.....	87
15. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Gália, referentes às combinações do tipo C.....	88
16. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Gália, referentes às combinações do tipo D.....	89
17. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Mococa, referentes às combinações do tipo A.....	90
18. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Mococa, referentes às combinações do tipo B.....	91
19. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Mococa, referentes às combinações do tipo C.....	92
20. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Mococa, referentes às combinações do tipo D.....	93
21. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Campinas, referentes às combinações do tipo A.....	94
22. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Campinas, referentes às combinações do tipo B.....	95

	Página
23. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Campinas, referentes às combinações do tipo C.....	96
24. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Campinas, referentes às combinações do tipo D.....	97
25. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Gália, referentes às combinações do tipo A.....	98
26. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Gália, referentes às combinações do tipo B.....	99
27. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Gália, referentes às combinações do tipo C.....	100
28. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Gália, referentes às combinações do tipo D.....	101
29. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Mococa, referentes às combinações do tipo A.....	102
30. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Mococa, referentes às combinações do tipo B.....	103
31. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Mococa, referentes às combinações do tipo C.....	104
32. Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Mococa, referentes às combinações do tipo D.....	105

LISTA DE TABELAS

	Página
1. Análise estatística dos dados de produtividade de café utilizados no trabalho (kg café beneficiado.ha ⁻¹) para Campinas, Gália e Mococa.....	18
2. Diferentes combinações de duração das fases fenológicas do cafeeiro utilizadas na parametrização e teste dos modelos agrometeorológicos 2 a 10 para Campinas, Gália e Mococa.....	29
3. Relação dos modelos utilizados no trabalho, com as respectivas funções matemáticas e variáveis independentes.....	30
4. Valores de produtividade potencial de café (kg café beneficiado.ha ⁻¹) para Campinas, Gália e Mococa.....	32
5. Resultados estatísticos da análise do teste do modelo de Camargo et al.(1984a), para Mococa (SP).....	45
6. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R ²) obtidos na parametrização do modelo 3 (aditivo) para Campinas (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	46
7. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R ²) obtidos na parametrização do modelo 3 (aditivo) para Gália (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	47

8. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 3 (aditivo) para Mococa (SP) em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	48
9. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 4 (multiplicativo) para Campinas (SP) em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	49
10. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 4 (multiplicativo) para Gália (SP) em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	50
11. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 4 (multiplicativo) para Mococa (SP) em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	51
12. Valores dos índices de sensibilidade ao fator hídrico (λ) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 5 (multiplicativo) para Campinas (SP) em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	52
13. Valores dos índices de sensibilidade ao fator hídrico (λ) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 5 (multiplicativo) para Gália (SP) em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	53
14. Valores dos índices de sensibilidade ao fator hídrico (λ) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 5 (multiplicativo) para Mococa (SP) em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	54

15. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 6 (aditivo) considerando a produtividade do ano anterior para Campinas (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP..... 56
16. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 6 (aditivo) considerando a produtividade do ano anterior para Gália (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP..... 57
17. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 6 (aditivo) considerando a produtividade do ano anterior para Mococa (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP..... 58
18. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 7 (multiplicativo) considerando a produtividade do ano anterior para Campinas (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP..... 59
19. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 7 (multiplicativo) considerando a produtividade do ano anterior para Gália (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP..... 60
20. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 7 (multiplicativo) considerando a produtividade do ano anterior para

Mococa (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	61
21. Valores dos índices de sensibilidade ao fator hídrico (λ) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 8 (multiplicativo) considerando a produtividade do ano anterior para Campinas (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	62
22. Valores dos índices de sensibilidade ao fator hídrico (λ) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 8 (multiplicativo) considerando a produtividade do ano anterior para Gália (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	63
23. Valores dos índices de sensibilidade ao fator hídrico (λ) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 8 (multiplicativo) considerando a produtividade do ano anterior para Mococa (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	64
24. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (k_y) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 9 adaptado (aditivo) para Campinas (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	66
25. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (k_y) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 9 adaptado (aditivo) para Gália (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	67
26. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água	

(ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 9 adaptado (aditivo) para Mococa (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	68
27. Resultados estatísticos da análise do teste do modelo 6 (aditivo) com a inclusão da produtividade do ano anterior para Campinas (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	73
28. Resultados estatísticos da análise do teste do modelo 6 (aditivo) com a inclusão da produtividade do ano anterior para Gália (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	74
29. Resultados estatísticos da análise do teste do modelo 6 (aditivo) com a inclusão da produtividade do ano anterior para Mococa (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	75
30. Resultados estatísticos da análise do teste do modelo 9 (aditivo) modificado e com a inclusão da produtividade do ano anterior para Campinas (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	76
31. Resultados estatísticos da análise do teste do modelo 9 (aditivo) modificado e com a inclusão da produtividade do ano anterior para Gália (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	77
32. Resultados estatísticos da análise do teste do modelo 9 (aditivo) modificado e com a inclusão da produtividade do ano anterior para Mococa (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.....	78

33. Valores de ky_0 (coeficiente relativo à produtividade do ano anterior) e ky (coeficiente de resposta da cultura ao suprimento hídrico) obtidos pelo modelo 9 para Campinas, Gália e Mococa.....	81

DESENVOLVIMENTO E TESTE DE MODELOS AGROMETEOROLÓGICOS PARA A ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) A PARTIR DO MONITORAMENTO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO SOLO

Autora: ANGÉLICA GIAROLLA PICINI

Orientador: Dr. MARCELO BENTO PAES DE CAMARGO

RESUMO

O cafeeiro arábica é afetado nos seus diversos estádios fenológicos pelas condições meteorológicas, em especial pela disponibilidade hídrica do solo, a qual se constitui no principal condicionante de sua produtividade. Além desse tipo de condicionamento, as condições de clima interferem na bienalidade produtiva, na qualidade do produto e na sustentabilidade dessa cultura. Essa bienalidade de produção do cafeeiro em função das variáveis climáticas, tem sido pouco estudada apesar de sua importância.

Modelos matemáticos agrometeorológicos que relacionam a fenologia, a bienalidade e a produtividade do cafeeiro variedade Mundo Novo foram desenvolvidos e testados para as condições do Estado de São Paulo, durante os anos agrícolas de 1951/52 a 1962/63 em Campinas, de 1983/84 a 1992/93 em Gália e de 1966/67 a 1973/74 em Mococa.

Os modelos baseiam-se na penalização da produtividade potencial em função da produtividade do ano anterior e das relações ER/EP (evapotranspiração real e potencial) derivados de balanços hídricos decendiais sequenciais ocorridos durante estádios fenológicos, considerando 16 combinações diferentes. A penalização é feita à medida que haja restrição hídrica para a planta durante os diferentes estádios fenológicos, considerando coeficientes (k_y) de resposta da planta ao suprimento hídrico e índices (λ)

de sensibilidade ao fator hídrico obtidos a partir de modelos aditivos ou multiplicativos.

Inicialmente a produtividade do ano anterior não foi considerada nos modelos, porém o desempenho obtido nas parametrizações foi ruim, já que a acentuada oscilação anual da produtividade não permite a correlação das variáveis nas regressões lineares. Com a inclusão da produtividade do ano anterior, representada pelo coeficiente (ky_0) e índice (λ_0), houve melhora significativa nos coeficientes de determinação (R^2) em todos os locais considerados.

Os melhores resultados provenientes do teste dos modelos considerando análise geral para as três localidades foram obtidos pelo modelo aditivo, para a combinação trimestral ago/set/out (dormência das gemas/início do florescimento), nov/dez/jan (florescimento/formação do grão) e fev/mar/abr (formação do grão/maturação). As magnitudes dos valores de ky_1 e ky_2 revelaram que a produtividade do cafeeiro é particularmente sensível ao estresse hídrico durante os estádios fenológicos do florescimento e formação do grão.

Os coeficientes relativos à produtividade do ano anterior (ky_0) apresentaram, em todos os locais, grande influência sobre a produtividade na maioria das combinações.

**TEST AND ANALYSIS OF AGROMETEOROLOGICAL MODELS FOR PREDICTING
COFFEE (*C. arabica* L.) CROP PRODUCTION BASED ON SOIL
WATER AVAILABILITY**

Author: ANGÉLICA GIAROLLA PICINI

Adviser: Dr. MARCELO BENTO PAES DE CAMARGO

SUMMARY

This study describes a new method to reliably monitor and assess drought propable impact on coffee yields just before the begining of the maturation growth stage.

A good model requires the evaluation of the sensitive indices and test for a specific variety and region. Phenological and yield data for Mundo Novo cultivar were taken from experiments conducted at Campinas (1951/63), Mococa (1967/74), and Gália (1983/93) Instituto Agronômico Experimental Stations. The models tested are based in the penalization of the crop yield potential according the previous yield and the ER/EP relation (actual/potential evapotranspiration) derived by 10-day soil water balance occurred during different growth stages. These ratios were weighted by derivation of crop phase yield-response coefficients (k_y values) and sensitive indices (λ values) in additive and multiplicative type models.

Based on the model's statistics, the additive type models presented better performance than the multiplicative type models. The additive model which considers the crop phases combination (D3): "bud dormancy/flowering begining" (Aug/Sep/Oct), "flowering/grain formation" (Nov/Dec/Jan) and "grain formation/maturation" (Jan/Feb/Mar) presented the best performance. An analysis of the k_y values show that this combination gives higher weigth to the water relations during the flowering and

grain formation (fruit set). The previous yield coefficients presented (ky_0) high values for all models tested.

1. INTRODUÇÃO

O café é cultivado predominantemente nos continentes americano e africano. A América Latina é responsável por 85% da produção mundial. O Brasil é o maior produtor, seguido pela Colômbia, México e Etiópia (Camargo & Pereira, 1994). A área atual cultivada com o cafeeiro no Estado de São Paulo corresponde a cerca de 228 mil hectares ⁽¹⁾, com tendência de expansão, mantendo a produção paulista entre as três mais importantes do Brasil.

Não obstante a grande variabilidade local e regional da produtividade e de alguns fatores negativos de produção (lavouras decadentes, baixa adoção de tecnologia, espaçamentos ultrapassados, ocorrência generalizada de nematóides), existem regiões com agrossistemas de café mais produtivos e mais sustentáveis, como as de Marília-Garça, Média Mogiana e Alta Mogiana. Isso se deve a fatores como solos mais adequados, maior adoção de tecnologia, maior renovação do parque cafeeiro, melhor qualidade de bebida e, fundamentalmente, condições climáticas mais favoráveis ao cultivo do café arábica.

Apesar da importância dos fatores climáticos como condicionantes principais da variabilidade da produção do cafeeiro e do número significativo de consultas junto a instituições de pesquisa sobre causas, efeitos e tendências entre episódios de seca na cultura do café, poucos são os trabalhos que avaliam essas relações. No Brasil, alguns trabalhos sobre modelos agrometeorológicos aplicados para o cafeeiro podem ser

---

⁽¹⁾ Thomaziello, R. A. (CATI/SAA). Comunicação pessoal, 1998.

encontrados, como Lains e Silva (1956), Tosello & Arruda (1962), IPEA (1972), Camargo et al. (1984a), Silva et al. (1986), Silva et al. (1987), Liu & Liu (1988) e Weill (1990).

Modelos agrometeorológicos que relacionam o rendimento das culturas com variáveis hídricas podem auxiliar na previsão de safra e na identificação de material genético mais tolerante ao déficit hídrico (Matzenauer, 1994). Segundo Boyer (1969), o déficit hídrico ocupa uma posição de destaque entre os fatores limitantes da produção, pois altera o metabolismo da planta e é um fenômeno que ocorre em grandes áreas cultiváveis. Vários trabalhos demonstram a importância da pluviosidade durante o ciclo fenológico do cafeeiro (Beaumont, 1939; Lains & Silva, 1956; Castro, 1961; Tosello & Arruda, 1962; Camargo et al. 1984a e outros). Tais estudos servem como subsídio para a utilização de modelos de previsão de safra, sejam estes simples ou complexos.

As diferentes formas para estabelecer a relação clima-planta vão desde a simples correlação até modelos mais complexos, nos quais diferentes parâmetros são considerados. A finalidade dessa categoria de modelos, conforme Baier (1979), é explicar, com base em processos físicos e fisiológicos, o efeito de uma ou mais variáveis meteorológicas sobre a resposta das plantas. O modelo “empírico-estatístico”, segundo Robertson (1983), é o mais simples, em que as variáveis meteorológicas correspondem às condições de temperatura, chuva ou disponibilidade hídrica reinantes em todo o ciclo da cultura ou em parte dele.

O desenvolvimento desses modelos, além das estimativas de produção, possibilita um monitoramento dos efeitos do clima ao longo dos estádios do cafeeiro e das atividades agrícolas.

A sensibilidade do cafeeiro ao fator hídrico varia ao longo do seu ciclo fenológico e a identificação de coeficientes e índices de sensibilidade é passo fundamental para o desenvolvimento de modelos que visem prognósticos de produtividade. A inclusão da produção do ano anterior em modelos agrometeorológicos para estimativa de safras pode revelar o efeito do ciclo bienal, que promove alternância de altas e baixas produções, normalmente a partir do terceiro ou quarto ano de idade da lavoura, interferindo, assim,

na influência das condições meteorológicas.

O presente estudo teve como objetivo desenvolver e testar modelos matemáticos para a estimativa de produtividade do cafeeiro arábica em função do monitoramento agrometeorológico, através da medida da disponibilidade hídrica do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Classificação

O cafeeiro pertence à grande família das Rubiáceas, gênero *Coffea*. Pode-se considerar duas grandes espécies que são exploradas comercialmente: *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre (Coste, 1968).

2.2 Características climáticas da região de origem do *Coffea arabica* L. e fenologia de florescimento

Os cafeeiros da espécie arábica são originários da Etiópia, onde vegetam espontaneamente em condições de sub-bosque, em latitudes de 6° a 9° N e altitudes de 1.500 a 1.900 metros, com temperatura média compensada do ar oscilando entre 17 e 20°C e chuvas anuais entre 1.500 a 2.000 mm (Coste, 1968; Moraes, citado por Ortolani et al., 1972; Carvajal, 1972). O *C. arabica* é planta típica de climas tropicais de altitude (Camargo, 1985a; Ortolani, 1991), onde a sazonalidade térmica e/ou hídrica determina as mais importantes áreas de produção do mundo.

Nos planaltos da Etiópia, o regime de chuvas apresenta sazonalidade tropical distribuída em apenas uma estação úmida de março até outubro (verão) e uma estação seca de novembro até fevereiro (inverno). Há portanto, somente uma época principal de florada na primavera e uma colheita que se estende no Hemisfério Norte de outubro a dezembro (Camargo, 1985b; Camargo & Pereira, 1994).

O cafeeiro geralmente se desenvolve bem nas regiões onde ocorrem períodos

relativamente secos, os quais correspondem à dormência das gemas, que precede o florescimento (Coste, 1968).

O cafeeiro da espécie *C. arabica* L. é cultivado desde o Trópico de Câncer (23°27'N) até o paralelo de 30°S. No Brasil, é cultivado desde 4°S até 30°S, e a partir de 23°S até 30°S, o risco de ocorrência de geadas é alto e limitante à cultura (Santinato et al., 1996). O café cultivado com finalidade comercial no Brasil floresce na primavera, frutifica no verão, amadurece no outono e é colhido no inverno. Em São Paulo, a colheita acontece principalmente nos meses de junho e julho (Silva et al., 1986).

A periodicidade de florescimento do cafeeiro ocorre em regiões com diferenças sazonais térmicas e hídricas (Barros et al., 1978). Como consequência, em algumas regiões do Quênia, com regime bimodal de chuva, há duas épocas principais de colheita. No Brasil, onde predomina a distribuição tropical de chuva, ocorre apenas uma época principal de colheita. Camargo (1985b) menciona que em regiões equatoriais, caracterizadas pela pequena variação do comprimento do dia no curso do ano, o café arábica não apresenta estação de florescimento definida.

2.3 Crescimento na fase adulta (relação fonte-dreno): bienalidade de produção

Dedecca (1957) observou que a raiz primária do cafeeiro não vai além de 0,5 m de profundidade. No entanto, essa raiz primária (nas condições normais de cultura) ramifica-se, dando formação a um volumoso conjunto de raízes laterais que podem atingir 2,5 ou 3 metros de profundidade.

Segundo Barros (1997), as folhas constituem-se como fonte de fotossintetizados, enquanto os tecidos, em crescimento, agem como drenos. Assim sendo, no cafeeiro existe uma ação balanceadora da partição de fotossintetizados entre as relações fonte-dreno, já que a fase reprodutiva e o crescimento vegetativo para o próximo período de produção ocorrem simultaneamente.

A natureza fisiológica da bienalidade de produção do cafeeiro conforme Beaumont (1939), pode ser explicada pela concorrência entre as funções vegetativas e

reprodutivas, ou seja, nos anos de grande produção, o crescimento dos frutos absorve maior parte da atividade da planta, prejudicando o desenvolvimento vegetativo. Como no cafeeiro o fruto do ano seguinte se desenvolve nas partes novas dos ramos do ano anterior, há, conseqüentemente, produção menor. O crescimento dos novos ramos depende da quantidade de frutos em desenvolvimento nos ramos do ano anterior e o volume da produção é proporcional ao número de nós ou gemas formadas na estação vegetativa anterior.

Em estudo de partição de fotoassimilados em café, Cannel & Huxley (1969) introduziram $^{14}\text{CO}_2$ em folhas simples de cafeeiros no estágio de maturação dos frutos e nas árvores que não estavam frutificando. Observou-se, então, que na estação seca, todos os assimilados concorreram para o crescimento dos frutos quando presentes, sendo estes, portanto, fortes drenos. Essa drenagem provocada pelos frutos foi muito mais acentuada durante o período de déficit hídrico. Mazzafera & Guerreiro Filho (1991) destacam a importância deste último fato, já que nas condições climáticas brasileiras, o início da maturação dos frutos coincide com o início da época de déficit hídrico e, nesse estágio de desenvolvimento dos frutos, o teor de açúcares eleva-se acentuadamente.

Mazzafera & Guerreiro Filho (1991) comentam a estreita relação entre vigor e caracteres vegetativos e concluem que o vigor da planta está diretamente relacionado com a expressão do potencial de produção, ressaltando que a garantia da boa produtividade é função da capacidade que a planta tem em alocar os produtos metabólicos para o material de interesse econômico (frutos do cafeeiro). Consideram, ainda, que o crescimento vegetativo é influenciado negativamente pelo desenvolvimento dos frutos, limitando a formação de novos nós produtivos. Assim sendo, diz-se que o ciclo bienal de produção do cafeeiro poderia ser explicado pelas inter-relações entre desenvolvimento de ramos e de frutos.

A causa mais freqüente do “die-back” no Brasil é a superprodução. Isso se deve ao fato de que uma produção muito grande de frutos esgota as reservas de carboidratos e de nitrogênio da planta, causando a morte dos ramos (Franco, 1970). Barros (1997) acrescenta que esse esgotamento contribui para acentuar o ritmo bienal de produção.

Rena & Maestri (1985) comentam o fato de os frutos serem fortes drenos metabólicos ao citarem um experimento realizado na Costa Rica, pôr meio do qual se verificou que a fertilização nitrogenada, a chuva, a umidade do solo, a floração ou a frutificação alteraram a periodicidade básica do crescimento dos ramos, embora a taxa de crescimento fosse maior nos cafeeiros sem frutos ou que ainda não tinham florescido.

Em estudo sobre avaliação de progênies de café Mundo Novo (*C. arabica* L.), Fazuoli (1977) observou que as primeiras produções aumentaram até o quinto ano, estabelecendo-se, a partir daí, o ciclo bienal de produção. Posteriormente, resultados encontrados por Weill (1990) confirmaram que a produção do ano anterior teve importante participação na bienalidade.

Em síntese, a bienalidade em cafeeiros parece ser consequência da interação de fontes e drenos que ocorrem nas fases reprodutivas e vegetativas. Primeiramente, produções elevadas acarretam a redução do crescimento vegetativo, em virtude da exaustão de reservas, restrição da atividade dos ápices em crescimento, redução da emissão de novos ramos laterais e diminuição da atividade do sistema radicular. Em segundo lugar, a presença dos frutos aparentemente atrasa e restringe a diferenciação das gemas florais, talvez em consequência da ação combinada de fatores hormonais e nutricionais (Gouveia, 1984).

2.4 Influência dos elementos meteorológicos sobre o cafeeiro

A importância dos elementos meteorológicos na produção do cafeeiro é discutida em vários estudos (Huxley & Ismail, 1970; Cannel, 1971; Camargo, 1985a; Camargo, 1987; Weill, 1990; Ortolani, 1991).

Weill (1990) verificou que os fatores climáticos são os que individualmente explicam a maior parte da variabilidade total da produção do cafeeiro no Estado de São Paulo, quando comparados com fatores edáficos e biológicos da planta. Verificou também que a fase do florescimento tem grande influência sobre a produção final.

2.4.1 Temperatura do ar

Os limites ideais de temperatura média anual para a cafeicultura estão entre 19 e 21°C, podendo ser estendidos com restrições para a faixa entre 18 e 22°C (Ortolani et al., 1970; Ortolani, 1991).

Em estudo sobre temperatura e crescimento do cafeeiro, Franco (1958) concluiu que as temperaturas de 38 e 13°C representaram os extremos nos quais o crescimento praticamente cessou. Franco (1958) e Coste (1968) observaram que temperatura constante de 30°C resultou em retardamento do crescimento e anormalidades, como clorose das folhas e crescimento de tumores na base do caule.

No caso do resfriamento da haste a temperaturas inferiores a - 2°C, por um período de duas horas ou mais, houve estrangulamento do caule e morte das plantas. A uma temperatura baixa (0°C a -2°C) durante o inverno no Hemisfério Sul, os tecidos foliares e os arbustos são mortos, o que se traduz por um desfolhamento e pelo secamento da extremidade dos ramos (Franco, 1956). Temperaturas baixas, mesmo que não cheguem a atingir 0°C, podem ocasionar disfunções fisiológicas no crescimento (Franco, 1956; Carvajal, 1972; Camargo, 1985a) e se manifestar na frutificação (Coste, 1968).

Diversos trabalhos demonstram que temperaturas elevadas na fase de florescimento do cafeeiro podem provocar severa atrofia floral, denominada “estrelinha” e este efeito pode ser mais acentuado com a ocorrência de deficiência hídrica durante o florescimento (Huxley & Ismail, 1970; Carvajal, 1972; Camargo, 1985a; Weill, 1990; Ortolani, 1991; Santinato et al., 1996).

Segundo Mes (1957), o início do florescimento é favorecido por temperaturas mais altas e, citando o trabalho de Pòrteres, a autora observa que as “estrelinhas” são causadas por uma elevação osmótica em consequência da seca e, ainda, que essa atrofia floral decresceu de 57% para 5% quando a quantidade de chuva foi aumentada até em 20 mm.

2.4.2 Precipitação pluvial

A precipitação pluvial é um fator climático limitante para o cafeeiro, juntamente com a temperatura (Coste, 1968).

Ao avaliarem-se as condições ideais de precipitação para o cafeeiro, deve-se considerar algumas variáveis importantes, tais como precipitação anual média, distribuição da precipitação durante o ano (número de meses secos), balanço hídrico, época e intensidade das deficiências e excedentes hídricos e condições do solo (características físicas). Os totais de precipitação devem ser analisados no balanço entre a evapotranspiração e a precipitação pluvial ao longo do ciclo fenológico da cultura, (Camargo, 1995).

Os déficits hídricos podem levar à quebra de produtividade do cafeeiro, embora seus efeitos dependam da duração, intensidade da deficiência hídrica e do estágio fenológico em questão (Camargo et al., 1984a). Segundo Camargo (1987), uma deficiência hídrica severa mostra-se bastante crítica ao cafeeiro na vegetação e nos estádios de formação do grão e maturação para as condições do Estado de São Paulo. No período de dormência das gemas, a deficiência hídrica moderada é benéfica, para permitir uma florada intensa e uniforme após a chuva ou irrigação.

No Estado de São Paulo, a curva de demanda hídrica do cafeeiro normalmente é sazonal, com menores valores no período de dormência das gemas, de junho a setembro e com elevação da evapotranspiração desde o início do florescimento até a formação do grão (Ortolani, 1991). A baixa umidade em períodos que antecedem o florescimento estimula uma florada abundante e uniforme com as primeiras chuvas ou irrigação de outubro (Camargo et al., 1984b; Camargo, 1985a; Ortolani, 1991).

De acordo com Carvajal (1972), o período de repouso ou dormência das gemas florais apresenta grande influência na produtividade do cafeeiro, já que essa fase corresponde à formação do botão floral. A floração propriamente dita é provocada pelas primeiras chuvas da estação, após o período seco (Mes, 1957; Alvim, 1964; Rena & Maestri, 1985). Após a abertura floral, deficiências de água predispoem os cafeeiros à

atrofia, assim como o excesso de chuvas. Na fase de desenvolvimento inicial, oito a doze semanas após o florescimento, os frutos estão sujeitos à abscisão, especialmente sob o efeito de deficiências hídricas severas (Rena & Maestri, 1985).

Camargo et al. (1984b) observou que a falta de água em dois meses do período de início de formação do grão pouco afetou a produção de café, mas reduziu consideravelmente o tamanho dos frutos.

Mazzafera & Carvalho (1987) constataram que a falta de água induz certo grau de enrolamento das folhas, e em condições de seca muito intensa, ocorre a abscisão. Rena & Maestri (1985) comentam que este desfolhamento pode ser prejudicial durante a frutificação, principalmente nos anos de alta produção.

2.5 Modelos agrometeorológicos planta-clima

Os modelos agrometeorológicos consideram que cada fator climático exerce um certo controle na produtividade da cultura, funcionando como um fator de eficiência. Os métodos para estabelecer a relação planta-clima, variam desde a simples correlação até modelos complexos, nos quais diferentes parâmetros são considerados.

São muitos os trabalhos que apresentam modelos que utilizam, como variável independente, alguma expressão da disponibilidade hídrica, como precipitação pluvial, transpiração, evapotranspiração real, deficiência hídrica, relação entre precipitação e evapotranspiração de referência, relação entre evapotranspiração real e evapotranspiração ou de referência (Berlato & Gonçalves, 1978; Shaw, 1978; Camargo, 1984a; Camargo, 1993; Matzenauer, 1994; Ortolani et al., 1996).

Com o objetivo de classificar modelos de análise clima-planta, Newman (1974) propôs a seguinte divisão: modelos estocásticos e modelos determinísticos. Os modelos estocásticos, segundo Costa (1997), apresentam certo grau de probabilidade associado à sua resposta, característica de modelos empíricos, enquanto os modelos determinísticos não apresentam grau de probabilidade associado a sua resposta e envolvem sempre algum

tipo de análise de regressão.

De acordo com Baier (1979), os modelos que relacionam as interações clima-planta podem-se dividir em: modelos que consideram análises de regressões múltiplas ou aproximação estatística e modelos mecanísticos. Os modelos mecanísticos consideram os princípios físicos e biológicos que ocorrem no sistema. Apresentam pouca restrição à extrapolação geográfica e espacial dos resultados (Costa, 1997).

Os modelos utilizados para estimativa de produtividade podem ser classificados, segundo Robertson (1983), como empírico-estatísticos, físico-estatísticos e dinâmicos. Vossen (1990), com base em dados experimentais, definiu as seguintes hipóteses: a redução na produção está relacionada com o acúmulo do déficit hídrico ao longo do ciclo da cultura; a produção é afetada diferentemente pelo estresse hídrico, ou seja, depende do estágio fenológico submetido ao estresse hídrico, sendo esse efeito aditivo e, por fim, uma última hipótese, semelhante à anterior, porém com efeito multiplicativo.

Na classificação sugerida por Acock & Acock (1991), os modelos podem ser conceituais, físicos e matemáticos, estes últimos subdivididos em empíricos e mecanísticos. Modelos empíricos baseiam-se na interação entre os elementos e não consideram o entendimento científico do sistema. Apresentam grande restrição quanto a extrapolação dos resultados e normalmente são utilizados para as condições locais (Costa, 1997). De acordo com Lazinski (1993), modelos empíricos estatísticos podem operar com um mínimo de dados disponíveis e sua confiança, em geral, é compatível com sua forma e limitação dos dados nos quais se baseiam. Modelos mecanísticos têm a sua estrutura firmada na descrição do processo que ocorre no sistema real considerado e apresentam pouca restrição quanto à extrapolação dos resultados (Costa, 1997).

Conforme análises de Rao et al. (1988), diversos modelos consideram como medida do suprimento hídrico a evapotranspiração relativa (ER/EP). São exemplos os modelos de Jensen (1968), Hiler and Clark (1971), Minhas et al. (1974), Stewart et al. (1976), Doorenbos & Kassam (1979), Rao et al. (1988), entre outros.

Jensen (1968) desenvolveu um modelo matemático para estimativa da produção agrícola, dando maior ênfase à relação clima-planta. Esse modelo considera um

produtório, reduzindo a produção final à medida que as necessidades hídricas da cultura não são satisfatórias nos diferentes estádios fenológicos (Camargo, 1984). Com base no modelo proposto por Jensen (1968), Camargo (1993) e Matzenauer (1994) correlacionaram os períodos mais críticos em relação ao déficit hídrico para as culturas do sorgo e do milho.

A partir do modelo de Stewart et al. (1976), Doorenbos & Kassam (1979) propuseram um modelo aditivo, onde introduziram o coeficiente k_{yi} em substituição ao fator de resposta da produção “YRR” originalmente considerado.

Posteriormente, um novo modelo agrometeorológico foi apresentado por Doorenbos & Kassam (1979) e novamente o coeficiente k_{yi} foi considerado na equação. O fator k_{yi} (para diferentes estádios fenológicos) ou k_y (para o ciclo todo da cultura), portanto, quantifica o efeito do estresse hídrico em estádios específicos de crescimento, para a obtenção empírica da estimativa de produtividade. No Boletim n.º 33 da FAO (Doorenbos & Kassam, 1979), constam valores de k_y para diversas culturas, entretanto a cultura do café não está incluída. Matzenauer (1994) comenta que esse modelo apresenta limitações para culturas com coeficientes k_{yi} elevados quando a relação ER/EP é baixa, ou seja, em situações com elevada deficiência hídrica.

Pedro Júnior et al. (1983) testaram o modelo de Doorenbos & Kassam (1979) para estimar a produtividade da soja de ciclo precoce para o Estado de São Paulo. Resultados consistentes foram obtidos posteriormente por Camargo et al. (1986) e Moraes (1998) também para a cultura da soja, ao ser incorporado nesse modelo um fator relativo à penalização para excedentes hídricos, denominado fator excedente.

Rao et al. (1988) modificaram o modelo de Doorenbos & Kassam (1979), tornando-o multiplicativo. No entanto, mantiveram o coeficiente k_{yi} para penalizar a produtividade pelo efeito da deficiência hídrica nos sucessivos estádios fenológicos das culturas.

2.6 Modelos agrometeorológicos aplicados em culturas perenes

Muitos modelos agrometeorológicos de previsão de safra de citros no Brasil são do tipo “empírico-estatísticos”. Silva et al. (1986) correlacionaram a deficiência hídrica com a produtividade de laranja através de um modelo agrometeorológico no Estado de São Paulo. Tubelis & Salibe (1988) estudaram a influência das precipitações que antecedem a colheita sobre a produção de laranja. Verificou-se que a produção da cultura estava relacionada com a idade do pomar e com os totais de precipitação que ocorreram nos dezesseis meses anteriores à colheita.

Por meio da interação de dados meteorológicos, fenológicos e de produtividade, Camargo et al. (1995) testaram diferentes modelos matemáticos agrometeorológicos para a cultura da laranja no Estado de São Paulo em função da relação ER/EP. Os índices de sensibilidade mais elevados corresponderam ao estágio fenológico do florescimento, indicando ser esse o período crítico quanto ao aspecto hídrico.

Ortolani et al. (1996) adaptaram com sucesso dois modelos para estimativa da produção anual e sazonal de látex de seringueira, para o Estado de São Paulo em função da relação ER/EP e índices de sensibilidade.

2.7 Modelos agrometeorológicos para a estimativa de produtividade do cafeeiro

As condições climáticas exercem grande influência no crescimento e desenvolvimento do cafeeiro e particularmente em cada estágio fenológico. A condição hídrica da cultura tem uma influência direta nos sucessivos estádios fenológicos, embora estes não sejam igualmente sensíveis a esse parâmetro. Lains e Silva (1956) verificou, para as condições de Campinas, que as produções de café são influenciadas pelas precipitações de abril a setembro e que a ação da produção de um ano sobre a do ano seguinte pode mascarar o efeito das chuvas na produção da lavoura.

Ao correlacionar estimativas de produção de café e precipitação pluvial no Estado

de São Paulo, Tosello & Arruda (1962) observaram que as chuvas dos períodos de abril-setembro e julho-setembro foram as mais significativas com as produções. Os autores também observaram o efeito da deficiência hídrica sobre o cafeeiro e encontraram resultados semelhantes aos obtidos com a pluviosidade.

Considerando produtividades de café provenientes dos Estados do Paraná e São Paulo, o IPEA (1972) tentou desenvolver um modelo para previsão de rendimento. Para as análises, relacionou-se a produtividade da cultura com a temperatura do ar desde o plantio ao florescimento, juntamente com a ocorrência de geadas. Os resultados obtidos não foram satisfatórios mesmo com a inclusão de deficiências hídricas no florescimento e nas tentativas de introdução do ciclo bienal.

Camargo et al.(1984a) utilizaram análise de regressão múltipla para estudar o efeito da pluviosidade na produtividade de cafeeiros do cultivar Mundo Novo em duas localidades do Estado de São Paulo. Entre as combinações trimestrais, o período que apresentou boas correlações com a produção foi o de julho-agosto-setembro, correspondente às fases de dormência das gemas e início do florescimento. Admitiu-se que os efeitos combinados de “produção do ano anterior” e parâmetros pluviométricos, ocorridos nesse período contribuíram significativamente para a variação na produtividade final obtida no cafezal. Os autores ressaltam a importância da inclusão da produção do ano anterior sobre a estimativa da produção de safra para o cafeeiro.

Existem evidências no caso do café, segundo Silva et al. (1986), de que mesmo anteriormente à colheita de um ano, as condições do tempo estão afetando a produtividade do ano seguinte. Dessa forma, os autores testaram modelos com deficiências hídricas em diversos períodos, considerando, além da deficiência hídrica, a ocorrência de geada e produtividade do ano anterior como variáveis explicativas do rendimento do café para o Estado de São Paulo, no período de 1955 a 1984. Com base nos resultados dos diferentes modelos, concluiu-se que as deficiências hídricas ocorridas em maio e junho do ano anterior ao da colheita afetaram negativamente o desenvolvimento vegetativo; para os meses de setembro do ano anterior (florescimento) e fevereiro do ano da colheita (formação do grão e maturação), os modelos também

mostraram coeficientes negativos e significativos, indicando efeitos prejudiciais da deficiência hídrica nesses estádios.

Posteriormente, na tentativa de analisar o impacto da seca sobre o rendimento de culturas do Estado de São Paulo (entre elas, o cafeeiro), Silva et al. (1987) testaram modelos agrometeorológicos especificamente para os anos agrícolas de 1984/85 e 1985/86. No caso do café, os modelos ajustados não forneceram boas previsões dos rendimentos das duas safras.

A partir de dados climatológicos e de produção de café, Liu & Liu (1988) desenvolveram três modelos de previsão de safra da cultura do café para o Estado de Minas Gerais: modelo simples (nível estadual), modelo bienal (anos separados em pares e ímpares para caracterizar a oscilação da produtividade) e modelo de microrregião. O modelo simples apresentou melhor resultado de previsão nos testes, porém o modelo bienal apresentou melhor desempenho estatístico. Considerou-se um avanço significativo a tentativa de separar os anos em pares e ímpares para caracterizar a oscilação bienal da produtividade de café.

Weill (1990) procurou identificar os principais fatores limitantes à cultura do café e estabelecer um modelo multivariado simples para explicar as produtividades nas parcelas experimentais. Dentre as variáveis, além do clima, destacaram-se como fundamentais: a produção do ano anterior e a idade da lavoura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Dados de produtividade de café

Para o desenvolvimento e teste dos modelos agrometeorológicos, levantaram-se dados anuais de produtividade de café (kg de café beneficiado.ha⁻¹) de *Coffea arabica* L. var. Mundo Novo, obtidos de lavouras experimentais e comerciais em três locais representativos de regiões cafeeicultoras tradicionais do Estado de São Paulo. Considerou-se nas parametrizações dos modelos e testes, produtividades provenientes de cafeeiros adultos com idade superior a quatro anos a partir da data de plantio em todos os locais analisados.

Os períodos de dados utilizados nas parametrizações e testes não apresentaram anos com geadas e podas, já que os modelos considerados nas análises penalizaram a produtividade exclusivamente pelo efeito de deficiências hídricas.

A variedade Mundo Novo, cultivada em grande parte das regiões produtoras do Estado de São Paulo, revela como características principais: porte alto, maturação média, ramos laterais longos, boa qualidade de bebida e suscetibilidade ao agente da ferrugem.

Os dados de produtividade apresentam bienalidade marcante em todos os locais, própria de cafeeiros adultos, conforme se observa na Figura 1. Para as mesmas produtividades, efetuaram-se análises estatísticas sobre o desvio padrão, coeficiente de variação e erro padrão (Tabela 1).

Figura 1 – Produtividades anuais de café (kg café beneficiado.ha⁻¹) da variedade Mundo Novo, nos municípios de Campinas, Gália e Mococa (SP).

Tabela 1. Análise estatística dos dados de produtividade de café utilizados no trabalho (kg de café beneficiado.ha⁻¹) para Campinas, Gália e Mococa .

LOCAL	Número anos	Média (kg.ha ⁻¹)	Desvio padrão	Coef. de variação %	Erro padrão (kg.ha ⁻¹)
CAMPINAS	12	1840,2	1258,7	68,4	363,3
GÁLIA	11	1748,4	1178,6	67,4	355,4
MOCOCA	09	1919,2	1497,4	78,0	499,1

Observa-se pela Figura 1 uma bienalidade bem caracterizada para os três locais, com amplitudes bastante pronunciadas de produtividade. Os valores mais altos de produtividade estão próximos de 4.000 kg de café beneficiado.ha⁻¹ em Campinas e Gália e 4.500 kg de café beneficiado.ha⁻¹ em Mococa. Os picos de menor produtividade não ultrapassam 1.000 kg de café beneficiado.ha⁻¹, em todos os locais estudados.

A Tabela 1 mostra a média de produtividade em torno de 1.800 kg café beneficiado.ha⁻¹ e alto coeficiente de variação superior a 65%, indicando a grande variabilidade em função do ciclo bienal.

3.1.1.1 Campinas (SP)

Os dados de produtividade de café var. Mundo Novo foram obtidos de experimentos conduzidos pela Seção de Genética do Instituto Agrônomo (Carvalho et al., 1984), na Estação Experimental de Campinas (latitude 22° 54' S, longitude 47° 05' W e altitude 669 m). Sementes de quinze plantas descendentes de uma primitiva hibridação entre os cultivares Sumatra e Bourbon Vermelho foram semeadas em 1943, em Latossolo Roxo eutrófico com espaçamento 3,30 m entre linhas e 2,0 m entre plantas. Vinte cafeeiros de cada progênie foram plantados em linha, sem repetições.

Realizaram-se tratamentos fitossanitários e adubação segundo recomendações para a cultura. Foram consideradas nas análises as produtividades de doze anos agrícolas, correspondentes ao período de 1951/52 a 1962/63.

3.1.1.2 Mococa (SP)

Os dados de produtividade de café var. Mundo Novo foram obtidos de experimento realizado na Estação Experimental de Mococa (latitude 21°28' S, longitude 47° 01' W e altitude 665 m), do Instituto Agrônomo (Gallo, 1995). O experimento foi instalado em 1964 numa área de 0,76 ha de Latossolo Vermelho Escuro distrófico, com espaçamento 3,5 m entre linhas e 2,0 entre plantas, sendo cada parcela constituída de uma única cova com nove repetições. As adubações e os tratos culturais foram os usualmente recomendados para a cultura do café. Para as análises, utilizaram-se as produtividades de nove anos agrícolas, de 1966/1967 a 1973/1974.

3.1.1.3 Gália (SP)

Os dados de produtividade de café var. Mundo Novo foram fornecidos pelo Engenheiro Agrônomo Rui Bonini, da Fazenda São Carlos, localizada no município de Gália (latitude 22° 18' S, longitude 49° 33' W e altitude 522 m). O experimento constou de nove talhões plantados em 1977 em área média de 3,36 ha, em solo Podzólico Vermelho-Amarelo com espaçamento 4,0 m entre linhas e 2,0 m entre plantas. As produtividades utilizadas foram provenientes de dez anos agrícolas, de 1983/1984 a 1992/93. As adubações e os tratos culturais seguiram recomendações técnicas estabelecidas para o cultivo comercial.

3.1.2 Dados meteorológicos

Os valores de precipitação (mm) e temperaturas máxima e mínima (°C) diários para Campinas, Gália e Mococa foram obtidos junto aos arquivos da Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), dados estes coletados nos postos agrometeorológicos localizados nas Estações Experimentais do

IAC e do Instituto de Zootecnia (Gália - SP).

A temperatura do ar em cada local foi medida em abrigos padronizados segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM), com termômetros de mercúrio em vidro instalados a 1,70 m de altura. As temperaturas médias diárias foram calculadas pela equação:

$$T_{média} = \frac{T_{máx} + T_{mín}}{2}$$

A chuva foi medida em pluviômetros instalados com a altura de captação de 1,50 m do solo.

3.2 Métodos

3.2.1 Cálculo do balanço hídrico

Para a estimativa da disponibilidade hídrica do solo, utilizou-se o modelo do balanço hídrico proposto por Thornthwaite & Mather (1955), em escala decendial.

De acordo com Pereira et al. (1997), o balanço hídrico de Thornthwaite & Mather (1955) permite monitorar o armazenamento de água no solo, partindo-se do suprimento natural de água, simbolizado pelas chuvas (P), da demanda atmosférica, simbolizada pela evapotranspiração potencial (EP) e da capacidade de água disponível (CAD) apropriada ao tipo de planta cultivada. O balanço hídrico fornece estimativas da evapotranspiração real (ER), da deficiência (DEF), do excedente (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM).

Desde o plantio até a colheita, uma cultura sem restrição hídrica, vai progressivamente crescendo e ocupando a área disponível com o aumento da área foliar. Nessas condições, ocorre a evapotranspiração máxima da cultura, que na prática é denominada evapotranspiração máxima ou ET_m (Doorenbos & Kassam, 1979). A ET_m resulta do produto entre a evapotranspiração potencial (EP) para gramado e o coeficiente

de cultura (K_c). Inicialmente, K_c é baixo já que a cultura cobre pequena porcentagem do terreno e posteriormente aumenta com o crescimento da plantas, até atingir o valor máximo quando as plantas cobrem totalmente o solo (Doorenbos & Kassam, 1979; Pereira et al., 1997). Assim a ET_m pode ser estimada da seguinte forma:

$$ET_m = k_c * EP$$

O coeficiente de cultura expressa o quanto da superfície do solo é coberta pela vegetação. Para uma cultura permanente, como o café, na qual as plantas são isoladas e muito expostas à radiação solar e ao vento, pode-se admitir que o k_c seja 20% maior que a porcentagem de cobertura do terreno, chegando a 80% para o cafeeiro adulto (Camargo & Pereira, 1994). Assim, o valor de k_c para um cafeeiro adulto seria:

$$K_c = 1,2 * 0,8 = 0,96$$

Partindo-se do princípio de que o café é uma cultura perene e que a produtividade utilizada nas análises desse estudo são provenientes de cafeeiros adultos, o valor de K_c adotado no cálculo do balanço hídrico foi considerado igual à unidade ($K_c = 1$). As variações de porcentagem de cobertura do terreno pela folhagem da cultura são muito pequenas para culturas adultas (Camargo & Pereira, 1994).

3.2.1.1 Estimativa da capacidade de água disponível no solo (CAD):

Em função das características físicas dos solos considerados, estimou-se a capacidade de água disponível no solo da seguinte forma (Alfonsi et al., 1990):

$$CAD = 0,1 * (CC \% - PMP \%) * dg * z$$

onde: CAD é a capacidade de água disponível no solo, em milímetros; CC % é a capacidade de campo, em porcentagem; PMP % é o ponto de murcha permanente, em

porcentagem; d_g é a densidade global do solo, em grama por centímetro cúbico; z é a profundidade de exploração de 80 % das raízes, em centímetros.

Os valores de CC, PMP e d_g foram obtidos de Camargo et al. (1986). Para Latossolos médios a argilosos como os solos de Campinas e Mococa, foram admitidos os seguintes valores: CC = 30 %; PMP = 21 % e $d_g = 1.1 \text{ g/cm}^3$. Para Podzólicos Vermelho-Amarelo médios a argilosos como o solo de Gália, admitiu-se: CC = 25%; PMP = 17% e $d_g = 1,3 \text{ g/cm}^3$.

A profundidade média de exploração das raízes de um cafeeiro adulto, segundo Franco & Inforzato (1946), nas condições do Estado de São Paulo, é de aproximadamente 1 metro. Dessa maneira, a CAD ou armazenamento máximo estimado foi 99 mm em Campinas e Mococa e 104 mm em Gália, ou aproximadamente 100 mm para as três localidades.

A capacidade de água facilmente disponível à planta (AFD) foi estimada em função da fração p do armazenamento máximo. Segundo Knott citado por Camargo & Pereira (1994), o valor de p para o cafeeiro adulto é de 0,5.

Para o cálculo do balanço hídrico utilizou-se o programa para microcomputador (Barbieri et al., 1991). Fez-se a representação gráfica do balanço hídrico de forma simplificada através do extrato, analisando-se apenas a deficiência hídrica e o excedente hídrico ao longo do ano agrícola ou um ano específico qualquer. Essa representação simplificada permite analisar mais claramente os períodos secos ou úmidos durante todo o ciclo da cultura (Camargo & Camargo, 1993).

3.2.2 Estádios fenológicos do cafeeiro

Consideraram-se três estádios fenológicos para a aplicação dos modelos:

- I) estágio de dormência das gemas florais\início do florescimento;
- II) estágio de florescimento\início de formação dos grãos;
- III) estágio de formação dos grãos\início de maturação.

A duração dos estádios fenológicos é condicionada pela acumulação térmica; no Estado de São Paulo, os estádios I, II e III correspondem, em geral, aos seguintes períodos: julho-agosto-setembro, outubro-novembro-dezembro e janeiro-fevereiro-março respectivamente.

3.2.3 Modelos agrometeorológicos

Este estudo foi dividido em cinco etapas:

1) Teste de modelo agrometeorológico estatístico clássico proposto para o cafeeiro existente na literatura (Camargo et al., 1984a). Tal modelo considera, como variáveis independentes, a produtividade do ano anterior, a pluviosidade e os dias com chuva em determinado período crítico do cafeeiro, que, segundo os autores, compreende o trimestre julho-agosto-setembro.

$$Y = a + (bx_1) + (cx_2) + (dx_3) \quad (\text{modelo 1})$$

onde: Y é a produtividade estimada (kg de café beneficiado.ha⁻¹) ; x₁ é a produtividade do ano anterior (kg de café beneficiado.ha⁻¹) ; x₂ é precipitação pluvial de julho-agosto-setembro (mm); x₃ é a frequência de chuva de julho-agosto-setembro (dias com chuva). Para a análise deste modelo, utilizou-se somente a localidade de Mococa.

2) Modelos agrometeorológicos desenvolvidos originalmente para culturas anuais, como o de Stewart et al. (1976) modificado por Doorenbos & Kassam (1979), e os multiplicativos de Rao et al. (1988) e Jensen (1968). A medida do suprimento hídrico é representada como a razão entre ER/EP. As análises foram, no início, para o ciclo todo da cultura e, em seguida, para os sucessivos estádios fenológicos, já que a influência da deficiência hídrica sobre certos estádios da cultura tem importância quantitativa diferente sobre o desenvolvimento da cultura.

Modelo proposto por Doorenbos & Kassam (1979):

$$\frac{Yr}{Yp} = 1 - \left[ky \left(1 - \frac{ER}{EP} \right) \right] \quad (\text{modelo 2})$$

onde: Yr é a produtividade estimada (kg de café beneficiado.ha⁻¹), Yp é a produtividade potencial da cultura (kg de café beneficiado.ha⁻¹) supondo-se que esteja adaptada ao ambiente e não sofra limitações de crescimento, Yr/Yp é a produtividade relativa, ER é a evapotranspiração real (mm), EP é a evapotranspiração potencial (mm), ER/EP é a evapotranspiração relativa e ky é o coeficiente de resposta da cultura ao suprimento de água para o ciclo todo da cultura.

O modelo quantifica o efeito da falta de água disponível no solo sobre o decréscimo da produtividade final. Para este modelo, considerou-se o ky somente para todo o ciclo da cultura, sendo que a duração do ciclo pode ser encontrada na Tabela 2 (combinações A).

A relação ER/EP menor do que 1 indica que está ocorrendo deficiência hídrica (Camargo, 1984). Segundo Pereira et al. (1997), a evapotranspiração potencial corresponde à água utilizada por uma extensa superfície vegetada, em crescimento ativo e cobrindo totalmente o terreno, estando este bem suprido de umidade. Corresponde, portanto, ao processo oposto à chuva. A evapotranspiração real é aquela que ocorre em uma superfície vegetada, sem imposição de nenhuma condição de contorno.

Modelo aditivo desenvolvido por Stewart et al. (1976) e proposto por Doorenbos & Kassam (1979):

$$\frac{Yr}{Yp} = 1 - \left[\sum_{i=1}^n ky_i \left(1 - \frac{ER}{EP} \right) \right] \quad (\text{modelo 3})$$

onde: Yr é a produtividade estimada (kg de café beneficiado.ha⁻¹), Yp é a produtividade potencial da cultura (kg de café beneficiado.ha⁻¹), ER é a evapotranspiração real (mm), EP é a evapotranspiração potencial (mm) e ky_i é o coeficiente de resposta da cultura ao

suprimento de água para os sucessivos estádios fenológicos do cafeeiro.

Este modelo considera os efeitos da deficiência hídrica (ER/EP) sobre a produtividade como um somatório nos diferentes estádios fenológicos da cultura. As combinações de duração dos estádios utilizados encontram-se na Tabela 2.

Modelo multiplicativo desenvolvido por Rao et al. (1988) e proposto por Doorenbos & Kassam (1979):

$$\frac{Y_r}{Y_p} = \prod_{i=1}^n \left[1 - k_{yi} \left(1 - \frac{ER}{EP} \right) \right] \quad (\text{modelo 4})$$

onde: Y_r é a produtividade estimada (kg de café beneficiado.ha⁻¹), Y_p é a produtividade potencial da cultura (kg de café beneficiado.ha⁻¹), ER é a evapotranspiração real (mm), EP é a evapotranspiração potencial (mm) e k_{yi} é o coeficiente de resposta da cultura ao suprimento de água para os estádios fenológicos do cafeeiro, conforme a Tabela 2.

O modelo considera como resultado final, o produtório das relações ER/EP com redução da produtividade conforme acentua a efeito da deficiência hídrica sobre os estádios fenológicos do cafeeiro, principalmente os mais sensíveis.

Modelo multiplicativo proposto por Jensen (1968):

$$\frac{Y_r}{Y_p} = \prod_{i=1}^n \left(\frac{ER}{EP} \right)^{\lambda_i} \quad (\text{modelo 5})$$

onde: Y_r é a produtividade estimada (kg de café beneficiado.ha⁻¹), Y_p é a produtividade potencial da cultura (kg de café beneficiado.ha⁻¹), ER é a evapotranspiração real (mm), EP é a evapotranspiração potencial (mm), λ é o índice de sensibilidade ao fator hídrico e “i” corresponde ao estágio fenológico da cultura (Tabela 2).

O modelo relaciona a produtividade com as condições da cultura em estádios

fenológicos mais sensíveis, sendo esse efeito multiplicativo. Baseia-se, portanto, na penalização da produtividade à medida que haja restrição hídrica para a cultura.

De acordo com Matzenauer (1994), o modelo de Jensen parece, biologicamente, adequar-se melhor às respostas das plantas à disponibilidade hídrica, já que os processos fisiológicos ocorrem de forma contínua, não apresentando independência entre os diferentes períodos de desenvolvimento da cultura como em modelos aditivos.

3) A produtividade do ano anterior (Y_{aa}) foi considerada e introduzida nos modelos aditivos e multiplicativos, pois a interdependência de um ano sobre o subsequente afeta diretamente a produtividade do cafeeiro. Com exceção do modelo proposto por Camargo et al. (1984a), no qual a produtividade do ano anterior é incluída em kg de café beneficiado.ha⁻¹, nos demais, foi introduzida como a relação entre a produtividade do ano anterior e a produtividade potencial (Y_{aa}/Y_p).

Modelo aditivo desenvolvido por Stewart et al. (1976) e proposto por Doorenbos & Kassam (1979), com incorporação da produtividade do ano anterior:

$$\frac{Y_r}{Y_p} = 1 - \left[k_{y0} \left(\frac{Y_{aa}}{Y_p} \right) + \sum_{i=1}^n k_{yi} \left(1 - \frac{ER}{EP} \right) \right] \quad (\text{modelo 6})$$

onde: Y_{aa} é a produtividade do ano anterior (kg de café beneficiado.ha⁻¹), k_{y0} corresponde ao coeficiente de penalização relativo à produtividade do ano anterior e k_{yi} é determinado para os estádios fenológicos conforme Tabela 2.

Modelo multiplicativo desenvolvido por Rao et al. (1988) e proposto por Doorenbos & Kassam (1979), com a incorporação da produtividade do ano anterior :

$$\frac{Y_r}{Y_p} = \left[1 - k_{y0} \left(\frac{Y_{aa}}{Y_p} \right) \right] * \prod_{i=1}^n \left[1 - k_{yi} \left(1 - \frac{ER}{EP} \right) \right] \quad (\text{modelo 7})$$

onde: Y_{aa} é a produtividade do ano anterior (kg de café beneficiado.ha⁻¹), ky_0 corresponde ao coeficiente de penalização relativo à produtividade do ano anterior e ky_i é determinado para os estádios fenológicos conforme Tabela 2.

Modelo multiplicativo proposto por Jensen (1968), com a incorporação da produtividade do ano anterior:

$$\frac{Y_r}{Y_p} = \left(\frac{Y_{aa}}{Y_p} \right)^{\lambda_0} * \prod_{i=1}^n \left(\frac{ER}{EP} \right)^{\lambda_i} \quad (\text{modelo 8})$$

onde: Y_{aa} é a produtividade do ano anterior (kg de café beneficiado.ha⁻¹), λ_0 é o índice de penalização relativo à produtividade do ano anterior, λ é o índice de sensibilidade ao fator hídrico e “i” é o estágio fenológico da cultura.

4) O modelo aditivo de Stewart et al. (1976) modificado por Doorenbos & Kassam (1979) e o modelo multiplicativo de Rao et al. (1988), respectivamente 9 e 10, foram adaptados para o cafeeiro, no que se refere à entrada de dados da relação ER/EP, já com a produtividade do ano anterior incluída:

$$\frac{Y_r}{Y_p} = ky_0 \left(\frac{Y_{aa}}{Y_p} \right) + \sum_{i=1}^n ky_i \left(\frac{ER}{EP} \right) \quad (\text{modelo 9})$$

$$\frac{Y_r}{Y_p} = ky_0 \left(\frac{Y_{aa}}{Y_p} \right) + \prod_{i=1}^n \left[1 - ky_i \left(\frac{ER}{EP} \right) \right] \quad (\text{modelo 10})$$

5) Teste dos coeficientes e índices parametrizados com dados independentes de produtividade, com o objetivo de avaliar o desempenho dos modelos.

A Tabela 3 apresenta resumidamente todos os modelos utilizados neste trabalho, com as respectivas funções matemáticas e variáveis independentes.

Tabela 2. Diferentes combinações de duração das fases fenológicas do cafeeiro utilizadas na parametrização e teste dos modelos agrometeorológicos 2 a 10 para Campinas, Gália e Mococa .

COMBINAÇÕES	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEB	MAR	ABR
A 1											
A 2											
A 3											
A 4											
A 5											
B 1											
B 2											
B 3											
B 4											
C 1											
C 2											
C 3											
C 4											
D 1											
D 2											
D 3											

Tabela 3. Relação dos modelos utilizados no trabalho, com as respectivas funções matemáticas e variáveis independentes.

NÚMERO	MODELO	FUNÇÃO	VARIÁVEIS INDEPENDENTES
1	Camargo et al. (1984a)	$Y = a + bx1 + cx2 + dx3$	prod. ano ant. (x1); total chuva J-A-S
2	Doorenbos & Kassam (1979)	$\frac{Y_r}{Y_p} = 1 - \left[k_y \left(1 - \frac{ER}{EP} \right) \right]$	(x2); frequência chuva (x3) ER/EP
3	Stewart et al. (1976) e proposto por Doorenbos & Kassam (1979)	$\frac{Y_r}{Y_p} = 1 - \left[\sum_{i=1}^n k_{yi} \left(1 - \frac{ER}{EP} \right) \right]$	ER/EP
4	Rao et al. (1988)	$\frac{Y_r}{Y_p} = \prod_{i=1}^n \left[1 - k_{yi} \left(1 - \frac{ER}{EP} \right) \right]$	ER/EP
5	Jensen (1968)	$\frac{Y_r}{Y_p} = \prod_{i=1}^n \left(\frac{ER}{EP} \right)^{\lambda_i}$	ER/EP
6	Stewart et al. (1976) modificado	$\frac{Y_r}{Y_p} = 1 - k_y 0 \left(\frac{Y_{aa}}{Y_p} \right) + \sum_{i=1}^n k_{yi} \left(1 - \frac{ER}{EP} \right)$	Yaa/Yp; ER/EP
7	Rao et al. (1988) modificado	$\frac{Y_r}{Y_p} = \left[1 - k_y 0 \left(\frac{Y_{aa}}{Y_p} \right) \right] * \prod_{i=1}^n \left[1 - k_{yi} \left(1 - \frac{ER}{EP} \right) \right]$	Yaa/Yp; ER/EP
8	Jensen (1968) modificado	$\frac{Y_r}{Y_p} = \left(\frac{Y_{aa}}{Y_p} \right)^{\lambda_0} * \prod_{i=1}^n \left(\frac{ER}{EP} \right)^{\lambda_i}$	Yaa/Yp; ER/EP
9	Stewart et al. (1976) modificado	$\frac{Y_r}{Y_p} = k_y 0 \left(\frac{Y_{aa}}{Y_p} \right) + \sum_{i=1}^n k_{yi} \left(\frac{ER}{EP} \right)$	Yaa/Yp; ER/EP
10	Rao et al. (1988) modificado	$\frac{Y_r}{Y_p} = k_y 0 \left(\frac{Y_{aa}}{Y_p} \right) * \prod_{i=1}^n \left[1 - k_{yi} \left(\frac{ER}{EP} \right) \right]$	Yaa/Yp; ER/EP

3.2.4 Determinação dos índices (λ) e coeficientes (k_y)

Os índices de sensibilidade ao fator hídrico (λ) utilizados nos modelos 5 e 8 foram determinados por regressões múltiplas lineares transformadas em logaritmos neperianos, de acordo com Camargo (1993), conforme é demonstrado a seguir:

$$\frac{Y_r}{Y_p} = \prod_{i=1}^n \left(\frac{E R}{E P} \right)^{\lambda_i} \quad (\text{modelo 5})$$

$$\frac{Y_r}{Y_p} = \ln \lambda_i \left(\frac{ER}{EP} \right) \quad (\text{modelo 5.1})$$

$$\frac{Y_r}{Y_p} = \left(\frac{Y_{aa}}{Y_p} \right)^{\lambda_0} * \prod_{i=1}^n \left(\frac{ER}{EP} \right)^{\lambda_i} \quad (\text{modelo 8})$$

$$\frac{Y_r}{Y_p} = \ln \lambda_0 \left(\frac{Y_{aa}}{Y_p} \right) + \ln \lambda_i \left(\frac{ER}{EP} \right) \quad (\text{modelo 8.1})$$

Conforme discute Matzenauer (1994), o modelo linearizado não pode ser ajustado quando ocorre valor zero ou valor muito baixo de produtividade, sendo uma restrição na utilização do modelo multiplicativo linearizado por transformações logarítmicas.

Os coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (k_y) utilizados nos modelos para as fases fenológicas do cafeeiro foram determinados por meio de

regressões múltiplas lineares, onde k_y corresponde à inclinação da reta linear.

No modelo de Jensen (1968), considerou-se o valor de intersecção “a” diferente de zero e para os aditivos 3, 6 e 9 e os multiplicativos 4, 7 e 10, igual a zero.

3.2.5 Produtividades potenciais

A produtividade potencial (Y_p) indica o nível tecnológico aplicado à lavoura, sendo portanto, um valor máximo estabelecido para condições comerciais desde que não ocorra nenhuma restrição climática. Considerando-se que cada área comercial tem sua forma de cultivo, que se desenvolve mediante variedades, espaçamentos e tratamentos culturais adequados, procurou-se, neste estudo, adotar um valor de produtividade potencial para cada local e não somente um valor para a região ou para o Estado.

O valor da produtividade mais alta obtida na série foi acrescido em 10% com o objetivo de eliminar todo efeito do ambiente que pudesse interferir sobre o valor potencial de produtividade, conforme propõe Kanemasu (1983).

As produtividades potenciais utilizadas nos modelos considerados são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Valores de produtividade potencial de café (kg de café beneficiado.ha⁻¹) para Campinas, Gália e Mococa.

LOCAL	PRODUTIVIDADE POTENCIAL
Campinas	4.230
Gália	3.850
Mococa	4.861

3.2.6 Combinações de estádios fenológicos considerados nos modelos

Foram elaboradas dezesseis diferentes combinações de duração das fases fenológicas ao longo do ano agrícola, no que se refere à relação ER/EP, conforme é apresentado na Tabela 2.

As combinações do tipo A abrangem desde períodos médios mais longos de ER/EP, como de julho a março do ano seguinte (ciclo todo), até períodos menores, como médias trimestrais. Apenas um k_y é determinado para os cálculos dos modelos.

As combinações do tipo B são médias trimestrais de ER/EP divididas em dois períodos. Esse tipo de combinação deve mostrar como o peso da deficiência hídrica é dividido basicamente entre a dormência das gemas florais/início do florescimento e o florescimento/início da formação do grão. A combinação B4 provavelmente apresente pior resultado em relação à B1 por ser a mais tardia.

Já as combinações do tipo C são médias bimestrais de ER/EP, divididas em três períodos. Médias bimestrais de ER/EP tendem a mostrar melhor o efeito da deficiência hídrica ao longo do ciclo da cultura, por mascarar menos a falta de água para a planta.

Finalmente as combinações do tipo D são médias trimestrais de ER/EP, divididas também em três períodos. A combinação D2, aparentemente, é a que melhor representa as condições do Estado de São Paulo.

3.2.7 Teste dos modelos

Dados independentes observados são considerados como componentes essenciais para o teste de modelos, segundo Hoogenboom et al. (1992). O teste, em geral é definido como a comparação da previsão do modelo com dados experimentais, os quais não foram anteriormente usados para desenvolvimento e calibração, sendo portanto dados independentes.

Para a avaliação dos modelos, utilizaram-se dados independentes de produtividade do cafeeiro por meio de análises de regressão envolvendo coeficientes de determinação (R^2) e o índice “d” (índice de concordância), proposto por Willmot et al.

(1985). Quando se relacionam valores observados estimados com valores observados pela regressão, pode-se obter informações da precisão e da exatidão, que conjuntamente indicam a consistência dos dados estimados com os medidos.

A precisão, ou seja, o grau de dispersão dos valores em torno da média é dada pelo coeficiente de determinação (R^2). Indica apenas o grau de dispersão dos dados obtidos, o erro aleatório, não considerando o erro sistemático. O Índice “d” quantifica numericamente a exatidão, que é um coeficiente de concordância.

O modelo de avaliação de Willmot et al. (1985) fornece também outras importantes informações, tais como erro sistemático (Es) e não sistemático ou aleatório (Ea) dos componentes do erro absoluto médio (EAM), que é a medida de magnitude média das diferenças entre os valores estimados e observados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise das condições climáticas em Campinas, Gália e Mococa

As Figuras 2, 3 e 4 apresentam uma comparação entre as condições termopluiométricas normais (média de trinta anos) com as condições médias correspondentes aos períodos de estudo e também com a fenologia do cafeeiro. A similaridade entre os dados meteorológicos demonstra que as médias de temperatura e chuva dos períodos avaliados neste trabalho não diferiram de forma representativa em relação às normais, para as três localidades consideradas.

Analisando-se em conjunto a fenologia do cafeeiro com os gráficos termopluiométricos, observa-se que, normalmente, ocorre um período chuvoso a partir de setembro, estendendo-se até março. Deficiências hídricas em tal período comprometem as fases vegetativas e reprodutivas. Essas durações dos períodos fenológicos apresentados referem-se às condições médias de desenvolvimento do cafeeiro para o Estado de São Paulo.

Figura 2 – Caracterização das condições termopluviométricas mensais normais (1961/90) e médias (1951/63) da localidade de Campinas e duração média para o Estado de São Paulo dos estádios fenológicos do cafeeiro.

Figura 3 – Caracterização das condições termopluviométricas mensais normais (1961/90) e médias (1983/93) da localidade de Gália e duração média para o Estado de São Paulo dos estádios fenológicos do cafeeiro.

Figura 4 – Caracterização das condições termopluviométricas mensais normais (1961/90) e médias (1966/74) da localidade de Mococa e duração média para o Estado de São Paulo dos estádios fenológicos do cafeeiro.

4.2 Relação entre balanços hídricos, fenologia e produtividade

Apesar dos dados termopluviométricos médios dos períodos analisados terem sido próximos dos normais, ocorreram alguns períodos com acentuada deficiência hídrica. Em Campinas, houve um período bastante seco no ano de 1961 desde maio até dezembro. A Figura 5 mostra o extrato do balanço hídrico decendial, específico para os anos agrícolas de 1960/61 e 1961/62 em Campinas. Tal seca, muito severa no Estado de São Paulo, foi uma das piores do século, afetando a maioria das lavouras, inclusive o cafeeiro. Nesse período, a planta encontrava-se nos estádios do florescimento e da formação do grão, importantes para a garantia da boa produtividade.

Os valores médios de chuva correspondentes ao período de estudo (1984 a 1993) para Gália, parecem terem sido apropriados para o desenvolvimento do cafeeiro, com os meses de inverno mais secos (principalmente em julho e agosto) favorecendo a dormência das gemas florais, com chuvas a partir de setembro, induzindo o florescimento (Figura 3). No entanto, a produtividade foi muito baixa no ano agrícola de 1990/91, conforme se observa na Figura 1. O extrato do balanço hídrico (Figura 6) demonstra a ocorrência de deficiência hídrica em outubro e novembro de 1990 e janeiro de 1991. A produtividade do ano agrícola 1991/92 foi alta em função do ano anterior não ter apresentado baixa produtividade, apesar dos períodos com deficiência hídrica, confirmando, assim, a importância do ciclo bienal do cafeeiro na elaboração de modelos agrometeorológicos.

Em Mococa, os anos agrícolas de 1971/72 e 1972/73 (Figura 7) não denotaram deficiência hídrica severa, porém apresentaram elevado excedente hídrico a partir de novembro até meados de fevereiro, coincidindo com o estágio do florescimento e formação do grão. O período de dormência das gemas permaneceu com poucas chuvas, favorecendo a formação do botão floral em ambos os anos.

O ciclo bienal manteve-se normal, com o ano de 1972/73 revelando baixa produtividade, embora o extrato do balanço hídrico demonstre que as condições de umidade do solo estivessem favoráveis para a planta. Novamente a bienalidade está influenciando a produtividade, interferindo no efeito das condições meteorológicas.

Nos Apêndices 1 a 17, apresentam-se os resultados do balanço hídrico decendial para Campinas, Gália e Mococa, referentes aos períodos analisados nos modelos.

Figura 5 - Extratos do balanço hídrico decendial (CAD = 100 mm), referentes aos anos agrícolas de a) 1960/61 e b) 1961/62 , para Campinas (SP).

Figura 6 - Extratos do balanço hídrico decendial (CAD = 100 mm), referentes aos anos agrícolas de a) 1990/91 e b) 1991/92, para Gália (SP).

Figura 7 - Extratos do balanço hídrico decendial (CAD = 100 mm), referentes aos anos agrícolas de a) 1971/72 e b) 1972/73, para Mococa (SP).

4.3 Desempenho do modelo de Camargo et al. (1984a) para Mococa

A análise de regressão linear entre os valores observados e os estimados mostrou um desempenho ruim do modelo para Mococa. O resultado apresentou valor de R^2 relativamente alto (0,87), porém baixo índice d (0,51) em função da superestimativa obtida pelo modelo. Os erros sistemático e não sistemático apresentaram valores altos.

Isso confirma que novos modelos necessitam ser desenvolvidos a fim de aprimorar os modelos agrometeorológicos aplicáveis ao cafeeiro e, ainda, que métodos puramente empíricos podem não ser suficientes para estimar a produtividade dessa cultura.

A Tabela 5 e a Figura 8 mostram o desempenho do modelo de Camargo et al. (1984a).

4.4 Parametrização dos modelos 2, 3, 4 e 5

De acordo com os resultados apresentados nas Tabelas (6 a 14), basicamente não houve regressão linear em quase todas as combinações (A,B,C e D) para Campinas, Gália e Mococa. Essa análise confirma a importância da inclusão da produtividade do ano anterior em modelos agrometeorológicos aplicados à cultura do café, já que a oscilação anual da produtividade em cafeeiros foi bastante acentuada, não permitindo a correlação entre as variáveis nas regressões, para a determinação dos coeficientes e índices.

Apenas para algumas combinações foi possível obter a regressão múltipla, porém os coeficientes de determinação (R^2) foram muito baixos (0,04; 0,06; 0,08 em alguns casos) e os coeficientes (ky) e índices (λ) não apresentaram resultados coerentes.

É o caso, por exemplo, dos índices (λ) obtidos pelo modelo multiplicativo 5 para os três locais, cujos valores foram extremamente altos, principalmente nas combinações do tipo D (Tabelas 12 a 14), inviabilizando a aplicação do modelo.

Tabela 5. Resultados estatísticos da análise do teste do modelo de Camargo et al. (1984a), para Mococa (SP).

R ²	d	EAM	Es	Ea
		Kg café beneficiado/ha.ano		
0,87	0,51	3330,3	395,5	3363,7

R²: coeficiente de determinação; d: índice “d” de concordância de Wilmott; EAM: erro absoluto médio; Es: erro sistemático; Ea: erro aleatório

Figura 8 - Produtividades observadas e estimadas (kg de café beneficiado.ha⁻¹) pelo modelo de Camargo et al. (1984a) para Mococa (SP).

Tabela 6. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 3 (aditivo) para Campinas (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	ky1	ky2	ky3	kyT	R^2
A 1	n	n	n	n	n
A 2	n	n	n	n	n
A 3	n	n	n	n	n
A 4	n	n	n	n	n
A 5	n	n	n	n	n
B 1	n	n	n	n	n
B 2	n	n	n	n	n
B 3	n	n	n	n	n
B 4	n	n	n	n	n
C 1	2,07	-0,51	1,68	-	0,25
C 2	n	n	n	n	n
C 3	n	n	n	n	n
C 4	1,35	-1,53	6,83	-	0,04
D 1	n	n	n	n	n
D 2	0,84	-0,52	8,03	-	0,13
D 3	0,01	0,33	9,81	-	0,47

ky1: coeficiente relativo ao estágio I
 ky2: coeficiente relativo ao estágio II
 ky3: coeficiente relativo ao estágio III
 kyT: coeficiente relativo ao ciclo total
 n: não houve ajuste matemático

Tabela 7. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 3 (aditivo) para Gália (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	ky1	ky2	ky3	kyT	R^2
A 1	n	n	n	n	n
A 2	n	n	n	n	n
A 3	n	n	n	n	n
A 4	n	n	n	n	n
A 5	n	n	n	n	n
B 1	2,33	-0,47	-	-	0,51
B 2	2,68	-1,86	-	-	0,12
B 3	n	n	n	n	n
B 4	n	n	n	n	n
C 1	n	n	n	n	n
C 2	2,32	-0,68	-0,08	-	0,55
C 3	n	n	n	n	n
C 4	n	n	n	n	n
D 1	2,32	-0,59	0,69	-	0,51
D 2	2,72	-2,44	2,06	-	0,16
D 3	n	n	n	n	n

ky1: coeficiente relativo ao estágio I

ky2: coeficiente relativo ao estágio II

ky3: coeficiente relativo ao estágio III

kyT: coeficiente relativo ao ciclo total

n: não houve ajuste matemático

Tabela 8. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 3 (aditivo) para Mococa (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	ky1	ky2	ky3	kyT	R^2
A 1	n	n	n	n	n
A 2	n	n	n	n	n
A 3	n	n	n	n	n
A 4	n	n	n	n	n
A 5	n	n	n	n	n
B 1	2,26	-1,65	-	-	0,08
B 2	n	n	n	n	n
B 3	n	n	n	n	n
B 4	n	n	n	n	n
C 1	1,88	-0,17	-0,23	-	0,15
C 2	n	n	n	n	n
C 3	n	n	n	n	n
C 4	n	n	n	n	n
D 1	1,97	-1,43	1,49	-	0,13
D 2	n	n	n	n	n
D 3	n	n	n	n	n

ky1: coeficiente relativo ao estágio I

ky2: coeficiente relativo ao estágio II

ky3: coeficiente relativo ao estágio III

kyT: coeficiente relativo ao ciclo total

n: não houve ajuste matemático

Tabela 9. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 4 (multiplicativo) para Campinas (SP) em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	ky1	ky2	ky3	kyT	R^2
A 1	n	n	n	n	n
A 2	n	n	n	n	n
A 3	n	n	n	n	n
A 4	n	n	n	n	n
A 5	n	n	n	n	n
B 1	n	n	n	n	n
B 2	n	n	n	n	n
B 3	n	n	n	n	n
B 4	n	n	n	n	n
C 1	2,09	-0,30	1,81	-	0,31
C 2	n	n	n	n	n
C 3	n	n	n	n	n
C 4	1,26	0,68	8,30	-	0,06
D 1	n	n	n	n	n
D 2	-1,40	2,59	11,3	-	0,51
D 3	1,13	-3,55	11,1	-	0,26

ky1: coeficiente relativo ao estágio I
 ky2: coeficiente relativo ao estágio II
 ky3: coeficiente relativo ao estágio III
 kyT: coeficiente relativo ao ciclo total
 n: não houve ajuste matemático

Tabela 10. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 4 (multiplicativo) para Gália (SP) em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	$ky1$	$ky2$	$ky3$	kyT	R^2
A 1	n	n	n	n	n
A 2	n	n	n	n	n
A 3	n	n	n	n	n
A 4	n	n	n	n	n
A 5	n	n	n	n	n
B 1	2,25	-0,77	-	-	0,50
B 2	n	n	n	n	n
B 3	n	n	n	n	n
B 4	n	n	n	n	n
C 1	-0,24	1,37	2,77	-	0,27
C 2	2,07	-1,32	0,39	-	0,52
C 3	n	n	n	n	n
C 4	n	n	n	n	n
D 1	2,25	-0,74	-0,12	-	0,50
D 2	n	n	n	n	n
D 3	n	n	n	n	n

$ky1$: coeficiente relativo ao estágio I

$ky2$: coeficiente relativo ao estágio II

$ky3$: coeficiente relativo ao estágio III

kyT : coeficiente relativo ao ciclo total

n: não houve ajuste matemático

Tabela 11. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 4 (multiplicativo) para Mococa (SP) em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	ky1	ky2	ky3	kyT	R^2
A 1	n	n	n	n	n
A 2	n	n	n	n	n
A 3	n	n	n	n	n
A 4	n	n	n	n	n
A 5	n	n	n	n	n
B 1	n	n	n	n	n
B 2	n	n	n	n	n
B 3	n	n	n	n	n
B 4	n	n	n	n	n
C 1	1,64	-0,11	1,61	-	0,17
C 2	n	n	n	n	n
C 3	n	n	n	n	n
C 4	n	n	n	n	n
D 1	1,36	-0,79	5,43	-	0,06
D 2	n	n	n	n	n
D 3	n	n	n	n	n

ky1: coeficiente relativo à fase I

ky2: coeficiente relativo à fase II

ky3: coeficiente relativo à fase III

kyT: coeficiente relativo ao ciclo total

n: não houve ajuste matemático

Tabela 12. Valores dos índices de sensibilidade ao fator hídrico (λ) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 5 (multiplicativo) para Campinas (SP) em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	a	λ_1	λ_2	λ_3	λ_T	R^2
A 1	n	n	n	n	n	n
A 2	0,49	-	-	-	1,77	0,08
A 3	0,41	-	-	-	0,73	0,04
A 4	0,44	-	-	-	1,41	0,07
A 5	0,40	-	-	-	2,44	0,03
B 1	0,63	2,70	-0,77	-	-	0,20
B 2	0,45	0,95	-0,64	-	-	0,10
B 3	0,33	1,00	-6,45	-	-	0,11
B 4	0,43	1,40	-0,61	-	-	0,07
C 1	0,76	5,41	-1,78	2,86	-	0,84
C 2	0,35	-0,39	1,98	-5,97	-	0,30
C 3	0,47	-0,02	2,00	4,32	-	0,05
C 4	0,47	1,71	-6,61	7,95	-	0,35
D 1	0,59	2,75	-0,83	-2,13	-	0,20
D 2	0,73	1,38	-2,63	12,3	-	0,15
D 3	3,33	0,31	1,56	37,7	-	0,38

a: intersecção

λ_1 : índice relativo ao estágio I

λ_2 : índice relativo ao estágio II

λ_3 : índice relativo ao estágio III

λ_T : índice relativo ao ciclo total

n: não houve ajuste matemático

Tabela 13. Valores dos índices de sensibilidade ao fator hídrico (λ) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 5 (multiplicativo) para Gália (SP) em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	a	λ_1	λ_2	λ_3	λ_T	R^2
A 1	0,18	-	-	-	-3,42	0,03
A 2	0,22	-	-	-	-1,30	0,10
A 3	0,24	-	-	-	-0,73	0,01
A 4	0,16	-	-	-	-3,20	0,13
A 5	0,68	-	-	-	7,94	0,24
B 1	0,80	4,87	-2,52	-	-	0,44
B 2	0,21	2,26	-8,52	-	-	0,27
B 3	0,18	-0,43	-6,31	-	-	0,05
B 4	0,17	-3,25	0,50	-	-	0,13
C 1	0,49	-1,33	1,54	3,06	-	0,36
C 2	0,03	-8,47	-3,58	16,9	-	0,83
C 3	0,19	0,88	-5,54	3,73	-	0,23
C 4	0,14	- 1,32	-7,84	2,87	-	0,15
D 1	1,44	5,84	-3,57	12,2	-	0,50
D 2	0,19	2,09	-8,22	-1,85	-	0,27
D 3	0,10	-2,47	5,32	-10,6	-	0,28

a: intersecção

λ_1 : índice relativo ao estágio I

λ_2 : índice relativo ao estágio II

λ_3 : índice relativo ao estágio III

λ_T : índice relativo ao ciclo total

Tabela 14. Valores dos índices de sensibilidade ao fator hídrico (λ) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 5 (multiplicativo) para Mococa (SP) em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	a	λ_1	λ_2	λ_3	λ_T	R^2
A 1	n	n	n	n	n	n
A 2	n	n	n	n	n	n
A 3	0,10	-	-	-	-2,04	0,17
A 4	0,18	-	-	-	-1,33	0,03
A 5	n	n	n	n	n	n
B 1	0,29	2,16	-4,40	-	-	0,20
B 2	0,17	-1,43	6,37	-	-	0,27
B 3	0,14	-2,00	6,63	-	-	0,43
B 4	0,24	-2,33	10,2	-	-	0,36
C 1	0,15	2,30	-2,50	0,12	-	0,74
C 2	0,19	0,52	-2,83	8,22	-	0,39
C 3	0,13	-1,53	0,89	4,48	-	0,47
C 4	0,18	-2,14	8,07	0,52	-	0,38
D 1	0,30	1,14	-3,80	8,71	-	0,40
D 2	0,20	-1,30	5,41	2,98	-	0,27
D 3	0,10	-1,54	5,46	-10,9	-	0,52

a: intersecção

λ_1 : índice relativo ao estágio I

λ_2 : índice relativo ao estágio II

λ_3 : índice relativo ao estágio III

λ_T : índice relativo ao ciclo total

n: não houve ajuste matemático

4.5 Parametrização dos modelos 6, 7 e 8

Com a inclusão da produtividade do ano anterior representada pelo coeficiente (ky_0) e índice (λ_0), pode-se notar sensível melhora nos resultados, com valores de R^2 médios de 0,80 para as três localidades (Tabelas 15 a 23). Os valores de R^2 aumentaram significativamente neste caso, quando comparados à análise anterior dos modelos 2, 3, 4 e 5, demonstrando que a influência da produtividade do ano anterior é decisiva para o bom desempenho de modelos agrometeorológicos aplicados para a cultura do café.

Entretanto, mesmo com a melhora expressiva de uma forma geral em R^2 , os modelos multiplicativos 7 e 8 de Rao et al. (1988) e de Jensen (1968), respectivamente, não apresentaram desempenhos satisfatórios na determinação dos coeficientes e índices. Para o modelo 7, somente foi possível obter regressão linear com o valor da intersecção “a” diferente de zero ($a \neq 0$).

Os coeficientes referentes à produtividade do ano anterior (ky_0) atingiram, tanto para o modelo aditivo, como para os multiplicativos, valores mais altos em relação aos correspondentes às relações ER/EP das respectivas fases fenológicas na maioria das combinações em todos os locais (Tabelas 15 a 20). Indicando, assim, que o ciclo bienal do cafeeiro interfere mais acentuadamente na produtividade da cultura do que a deficiência hídrica. Mesmo que as condições climáticas tenham sido favoráveis para a planta e com atendimento da demanda hídrica da cultura, a produtividade segue o ciclo bienal e será baixa.

Para efeito de teste, fez-se uma pequena modificação nos modelos 6 e 7 no que se refere à entrada dos valores de ER/EP. A partir desses modelos, portanto, obtiveram-se os modelos 9 e 10.

Tabela 15. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 6 (aditivo) considerando a produtividade do ano anterior para Campinas (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	ky0	ky1	ky2	ky3	kyT	R^2
A 1	1,24	-	-	-	0,10	0,78
A 2	1,27	-	-	-	-0,02	0,78
A 3	1,29	-	-	-	-0,04	0,78
A 4	1,27	-	-	-	0,0008	0,78
A 5	1,16	-	-	-	0,58	0,80
B 1	1,35	-0,30	0,21	-	-	0,78
B 2	1,30	-0,45	1,46	-	-	0,85
B 3	1,37	-0,51	2,57	-	-	0,89
B 4	1,20	-0,15	2,37	-	-	0,84
C 1	1,50	-0,66	-0,02	0,46	-	0,83
C 2	1,51	-0,18	-0,49	1,71	-	0,89
C 3	1,17	-0,33	0,83	2,30	-	0,87
C 4	1,35	-0,51	1,14	1,80	-	0,91
D 1	1,40	-0,76	0,32	3,24	-	0,89
D 2	1,15	-0,29	0,48	3,40	-	0,92
D 3	1,10	-0,60	2,10	3,27	-	0,95

ky0: coeficiente relativo à produtividade do ano anterior

ky1: coeficiente relativo ao estágio I

ky2: coeficiente relativo ao estágio II

ky3: coeficiente relativo ao estágio III

kyT: coeficiente relativo ao ciclo total

Tabela 16. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 6 (aditivo) considerando a produtividade do ano anterior para Gália (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	ky0	ky1	ky2	ky3	kyT	R ²
A 1	0,90	-	-	-	0,91	0,80
A 2	0,88	-	-	-	0,70	0,81
A 3	0,93	-	-	-	0,45	0,81
A 4	0,99	-	-	-	0,41	0,77
A 5	0,89	-	-	-	0,91	0,76
B 1	0,76	0,77	0,04	-	-	0,83
B 2	0,77	1,04	-0,84	-	-	0,89
B 3	0,93	0,55	-0,65	-	-	0,81
B 4	0,99	0,37	0,21	-	-	0,77
C 1	0,92	0,02	0,69	-0,51	-	0,88
C 2	0,70	0,82	-0,02	-0,34	-	0,85
C 3	0,90	0,59	-0,65	1,27	-	0,88
C 4	0,98	0,40	0,51	-1,27	-	0,80
D 1	0,72	0,77	-0,002	0,20	-	0,83
D 2	0,78	1,01	-0,69	-0,48	-	0,89
D 3	0,95	0,43	0,36	-0,73	-	0,83

ky0: coeficiente relativo à produtividade do ano anterior

ky1: coeficiente relativo ao estágio I

ky2: coeficiente relativo ao estágio II

ky3: coeficiente relativo ao estágio III

kyT: coeficiente relativo ao ciclo total

Tabela 17. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 6 (aditivo) considerando a produtividade do ano anterior para Mococa (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	ky0	ky1	ky2	ky3	kyT	R ²
A 1	0,96	-	-	-	1,46	0,90
A 2	0,98	-	-	-	1,03	0,91
A 3	1,04	-	-	-	0,70	0,89
A 4	1,05	-	-	-	1,21	0,89
A 5	1,08	-	-	-	1,99	0,72
B 1	0,95	0,40	0,60	-	-	0,92
B 2	1,01	0,50	0,61	-	-	0,92
B 3	1,00	0,68	0,47	-	-	0,90
B 4	1,00	1,16	0,40	-	-	0,90
C 1	0,92	0,35	0,25	0,56	-	0,92
C 2	1,00	0,25	0,49	0,23	-	0,91
C 3	1,01	0,38	0,82	0,09	-	0,90
C 4	0,99	0,82	-0,20	0,98	-	0,92
D 1	0,94	0,38	0,61	0,18	-	0,92
D 2	0,99	0,49	0,74	-0,24	-	0,91
D 3	1,02	0,83	0,32	-1,33	-	0,91

ky0: coeficiente relativo à produtividade do ano anterior

ky1: coeficiente relativo ao estágio I

ky2: coeficiente relativo ao estágio II

ky3: coeficiente relativo ao estágio III

kyT: coeficiente relativo ao ciclo total

Tabela 18. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 7 (multiplicativo) considerando a produtividade do ano anterior para Campinas (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	ky0	ky1	ky2	ky3	kyT	R^2
A 1	1,23	-	-	-	0,83	0,84
A 2	1,24	-	-	-	0,56	0,83
A 3	1,24	-	-	-	0,37	0,83
A 4	1,25	-	-	-	0,58	0,84
A 5	1,22	-	-	-	1,39	0,86
B 1	1,25	0,04	0,56	-	-	0,84
B 2	1,23	-0,15	1,66	-	-	0,87
B 3	1,21	0,008	1,99	-	-	0,85
B 4	1,23	0,48	0,91	-	-	0,84
C 1	1,27	1,46	-0,83	1,12	-	0,90
C 2	1,24	-0,10	0,30	0,94	-	0,84
C 3	1,21	-0,30	1,17	2,35	-	0,88
C 4	1,16	-0,05	0,77	3,44	-	0,86
D 1	1,23	-0,12	0,53	1,22	-	0,84
D 2	1,14	-0,27	0,78	4,63	-	0,90
D 3	1,13	-0,67	2,01	4,24	-	0,90

ky0: coeficiente relativo à produtividade do ano anterior

ky1: coeficiente relativo ao estágio I

ky2: coeficiente relativo ao estágio II

ky3: coeficiente relativo ao estágio III

kyT: coeficiente relativo ao ciclo total

Tabela 19. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 7 (multiplicativo) considerando a produtividade do ano anterior para Gália (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	ky0	ky1	ky2	ky3	kyT	R^2
A 1	0,99	-	-	-	0,91	0,78
A 2	0,98	-	-	-	0,75	0,79
A 3	0,99	-	-	-	0,52	0,80
A 4	1,02	-	-	-	0,49	0,76
A 5	0,96	-	-	-	1,45	0,76
B 1	0,88	1,18	-0,52	-	-	0,81
B 2	0,95	1,21	-1,83	-	-	0,88
B 3	0,99	0,82	-2,02	-	-	0,82
B 4	1,02	0,76	-1,38	-	-	0,77
C 1	0,99	-0,11	0,92	-0,82	-	0,86
C 2	0,77	1,62	-1,26	-0,23	-	0,88
C 3	1,02	0,91	-1,77	1,19	-	0,88
C 4	0,99	0,95	1,79	-7,50	-	0,85
D 1	0,88	1,17	-0,50	-0,05	-	0,81
D 2	0,94	1,16	-1,27	-0,95	-	0,88
D 3	0,99	0,81	-1,89	-0,05	-	0,82

ky0: coeficiente relativo à produtividade do ano anterior

ky1: coeficiente relativo ao estágio I

ky2: coeficiente relativo ao estágio II

ky3: coeficiente relativo ao estágio III

kyT: coeficiente relativo ao ciclo total

Tabela 20. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 7 (multiplicativo) considerando a produtividade do ano anterior para Mococa (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	ky0	ky1	ky2	ky3	kyT	R^2
A 1	1,10	-	-	-	1,85	0,87
A 2	1,11	-	-	-	1,29	0,87
A 3	1,16	-	-	-	0,81	0,83
A 4	1,15	-	-	-	1,52	0,86
A 5	1,13	-	-	-	4,00	0,82
B 1	1,05	1,22	-0,91	-	-	0,89
B 2	1,12	-0,44	1,07	-	-	0,90
B 3	1,10	0,76	2,31	-	-	0,85
B 4	1,07	1,30	3,84	-	-	0,89
C 1	1,02	1,23	-0,18	1,16	-	0,95
C 2	1,14	-0,39	1,24	2,92	-	0,88
C 3	1,09	0,38	1,65	1,67	-	0,87
C 4	1,10	0,93	2,49	0,77	-	0,88
D 1	1,02	1,02	-0,49	2,59	-	0,90
D 2	1,18	0,54	3,62	-7,92	-	0,92
D 3	1,13	1,40	3,07	-12,5	-	0,94

ky0: coeficiente relativo à produtividade do ano anterior

ky1: coeficiente relativo ao estágio I

ky2: coeficiente relativo ao estágio II

ky3: coeficiente relativo ao estágio III

kyT: coeficiente relativo ao ciclo total

Tabela 21. Valores dos índices de sensibilidade ao fator hídrico (λ) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 8 (multiplicativo) considerando a produtividade do ano anterior para Campinas (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	a	λ_0	λ_1	λ_2	λ_3	λ_T	R^2
A 1	0,13	-0,78	-	-	-	0,68	0,58
A 2	0,13	-0,78	-	-	-	0,45	0,59
A 3	0,12	-0,80	-	-	-	0,07	0,58
A 4	0,14	-0,78	-	-	-	0,62	0,59
A 5	0,11	-0,80	-	-	-	0,009	0,58
B 1	0,14	-0,77	0,07	0,57	-	-	0,59
B 2	0,12	-0,77	0,36	-1,08	-	-	0,59
B 3	0,11	-0,77	0,25	-3,74	-	-	0,60
B 4	0,13	-0,78	0,61	-0,95	-	-	0,59
C 1	0,39	-0,33	4,30	-1,42	1,85	-	0,90
C 2	0,09	-0,82	-2,12	2,61	-3,04	-	0,76
C 3	0,13	-0,80	-0,01	0,03	3,34	-	0,59
C 4	0,14	-0,69	0,91	-3,41	-0,68	-	0,67
D 1	0,13	-0,77	0,10	0,54	-1,00	-	0,59
D 2	0,08	-0,85	0,04	0,09	-7,48	-	0,61
D 3	0,13	-0,74	0,23	-3,30	2,49	-	0,60

a: intersecção

λ_0 : índice relativo à produtividade do ano anterior

λ_1 : índice relativo ao estágio I

λ_2 : índice relativo ao estágio II

λ_3 : índice relativo ao estágio III

λ_T : índice relativo ao ciclo total

Tabela 22. Valores dos índices de sensibilidade ao fator hídrico (λ) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 8 (multiplicativo) considerando a produtividade do ano anterior para Gália (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	a	λ_0	λ_1	λ_2	λ_3	λ_T	R^2
A 1	0,36	-1,11	-	-	-	2,31	0,85
A 2	0,18	-0,59	-	-	-	1,02	0,31
A 3	0,17	-0,61	-	-	-	0,59	0,31
A 4	0,14	-0,53	-	-	-	-0,51	0,31
A 5	0,30	-0,42	-	-	-	4,62	0,36
B 1	0,58	-0,34	4,11	-0,92	-	-	0,50
B 2	0,11	-0,43	2,04	-4,94	-	-	0,40
B 3	n	n	n	n	n	n	n
B 4	n	n	n	n	n	n	n
C 1	0,27	-0,53	-0,53	2,36	-0,08	-	0,53
C 2	n	n	n	n	n	n	n
C 3	n	n	n	n	n	n	n
C 4	n	n	n	n	n	n	n
D 1	n	n	n	n	n	n	n
D 2	n	n	n	n	n	n	n
D 3	n	n	n	n	n	n	n

a: intersecção

λ_0 : índice relativo à produtividade do ano anterior

λ_1 : índice relativo ao estágio I

λ_2 : índice relativo ao estágio II

λ_3 : índice relativo ao estágio III

λ_T : índice relativo ao ciclo total

n: não houve ajuste matemático

Tabela 23. Valores dos índices de sensibilidade ao fator hídrico (λ) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 8 (multiplicativo) considerando a produtividade do ano anterior para Mococa (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	a	λ_0	λ_1	λ_2	λ_3	λ_T	R^2
A 1	0,09	-0,87	-	-	-	1,13	0,74
A 2	0,09	-0,88	-	-	-	0,81	0,75
A 3	0,07	-0,87	-	-	-	0,18	0,74
A 4	0,09	-0,92	-	-	-	1,50	0,76
A 5	0,09	-0,82	-	-	-	2,53	0,77
B 1	0,08	-0,97	-0,41	2,22	-	-	0,77
B 2	0,08	-0,79	-0,23	2,92	-	-	0,78
B 3	0,09	-0,76	-0,09	3,04	-	-	0,78
B 4	0,10	-0,84	1,06	2,16	-	-	0,77
C 1	0,11	-0,49	1,23	-1,18	0,65	-	0,80
C 2	0,07	-0,88	-0,89	1,51	2,99	-	0,82
C 3	0,09	-0,76	-0,02	0,04	2,53	-	0,78
C 4	0,08	-0,83	-0,05	4,56	-2,84	-	0,81
D 1	0,09	-0,89	-0,48	1,87	2,35	-	0,78
D 2	0,06	-0,86	-0,38	4,42	-5,46	-	0,80
D 3	0,07	-0,73	0,25	2,16	-9,38	-	0,85

a: intersecção

λ_0 : índice relativo à produtividade do ano anterior

λ_1 : índice relativo ao estágio I

λ_2 : índice relativo ao estágio II

λ_3 : índice relativo ao estágio III

λ_T : índice relativo ao ciclo total

A entrada dos valores médios de ER/EP associados aos períodos das fases fenológicas do café nos modelos originais de Stewart et al. (1976) modificado por Doorenbos & Kassam (1979) e Rao et al. (1988) - modelos 6 e 7 respectivamente foi feita utilizando-se (1-ER/EP).

Entretanto, na tentativa de estudar qual seria a melhor entrada de dados no modelo aditivo (6) e multiplicativo (7) para o cafeeiro, optou-se por testar os resultados com as variáveis ER/EP de forma direta.

A parametrização do modelo aditivo 9 (Tabelas 24 a 26) para Campinas, Gália e Mococa foi comparada ao modelo aditivo 6. Em princípio, a primeira e importante alteração que pode ser observada é a inversão dos sinais dos coeficientes relativos à produtividade do ano anterior (ky_0), os quais passam a ser negativos com a entrada direta de ER/EP.

Houve pouca variação dos coeficientes de determinação (R^2) entre os modelos 6 e 9, estando bastante próximos para todas as combinações nos três locais. Os coeficientes ky_0 permaneceram, na maioria dos casos, mais altos do que os coeficientes ky , mantendo assim, o peso da produtividade do ano anterior sobre a influência da deficiência hídrica, nas respectivas fases fenológicas representadas pela relação ER/EP.

No caso do modelo multiplicativo de Rao et al. (1988) modificado com a inclusão da produtividade do ano anterior (modelo 7), não foi possível fazer esta opção de entrada de direta ER/EP (modelo 10), já que não houve regressão linear em nenhum local e em todas as combinações, sem exceção.

Tabela 24. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 9 adaptado (aditivo) para Campinas (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	ky0	ky1	ky2	ky3	kyT	R^2
A 1	-0,83	-	-	-	0,91	0,72
A 2	-0,72	-	-	-	0,91	0,60
A 3	-0,56	-	-	-	0,90	0,36
A 4	-0,71	-	-	-	0,89	0,59
A 5	-0,93	-	-	-	0,90	0,82
B 1	-1,14	-1,04	1,63	-	-	0,44
B 2	-1,14	-0,67	1,49	-	-	0,93
B 3	-1,21	-0,62	1,44	-	-	0,95
B 4	-1,09	-0,35	1,20	-	-	0,89
C 1	-0,87	0,30	-0,59	1,06	-	0,89
C 2	-1,37	-0,40	-0,37	1,64	-	0,93
C 3	-1,07	-0,48	0,56	0,71	-	0,94
C 4	-1,24	-0,55	0,63	0,78	-	0,93
D 1	-1,30	-1,01	0,19	1,60	-	0,96
D 2	-1,16	-0,54	0,67	0,69	-	0,95
D 3	-1,22	-0,62	1,48	-0,04	-	0,95

ky0: coeficiente relativo à produtividade do ano anterior

ky1: coeficiente relativo ao estágio I

ky2: coeficiente relativo ao estágio II

ky3: coeficiente relativo ao estágio III

kyT: coeficiente relativo ao ciclo total

Tabela 25. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 9 adaptado (aditivo) para Gália (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	ky0	ky1	ky2	ky3	kyT	R^2
A 1	-1,04	-	-	-	1,12	0,82
A 2	-1,05	-	-	-	1,19	0,85
A 3	-1,04	-	-	-	1,22	0,75
A 4	-1,20	-	-	-	1,23	0,74
A 5	-0,82	-	-	-	0,96	0,76
B 1	-0,88	0,81	0,34	-	-	0,85
B 2	-0,95	1,11	0,10	-	-	0,89
B 3	-1,08	0,62	0,53	-	-	0,82
B 4	-1,12	0,60	0,52	-	-	0,78
C 1	-1,21	0,82	1,14	-0,51	-	0,92
C 2	-0,87	0,88	0,14	0,15	-	0,88
C 3	-0,94	0,64	-0,56	0,95	-	0,88
C 4	-1,17	0,50	1,40	-0,71	-	0,81
D 1	-0,88	0,82	0,35	-0,02	-	0,85
D 2	-0,90	1,15	-0,49	0,49	-	0,90
D 3	-1,05	0,49	1,11	-0,49	-	0,82

ky0: coeficiente relativo à produtividade do ano anterior

ky1: coeficiente relativo ao estágio I

ky2: coeficiente relativo ao estágio II

ky3: coeficiente relativo ao estágio III

kyT: coeficiente relativo ao ciclo total

Tabela 26. Valores dos coeficientes de resposta da cultura ao suprimento de água (ky) e de determinação (R^2) obtidos na parametrização do modelo 9 adaptado (aditivo) para Mococa (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	ky0	ky1	ky2	ky3	kyT	R^2
A 1	-0,96	-	-	-	0,92	0,87
A 2	-1,02	-	-	-	1,02	0,91
A 3	-1,26	-	-	-	1,28	0,91
A 4	-1,04	-	-	-	0,96	0,88
A 5	-0,87	-	-	-	0,76	0,82
B 1	-0,98	0,51	0,54	-	-	0,92
B 2	-1,05	0,62	0,45	-	-	0,91
B 3	-1,19	1,05	0,14	-	-	0,92
B 4	-1,08	1,20	-0,19	-	-	0,89
C 1	-1,03	0,28	0,45	0,36	-	0,92
C 2	-1,08	0,34	0,58	0,17	-	0,92
C 3	-1,20	0,71	0,56	-0,07	-	0,91
C 4	-1,11	1,00	-0,56	0,64	-	0,91
D 1	-1,00	0,49	0,68	-0,10	-	0,92
D 2	-1,00	0,60	0,64	-0,17	-	0,91
D 3	-1,16	1,06	0,40	-0,28	-	0,92

ky0: coeficiente relativo à produtividade do ano anterior

ky1: coeficiente relativo ao estágio I

ky2: coeficiente relativo ao estágio II

ky3: coeficiente relativo ao estágio III

kyT: coeficiente relativo ao ciclo total

4.5.1 Análise das relações entre os coeficientes e índices e a fenologia do cafeeiro

Conforme análise anterior, os modelos multiplicativos tiveram pior desempenho na parametrização em relação aos aditivos (modelos 6 e 9). Consequentemente, os coeficientes e índices extrapolaram limites considerados confiáveis para a aplicação dos modelos. Pode-se observar na Tabela 18, por exemplo, que os coeficientes obtidos pelo modelo 7 chegaram a penalizar acentuadamente a deficiência hídrica nos meses de dez/fev, jan/mar e fev/abr, correspondentes aos ky_3 das combinações D1, D2 e D3 respectivamente.

Por hipótese, espera-se que as penalizações não sejam muito acentuadas nesses meses, já que durante esse período a planta inicia a fase de maturação do grão. Valores extremamente altos de ky obtidos pelo modelo multiplicativo 7 também foram encontrados em Gália e Mococa, como o coeficiente ky_3 igual a -7,50 na combinação C4 e ky_3 iguais a 2,59; -7,92 e -12,5 nas combinações D1, D2 e D3 (Tabelas 19 e 20).

Resultados semelhantes foram encontrados nos modelos de Jensen (modelo 8), cujos índices apresentaram valores exagerados principalmente nos últimos coeficientes, ou seja, λ_2 (combinações do tipo B) e λ_3 (combinações do tipo C e D), conforme mostram as tabelas 21 a 23.

Uma justificativa para os valores altos de ky e λ obtidos pelos modelos multiplicativos é justamente o efeito maior da produtividade do ano anterior estar sendo considerado como um produtório sobre os demais coeficientes ky , penalizando excessivamente a última fase. Essa penalização é mais acentuada no modelo de Jensen (8), pois a intersecção “a” interfere nos valores de λ_0 .

Embora muitos trabalhos desenvolvidos para culturas anuais mostrem que modelos baseados em produtórios podem representar melhor a resposta das plantas à disponibilidade hídrica, não se pode admitir que sejam válidos e aplicáveis para a cultura do café. As variáveis Y_{aa}/Y_p e ER/EP interligadas por somatório tendem a minimizar o efeito da oscilação de altas e baixas produções.

Os modelos aditivos não apresentaram a tendência de acentuar o efeito da produtividade do ano anterior por considerar como somatório o efeito da bienalidade.

Isso indica que modelos aditivos são mais apropriados que os multiplicativos para o cafeeiro.

A interferência da bienalidade do cafeeiro é marcante nos resultados da parametrização dos modelos, variando, no entanto, para cada local. Diferentes valores de k_y foram obtidos pelos modelos aditivos nas diferentes combinações, porém os modelos aditivos 6 e 9 foram mais consistentes nas análises quando comparados aos multiplicativos.

Analisando-se conjuntamente as Tabelas 15, 16 e 17 correspondentes ao modelo 6 e as Tabelas 24, 25 e 26 correspondentes ao modelo 9, pode-se observar uma tendência dos modelos em apresentar coeficientes elevados, principalmente durante o florescimento e formação do grão, com exceção de Campinas, para o modelo 6, nas combinações do tipo D, que penalizou a formação do grão mais tardia (a partir de dezembro) e maturação, conforme a Tabela 15.

O modelo 6 mostrou, para Gália, que os períodos aparentemente mais sensíveis à falta de água parece ser durante a dormência das gemas florais e início do florescimento. Esse resultado é coerente com Castro (1961), pois ressalta-se que deficiência hídrica muito severa a partir de maio até o período de formação das gemas pode comprometer a florada seguinte e a produtividade. A tendência do modelo demonstrou também para esse local, que a formação do grão e maturação não são afetados seriamente pela deficiência hídrica nos meses em que elas ocorrem, em função de os coeficientes k_{y3} correspondentes às fases mencionadas serem negativos em quase todas as combinações B, C e D (Tabela 16).

O grau de importância dos índices λ e dos coeficientes k_y varia, em relação à influência da deficiência hídrica, em ordem decrescente de grandeza: valores positivos de k_y ou λ podem ocasionar, dependendo da fase fenológica na qual a cultura se encontra, acentuada penalização da produtividade. Isso pode ser atribuído ao fato de a deficiência estar ocorrendo justamente em períodos críticos para a planta em termos de falta de água; valores próximos de zero tendem a causar pouca variação da produtividade no que se refere ao fator hídrico; valores negativos demonstram que a fase fenológica não está sendo prejudicada com a baixa reserva de água no solo, ao contrário,

muitas vezes é necessário haver períodos mais secos durante o ciclo da cultura. É o caso, por exemplo, da fase de maturação do cafeeiro, ou mesmo a fase de dormência das gemas para favorecer a florada uniforme, embora porém neste último caso, a deficiência hídrica não possa ser muito severa para não comprometer o florescimento.

Os melhores resultados encontrados entre os locais pelo modelo 6 foram obtidos em Mococa (Tabela 17), onde a penalização em função da deficiência hídrica concentrou-se durante o florescimento e formação do grão, demonstrando que o período posterior (maturação) não é prejudicado pela falta de água. Os coeficientes relativos à maturação apresentaram valores mais baixos em relação aos das outras fases, ou mesmo negativos em alguns casos (como as combinações D2 e D3).

Não houve diferença marcante na parametrização dos modelos 6 e 9, no que se refere à penalização das fases fenológicas para os locais considerados, exceto em Campinas, onde o modelo 9 reduziu a penalização nas combinações B3, B4; C2, C3 e C4; D1, D2 e D3 que apresentaram valores de k_y superiores a 2,30 obtidas pelo modelo 6.

Os modelos aditivos 6 e 9, portanto, apresentaram bom desempenho nas parametrizações em relação aos multiplicativos, já que os valores dos coeficientes k_y e de determinação (R^2) foram consistentes.

4.6 Resultados do teste dos modelos aditivos 6 e 9

As análises estatísticas resultantes do teste dos modelos aditivos 6 e 9 com dados independentes de produtividade podem ser encontradas nas Tabelas 27 a 32. Não foram realizados testes para os modelos multiplicativos em virtude do fraco desempenho nas parametrizações.

Para o teste dos modelos, consideraram-se os coeficientes k_{y0} e k_{yi} parametrizados juntamente com a produtividade potencial (Y_p). As relações ER/EP, no entanto, foram as mesmas utilizadas nas parametrizações, já que não houve a possibilidade de obtenção de dados de produtividade de café de diferentes anos agrícolas nos municípios estudados sem ocorrência de podas e geadas. Produtividades de outros

talhões foram consideradas para o teste.

Comparando-se inicialmente o coeficiente de determinação (R^2), observa-se que os valores de forma geral estão próximos, principalmente em Mococa onde a variação foi mínima. Em Campinas, o modelo 9 apresentou melhores coeficientes em relação ao modelo 6 na maioria das combinações (B,C e D).

Para os demais parâmetros analisados - índice d, erros absolutos médios (EAM), erro sistemático (es) e erro aleatório (ea) - os resultados mostraram que os dois modelos não diferiram significativamente em Gália e Mococa, apresentando índices d bastante elevados nas combinações C e D em Gália e em todas as combinações em Mococa. Entretanto, para Campinas, o desempenho do modelo 9 foi, em média, melhor do que o do modelo 6, já que para a maioria das combinações, houve diminuição dos erros absolutos, sistemáticos e aleatórios, conforme demonstra a comparação das Tabelas 27 e 30.

O modelo 9 proposto neste trabalho com entrada direta dos valores de ER/EP, parece ter sido o mais apropriado para Campinas de acordo com as análises da parametrização e testes; em Gália e Mococa, seu desempenho nos testes foi razoável, ficando bastante próximo do modelo original com entrada $(1 - ER/EP)$.

Tabela 27. Resultados estatísticos da análise do teste do modelo 6 (aditivo) com a inclusão da produtividade do ano anterior para Campinas (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	R ²	d	EAM	Es	Ea
A 1	0,68	0,31	0,28	0,13	0,17
A 2	0,70	0,30	0,28	0,13	0,18
A 3	0,70	0,30	0,28	0,13	0,18
A 4	0,69	0,31	0,28	0,13	0,18
A 5	0,67	0,28	0,26	0,12	0,16
B 1	0,69	0,30	0,28	0,14	0,18
B 2	0,76	0,32	0,25	0,12	0,17
B 3	0,81	0,31	0,22	0,11	0,17
B 4	0,77	0,43	0,23	0,11	0,16
C 1	0,73	0,32	0,25	0,13	0,19
C 2	0,80	0,28	0,23	0,11	0,18
C 3	0,81	0,40	0,22	0,09	0,15
C 4	0,88	0,48	0,19	0,09	0,16
D 1	0,78	0,51	0,22	0,10	0,16
D 2	0,88	0,61	0,18	0,08	0,14
D 3	0,87	0,46	0,17	0,07	0,13

R²: coeficiente de determinação

d: índice “d” de concordância de Wilmott

EAM: erro absoluto médio

Es: erro sistemático

Ea: erro aleatório

Tabela 28. Resultados estatísticos da análise do teste do modelo 6 (aditivo) com a inclusão da produtividade do ano anterior para Gália (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	R ²	d	EAM	Es	Ea
A 1	0,48	0,79	0,14	0,14	0,13
A 2	0,48	0,79	0,14	0,14	0,13
A 3	0,46	0,79	0,15	0,15	0,13
A 4	0,44	0,77	0,16	0,15	0,13
A 5	0,52	0,82	0,17	0,16	0,12
B 1	0,57	0,85	0,14	0,15	0,09
B 2	0,35	0,72	0,20	0,22	0,17
B 3	0,41	0,77	0,16	0,17	0,13
B 4	0,45	0,78	0,15	0,15	0,13
C 1	0,67	0,87	0,14	0,11	0,10
C 2	0,52	0,82	0,15	0,16	0,10
C 3	0,60	0,85	0,14	0,15	0,10
C 4	0,40	0,77	0,17	0,17	0,13
D 1	0,58	0,85	0,14	0,14	0,10
D 2	0,51	0,82	0,14	0,18	0,09
D 3	0,44	0,78	0,16	0,17	0,12

R²: coeficiente de determinação

d: índice “d” de concordância de Wilmott

EAM: erro absoluto médio

Es: erro sistemático

Ea: erro aleatório

Tabela 29. Resultados estatísticos da análise do teste do modelo 6 (aditivo) com a inclusão da produtividade do ano anterior para Mococa (SP), em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	R ²	d	EAM	Es	Ea
A 1	0,91	0,97	0,07	0,08	0,04
A 2	0,92	0,98	0,07	0,08	0,05
A 3	0,91	0,97	0,08	0,08	0,06
A 4	0,90	0,97	0,08	0,09	0,04
A 5	0,84	0,94	0,13	0,14	0,08
B 1	0,93	0,98	0,06	0,07	0,04
B 2	0,92	0,98	0,06	0,08	0,03
B 3	0,91	0,97	0,08	0,08	0,06
B 4	0,90	0,97	0,08	0,09	0,05
C 1	0,93	0,98	0,06	0,07	0,03
C 2	0,92	0,98	0,07	0,08	0,03
C 3	0,91	0,97	0,07	0,08	0,04
C 4	0,92	0,98	0,07	0,08	0,04
D 1	0,93	0,98	0,06	0,07	0,04
D 2	0,92	0,98	0,07	0,08	0,04
D 3	0,93	0,98	0,07	0,07	0,04

R²: coeficiente de determinação

d: índice “d” de concordância de Wilmott

EAM: erro absoluto médio

Es: erro sistemático

Ea: erro aleatório

Tabela 30. Resultados estatísticos da análise do teste do modelo 9 (aditivo) modificado e com a inclusão da produtividade do ano anterior para Campinas (SP) em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	R ²	d	EAM	Es	Ea
A 1	0,56	0,31	0,20	0,13	0,12
A 2	0,45	0,23	0,22	0,15	0,11
A 3	0,29	0,23	0,22	0,18	0,11
A 4	0,41	0,20	0,24	0,16	0,11
A 5	0,65	0,28	0,20	0,11	0,13
B 1	0,43	0,22	0,23	0,16	0,11
B 2	0,80	0,51	0,18	0,11	0,13
B 3	0,85	0,49	0,19	0,09	0,14
B 4	0,80	0,53	0,20	0,09	0,13
C 1	0,78	0,48	0,17	0,12	0,11
C 2	0,78	0,40	0,19	0,12	0,15
C 3	0,85	0,58	0,18	0,09	0,12
C 4	0,89	0,56	0,18	0,07	0,14
D 1	0,79	0,63	0,18	0,10	0,14
D 2	0,84	0,58	0,18	0,09	0,13
D 3	0,85	0,50	0,18	0,09	0,14

R²: coeficiente de determinação

d: índice “d” de concordância de Wilmott

EAM: erro absoluto médio

Es: erro sistemático

Ea: erro aleatório

Tabela 31. Resultados estatísticos da análise do teste do modelo 9 (aditivo) modificado e com a inclusão da produtividade do ano anterior para Gália (SP) em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	R ²	d	EAM	Es	Ea
A 1	0,48	0,79	0,15	0,16	0,13
A 2	0,45	0,78	0,16	0,17	0,12
A 3	0,30	0,73	0,18	0,21	0,13
A 4	0,29	0,71	0,20	0,18	0,15
A 5	0,52	0,82	0,16	0,15	0,11
B 1	0,82	0,16	0,16	0,11	0,53
B 2	0,79	0,16	0,19	0,11	0,45
B 3	0,78	0,16	0,17	0,13	0,43
B 4	0,77	0,17	0,15	0,14	0,44
C 1	0,75	0,90	0,12	0,11	0,10
C 2	0,50	0,81	0,16	0,18	0,10
C 3	0,57	0,84	0,15	0,16	0,09
C 4	0,42	0,77	0,17	0,17	0,14
D 1	0,53	0,82	0,16	0,16	0,10
D 2	0,50	0,81	0,15	0,18	0,10
D 3	0,46	0,78	0,16	0,16	0,12

R²: coeficiente de determinação

d: índice “d” de concordância de Wilmott

EAM: erro absoluto médio

Es: erro sistemático

Ea: erro aleatório

Tabela 32. Resultados estatísticos da análise do teste do modelo 9 (aditivo) modificado e com a inclusão da produtividade do ano anterior para Mococa (SP) em função das combinações com diferentes durações dos períodos considerados nas relações ER/EP.

COMBINAÇÕES	R ²	d	EAM	Es	Ea
A 1	0,88	0,97	0,07	0,09	0,05
A 2	0,92	0,98	0,06	0,08	0,04
A 3	0,92	0,98	0,07	0,08	0,03
A 4	0,89	0,97	0,08	0,09	0,05
A 5	0,83	0,95	0,09	0,11	0,06
B 1	0,93	0,98	0,06	0,08	0,03
B 2	0,92	0,98	0,06	0,08	0,02
B 3	0,93	0,98	0,07	0,08	0,04
B 4	0,90	0,97	0,08	0,09	0,04
C 1	0,93	0,98	0,06	0,08	0,03
C 2	0,92	0,98	0,07	0,08	0,03
C 3	0,93	0,98	0,07	0,08	0,04
C 4	0,92	0,98	0,07	0,08	0,04
D 1	0,93	0,98	0,06	0,08	0,03
D 2	0,92	0,97	0,07	0,08	0,05
D 3	0,93	0,98	0,06	0,08	0,03

R²: coeficiente de determinação

d: índice “d” de concordância de Wilmott

EAM: erro absoluto médio

Es: erro sistemático

Ea: erro aleatório

4.6.1 Análise das melhores combinações de duração de ER/EP para o cafeeiro

As figuras 9 a 32 apresentam os valores de produtividade relativa observada (Y_r/Y_p) e produtividade relativa estimada (Y_{est}/Y_p) pelos modelos aditivos 6 e 9 para os três locais estudados e todas as combinações.

Como esperado, as combinações do tipo A apresentaram os piores resultados, já que os períodos de duração de ER/EP são maiores e mascaram na média a influência da deficiência hídrica (combinações A1 e A2 com duração de oito meses e cinco meses respectivamente). Embora as combinações A3, A4 e A5 representem períodos médios menores de ER/EP, a determinação de apenas um ky para o ciclo todo compromete os resultados por também amenizar o efeito da deficiência hídrica durante o desenvolvimento da planta.

Excetuando-se Mococa, onde os resultados foram bastante elevados tanto para R^2 como para o índice d, nos demais locais as análises mostraram que esse tipo de combinação (A) não foi satisfatório para demonstrar a influência da deficiência hídrica no ciclo do cafeeiro considerado como um todo.

Para Campinas (Figuras 9 a 12 e 21 a 24), houve uma superestimativa de ambos os modelos aditivos em quase todas as combinações (principalmente o modelo 6), provavelmente pelo fato de os valores de produtividade obtidos de progênies estarem elevados para o cultivo comercial. Entretanto, a melhor combinação encontrada para Campinas foi a do tipo D – valores médios trimestrais de ER/EP divididos em três períodos obtidos pelo modelo 9 – onde o R^2 e o índice d foram mais elevados.

Os valores de produtividade relativa (Y_r/Y_p) estimados pelos modelos 6 e 9 para Gália (Figuras 13 a 16 e 25 a 28) encontram-se bastante dispersos quando plotados no gráfico 1:1, entretanto as combinações C – valores médios bimestrais de ER/EP divididos em três fases – apresentaram melhores resultados nos dois modelos, apesar de a diferença nos resultados não ser muito distante das combinações D.

Para Mococa (Figuras 17 a 20 e 29 a 32), as análises mostraram bom desempenho dos modelos 6 e 9 para todas as combinações, com R^2 e índice d atingindo valores 0,93 e 0,98 respectivamente. Para essa localidade, os resultados obtidos pelos

modelos aditivos não diferiram entre si, demonstrando a influência marcante da deficiência hídrica em cada período analisado.

Os resultados apresentados para as três localidades não tiveram uma homogeneidade quanto ao peso dos coeficientes ky nas fases fenológicas do cafeeiro e quanto à representatividade dos diferentes períodos médios de ER/EP (combinações A, B, C e D). Tal resultado pode ser atribuído às diferentes oscilações anuais de produtividade presentes em cada local, interferindo de maneira decisiva sobre a estimativa dos modelos.

Os modelos aditivos responderam melhor ao efeito da bienalidade em todos os locais, tornando melhores os resultados desses tipos de modelos em relação aos multiplicativos. A combinação D3 que compreende os períodos: ago/set/out; nov/dez/jan e fev/mar/abr, obtida pelo modelo 9, foi a que apresentou melhores resultados na parametrização e teste para os três locais.

A Tabela 33 apresenta os valores de ky_0 e de ky para Campinas, Gália e Mococa obtidos pelo modelo 9 para a combinação D3. A maior penalização indicada pela magnitude dos coeficientes obtida pelo modelo para Campinas e Gália ocorreu no período de florescimento e formação do grão (nov/dez/jan), estágio este, sensível à falta de água. Em Mococa, o valor mais alto de ky foi no estágio de repouso e início do florescimento (ago/set/out), período também importante para a cultura.

Para as três localidades, o modelo mostrou que durante o estágio de formação do grão e maturação, pode ocorrer deficiência hídrica sem que a produtividade seja afetada significativamente, já que os coeficientes ky_3 foram todos negativos. Em Campinas, o modelo demonstrou que a deficiência hídrica mais acentuada durante o estágio de dormência das gemas e início do florescimento é benéfica para o preparo do botão floral.

Embora os valores de ky_0 sejam negativos em função da entrada direta dos valores de ER/EP, o peso da produtividade do ano anterior foi superior a 1,0 em todos os locais, confirmando o efeito marcante da bienalidade.

Tabela 33. Valores de ky_0 (coeficiente relativo à produtividade do ano anterior) e ky (coeficiente de resposta da cultura ao suprimento hídrico) obtidos pelo modelo 9 para Campinas, Gália e Mococa.

Combinação D3	Ky0 Produtividade Ano anterior	Ky1 dorm/início flor. ago/set/out	Ky2 flor./form. grão nov/dez/jan	Ky3 form. grão/mat fev/mar/abr
Campinas	-1,22	-0,62	1,48	-0,04
Gália	-1,05	0,49	1,11	-0,49
Mococa	-1,16	1,06	0,40	-0,28

Figura 9 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Campinas, referentes às combinações do tipo A.

Figura 10 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Campinas, referentes às combinações do tipo B.

Figura 11 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Campinas, referentes às combinações do tipo C.

Figura 12 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Campinas, referentes às combinações do tipo D.

Figura 13 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Gália, referentes às combinações do tipo A.

Figura 14 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Gália, referentes às combinações do tipo B.

Figura 15 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Gália, referentes às combinações do tipo C.

Figura 16 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Gália, referentes às combinações do tipo D.

Figura 17 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Mococa, referentes às combinações do tipo A.

Figura 18 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Mococa, referentes às combinações do tipo B.

Figura 19 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Mococa, referentes às combinações do tipo C.

Figura 20 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 6 para Mococa, referentes às combinações do tipo D.

Figura 21 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Campinas, referentes às combinações do tipo A.

Figura 22 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Campinas, referentes às combinações do tipo B.

Figura 23 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Campinas, referentes às combinações do tipo C.

Figura 24 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Campinas, referentes às combinações do tipo D.

Figura 25 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Gália, referentes às combinações do tipo A.

Figura 26 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Gália, referentes às combinações do tipo B.

Figura 27 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Gália, referentes às combinações do tipo C.

Figura 28 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Gália, referentes às combinações do tipo D.

Figura 29 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Mococa, referentes às combinações do tipo A.

Figura 30 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Mococa, referentes às combinações do tipo B.

Figura 31 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Mococa, referentes às combinações do tipo C.

Figura 32 – Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo 9 para Mococa, referentes às combinações do tipo D.

5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- a) A produtividade do ano anterior deve ser considerada em modelos agrometeorológicos aplicados para o cafeeiro, já que o ciclo bienal interfere no efeito da disponibilidade hídrica sobre a produtividade do cafeeiro. Os coeficientes relativos à produtividade do ano anterior apresentaram grande influência sobre a produtividade na maioria das combinações.
- b) Modelos matemáticos aditivos mostraram-se mais apropriados para a estimativa de produtividade do cafeeiro do que os multiplicativos.
- c) O modelo aditivo 9 (Stewart et al. (1976) adaptado) apresentou melhor desempenho na parametrização e no teste, comparado aos demais modelos, para os três locais.
- d) A combinação D3, que compreende os trimestres: ago/set/out; nov/dez/jan; fev/mar/abr obtida pelo modelo aditivo 9, foi a que apresentou melhores resultados na parametrização e teste em todos os locais considerados.
- e) As magnitudes dos coeficientes (k_y) de resposta da cultura ao suprimento hídrico determinados revelam que a produtividade do cafeeiro é particularmente sensível ao estresse hídrico durante os estádios fenológicos do início do florescimento e formação do grão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOCK, B.; ACOCK, M. C. Potential for using long-term field research data to develop and validate crop simulators. **Agronomy Journal**, v. 83, p. 56-61, 1991.
- ALFONSI, R.R.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; ARRUDA, F. B.; ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M. B. P.; BRUNINI, O. **Métodos agrometeorológicos para controle da irrigação**. Campinas: Instituto Agronômico, 1990. 62 p. (Boletim Técnico, 133).
- ALVIM, P. T. Tree growth periodicity in tropical climates. In: Zimmermann, M. H. (Ed) **Formation of wood in forest trees**. New York: Academic Press 1964. p. 479-495.
- BAIER, W. Notes on terminology of crop-weather models. **Agricultural Meteorology**, v. 20, n. 1, p. 137 – 145, 1979.
- BARBIERI, V.; TUON, R. L.; ANGELOCCI, L. R. Programa para microcomputador do balanço hídrico (Thornthwaite & Mather, 1955) para dados mensais e decendiais, normais e sequenciais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7, Viçosa, 1991. **Resumos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1991, p. 297-299.

- BARROS, I. Produção das variedades Caturra e Mundo Novo de café em função do espaçamento, número de plantas por cova e condução das plantas. Piracicaba, 1997. 82 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- BARROS, R. S.; MAESTRI, M. ; COONS, M. P. The physiology of flowering in coffee: a review. **Journal of Coffee Research**, v. 8, n. 2/3, p. 29 - 73, 1978.
- BEAUMONT, J. H. An analysis of growth and yield relationships of coffeetrees in the Kona District, Hawaii. **Journal of Agricultural Research**, n.59, p. 223-235, 1939.
- BERLATO, M. A.; GONÇALVES, N. M. Relação entre o índice hídrico P/ETP e rendimento de soja. **Agronomia Sulriograndense**, v. 14, n. 2, p. 227 - 333, 1978.
- BOYER, J. Étude expérimentale des effects du rèfime d'humidité du sol sur la croissance végétative, la floraison et la frutification des caféier Robusta. **Café Cacao, Thé**, n. 13, p. 187-200, 1969.
- CAMARGO, A. P. O clima e a cafeicultura no Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 11, n.126, p. 13 - 26, 1985a.
- CAMARGO, A. P. Florescimento e frutificação de café arábica nas diferentes regiões (cafeeiras) do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n.7, p.831 - 839, jul. 1985 b.
- CAMARGO, A. P. Balanço hídrico, florescimento e necessidade de água para o cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, Campinas, 1987. **Anais**. Campinas: Fundação Cargill, 1987 p.53-90.

CAMARGO, A. P. ; PEREIRA, A. R. **Agrometeorology of the coffee crop**. Geneve: World Meteorological Organization, 1994. 96p. (Agricultural Meteorology CaM Report, 58).

CAMARGO, A. P. ; GROHMANN, L. DESSIMONI, M. L. ; TEIXEIRA, A. A. Efeitos na produção de café de épocas de rega e de supressão da água, por meio de cobertura transparente (barçaça). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11, Londrina, 1984b. **Resumos**. Londrina: IBC, 1984b. p 62 - 64.

CAMARGO, M. B. P. Exigências bioclimáticas e estimativa de produtividade para quatro cultivares de soja no Estado de São Paulo. Piracicaba, 1984. 96 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

CAMARGO, M. B. P. Determination of the water balance componts and drought sensitivity indices for a sorghum crop. Lincoln, 1993. 131 p. Thesis (Ph.D). - University of Nebraska.

CAMARGO, M. B. P. **Relação demanda hídrica e produtividade da cultura de citros no Estado de São Paulo**. Campinas: IAC;SAA, 1995. 158 p. (Relatório de Atividades de Pesquisa - CNPq).

CAMARGO, M. B. P.; CAMARGO, A. P. Representação gráfica informatizada do extrato do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather. **Bragantia**, v. 52, n. 2, p. 169 - 172, 1993.

CAMARGO, M. B. P.; BRUNINI, O. ; MIRANDA, M. A. C. Modelo agrometeorológico para estimativa da produtividade para a cultura da soja no

Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 45, n. 2, p. 279 - 292, 1986.

CAMARGO, M. B. P.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; ORTOLANI, A. A.; ROSA, S.M.
Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos de estimativa de produtividade de laranjas no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9, Campina Grande, 1995. **Anais**. Campina Grande: SBA, 1995. p. 412-414.

CAMARGO, M. B. P. de; PEDRO JÚNIOR, M. J.; ORTOLANI, A. A. ; ALFONSI, R. R.; PINTO, H. S. Relações entre a precipitação pluviométrica e a produtividade do cafeeiro. **Ecossistema**, v. 9, p.166 - 171, 1984a.

CANNELL, M. G. R. Production and distribution of dry matter in trees of *Coffea arabica* L. in Kenia as affected by seasonal climatic differences and the presence of fruits. **Annals of Applied Biology**, v. 67, p. 99-120, 1971.

CANNEL, M. G. R. & HUXLEY, P. A.. Seasonal differences in the pattern of assimilate movement in branches of *Coffea arabica* L. **Annals of Applied Biology**, v.64, p.345 - 357, 1969.

CARVAJAL, J. F. Cafeto : cultivo y fertilización. Berna: Instituto Internacional de La Potasa, 1972. 141 p.

CARVALHO, A.; MONACO, L. C.; FAZUOLI, L. C.; COSTA, W.M.; MEDINA FILHO, H. P. Variabilidade na produção em progênes do cafeeiro "Mundo Novo". **Bragantia**, v. 43, n.2, p. 509-517, 1984.

CASTRO, F. S. **Relaciones entre las lluvias y la producción de café**. El Salvador: Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café, 1961. p.11-20 (Boletim, 7).

- COSTA, L. C. Modelagem e simulação em agrometeorologia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, Piracicaba, 1997. **Anais**. Piracicaba: SBA, 1997. p. 3 -6.
- COSTE, R. **Le caféier**. Paris: Techniques Agricoles et Productions Tropicales. 1968, 310 p.
- DEDECCA, D. M.. Anatomia e desenvolvimento ontogenético de *Coffea arabica* L. var. *typica* Cramer. **Bragantia**, v. 16, n. 23, p. 315 - 367, 1957.
- DOORENBOS, J. ; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 197 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 33).
- FAZUOLI, L. C. Avaliação de progênies de café Mundo Novo (*Coffea arabica* L.) Piracicaba, 1977. 146 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- FRANCO, C. M. Descoloração em folhas de cafeeiro, causada pelo frio. **Bragantia**, v.15, n. 13, p. 131 - 135, 1956.
- FRANCO, C. M. Influência da temperatura no crescimento do cafeeiro (com referência especial à temperatura das raízes). **IBEC Research Institute**, n. 16, p 1-27, 1958.
- FRANCO, C. M. **Apontamentos de fisiologia do cafeeiro**. Campinas: SSA;CATI, 1970. 47 p.
- FRANCO, C. M.; INFORZATO, R. O sistema radicular do cafeeiro nos principais tipos de solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.6, p. 443-478, 1946.

- GALLO, P. B. Comportamento de progênie de café Mundo Novo (*C. arabica* L.) em Mococa – SP. Piracicaba, 1995. 53 p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- GOUVEIA, N. M. Estudo da diferenciação e crescimento de gemas florais de *Coffea arabica* L. Observações sobre a antese e maturação dos frutos. Campinas, 1984. 237 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas.
- HILER, E. A.; CLARK, R. N. Stress day index to characterise effects of water stress and crop yields. **Transactions of the ASAE**, v.14, p. 757-761, 1971.
- HOOGENBOOM, J. W. ; BOOTE, K. L. Modeling growth, development, and yield of grain legumes using Soygro, Pnutgro, and Beangro: a review. **Transactions of the ASAE**, v. 35, n. 6, p. 2043 - 2056, 1992.
- HUXLEY, P. A.; ISMAIL, S. A. Floral atrophy and fruit set in arabica coffee in Kenya. **Turrialba**, v.19, n.3, p. 345 - 354, 1970.
- INSTITUTO DE PLANEJAMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Variações climáticas e flutuações de oferta agrícola no Centro-Sul do Brasil**. Brasília, 1972. 419 p. (Relatório de Pesquisa Estudos para o Planejamento, 1).
- JENSEN, M. E . Water consumption by agricultural plants. In: KOZLWSKI, T. T. (Ed). **Water deficits and plant growth**. New York: Academic Press, 1968. v. 2, p. 1 – 22.
- KANEMASU, E. T. Yield and water-use relationships: some problems of relating grain yield to transpiration. In: TAYLOR, H. M.; JORDAN, W. R.; SINCLAIR, T. R. (Ed). **Limitations to efficient water user in crop prodution**. Madison: American

Society of Agronomy. Madison. 1983. cap. 9B. p. 413 - 417.

LAINS e SILVA, H. Contribuição para o estudo das causas de variação anual de produção de café. **Revista do Café Português**, v. 3, n. 10, p. 13 - 28, 1956.

LAZINSKI, L. R. Viabilidade de utilização do modelo Soygro para a região de Londrina. Piracicaba, 1993. 81 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

LIU, W. T. H.; LIU, B. W. Y. Comparação de três modelos de previsão da safra de café no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Cultura**, v. 40, n. 8, p. 801 - 807, 1988.

MATZENAUER, R. Modelos agrometeorológicos para estimativa do rendimento de milho em função da disponibilidade hídrica no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1994. 172 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MAZZAFERA, P.; CARVALHO, A. Produção e tolerância à seca de cafeeiros. **Bragantia**, v.46, n. 2, p. 403 - 415, 1987.

MAZZAFERA, P; GUERREIRO FILHO, O. A produtividade do cafeeiro. **Documentos IAC**, n. 24, 1991.

MES, M. G. Estudos sobre o florescimento de *Coffea arabica* L. New York: **IBEC Research Institute**. n. 14, 48 p., 1957.

MINHAS, B. S.; PARIKH, K. S.; SRINIVASAN, T. N. Towards the structure of a production function for wheat yields with dated inputs of irrigation water. **Water Resoures Research**, v. 10, p. 383 - 393, 1974.

- MORAES, A. V. C. Desenvolvimento e análise de modelos agrometeorológicos de estimativa de produtividade para a cultura da soja na região de Ribeirão Preto, SP. Piracicaba, 1998. 95 p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- NEWMAN, J. E. Applying meteorology to agriculture. **Agricultural Meteorology**, v. 13, n. 1, p. 1-3, 1974.
- ORTOLANI, A. A.; PINTO, H. S.; PEREIRA, A. R. ALFONSI, R. R. **Parâmetros climáticos e a cafeicultura**. Rio de Janeiro: IBC;GERCA., 1970, 27 p.
- ORTOLANI, A. A.; PINTO, H. S.; ALFONSI, R. R.; CAMARGO, A.P.; PEDRO JÚNIOR, M. J. **Zoneamento de café arábica à pleno sol no Brasil por viabilidade climática**. Campinas: IAC;SAA, 1972, 77 P. (Relatório de Atividades de Pesquisa – CNPq).
- ORTOLANI, A. A. Relação clima-cafeicultura na região de Marília. In: ENCONTRO REGIONAL DE CAFÉ DE MARÍLIA, Marília: CATI/SSA, 1991, p.1-27.
- ORTOLANI, A. A ; SENTELHAS, P. C. ; CAMARGO, M. B. P. de; PEZZOPANE, J. E. M ; GONÇALVES, P. S. Modelos agrometeorológicos para estimativa da produção anual e sazonal de látex em seringueira. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 4, n. 1, p. 147 - 150, 1996.
- PEDRO JÚNIOR, M. J.; CAMARGO, M B. P.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R. R. ; ORTOLANI, A. A. ; MIRANDA, M. A. C. Teste de um modelo para estimativa da produtividade da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 3, Campinas, 1983. **Resumos**, Campinas: IAC, 1983. p.138 - 139.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

RAO, N. H.; SARMA, P.B.S.; CHANDER, S. A simple dated water-production function for use in irrigated agriculture. **Agricultural Water Management**, v. 13, p.25-32, 1988.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, v. 11, n.126, p. 26 - 40, 1985.

ROBERTSON, G. W. **Guidelines on crop-weather models**. Geneve: World Meteorological Organization, 1983. 115 p. (World Climate Application Programme, 50).

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L.T. ; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. Campinas: Arbore Agrícola e Comércio Ltda, 1996. 146 p.

SHAW, R. H. Modelling crop yields using climatic data. In: Proceedings of 1978 LACIE corn-soybean Seminar. NASA, Texas, p. 129-143, 1978.

SILVA, G. L. S. P. ;VICENTE, J. R.; CASER, D. V. **Variações do tempo e produtividade agrícola: um subsídio à previsão de safras no Estado de São Paulo**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. 148 p.

SILVA, G. L. S. P. ;VICENTE, J. R.; CASER, D. V. Avaliação de previsões de rendimento de culturas no Estado de São Paulo, fornecidas por modelos agrometeorológicos, anos agrícolas 1984/85 e 1985/86. **Informações Econômicas**, v. 17, n. 6, p. 61-45, 1987.

- STEWART, J. I.; HAGAN, R. M.; PRUITT, W. O. **Production functions and predicted irrigation programmes for principal crops as required for water resources planning and increased water use efficiency: final report.** Washington: U.S. Department of Interior, 1976. 80 p.
- THORNTON, C. W. ; MATHER, J. R. **The water balance.** Centerton, N. J. 1955, 104 p. (Publications in Climatology. vol 8, n.1).
- TOSELLO, R. N. ; ARRUDA, H. V. de. Correlação entre estimativas oficiais de produção de café e precipitação pluviométrica, no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 21, p. 449 - 465, 1962.
- TUBELIS, A.; SALIBE, A. A. Relação entre a produtividade de laranjeira “Hamlin” sobre porta-enxerto de laranjeira “Caipira” e as precipitações mensais no altiplano de Botucatu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.3, p. 239-246, 1988.
- VOSSSEN, P. Comparative statistical validation of two ten-day water use models and three yield-reduction hypotheses for yield assessment in Botswana. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 51, p. 177-195, 1990.
- WEILL, M. A. M. Avaliação de fatores edafoclimáticos e do manejo na produção de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) na região de Marília e Garça, SP. Piracicaba, 1990. 182 p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- WILLMOT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, J. J.; FEDDEMA, K. M. ; KLINK, D. R. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal Geographical Research**, v. 90, p. 8995-9005, 1985.

APÊNDICE 1. Resultados do balanço hídrico decenal (CAD = 100 mm) para a localidade de Campinas (SP), referentes aos anos de 1952 e 1953

1952

DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP	DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP
1	24.7	42.3	82.0	100	42.3	0.0	13.7	1.0	1	23.2	36.3	106.9	100	36.3	0.0	37.9	1.0
2	24.5	41.2	26.6	86	40.2	1.0	6.1	1.0	2	26.6	50.3	6.1	64	41.8	8.5	0.0	0.8
3	24.9	46.6	31.2	74	43.5	3.1	0.0	0.9	3	24.9	46.6	77.1	95	46.6	0.0	0.0	1.0
4	22.6	33.0	88.7	100	33.0	0.0	29.9	1.0	4	24.6	40.6	27.0	83	39.0	1.5	0.0	1.0
5	24.5	39.6	36.0	97	39.5	0.1	0.0	1.0	5	22.7	32.8	104.5	100	32.8	0.0	54.4	1.0
6	23.7	28.7	104.4	100	28.7	0.0	72.2	1.0	6	26.2	36.7	2.0	71	31.3	5.4	0.0	0.9
7	23.3	33.9	15.2	83	32.3	1.7	0.0	1.0	7	25.6	42.7	14.5	53	31.9	10.8	0.0	0.7
8	24.1	36.1	96.7	100	36.1	0.0	37.5	1.0	8	23.2	32.9	42.4	63	32.9	0.0	0.0	1.0
9	23.9	38.3	39.6	100	38.3	0.0	1.3	1.0	9	23.1	35.2	121.4	100	35.2	0.0	49.0	1.0
10	21.4	26.0	12.5	87	25.2	0.9	0.0	1.0	10	22.6	29.7	77.2	100	29.7	0.0	47.5	1.0
11	20.7	23.5	8.2	75	20.6	2.9	0.0	0.9	11	22.4	28.5	22.0	94	28.3	0.2	0.0	1.0
12	17.7	15.8	2.9	66	12.0	3.8	0.0	0.8	12	18.6	17.8	11.0	88	17.2	0.6	0.0	1.0
13	17.8	15.7	0.0	56	9.6	6.1	0.0	0.6	13	19.1	18.7	7.8	78	16.8	1.9	0.0	0.9
14	20.9	22.8	0.0	45	11.5	11.3	0.0	0.5	14	19.9	20.2	1.6	65	14.9	5.3	0.0	0.7
15	21.5	26.7	0.2	34	10.6	16.1	0.0	0.4	15	20.8	24.6	33.2	74	24.6	0.0	0.0	1.0
16	20.6	21.6	35.5	48	21.6	0.0	0.0	1.0	16	18.2	16.0	37.2	95	16.0	0.0	0.0	1.0
17	14.8	9.6	56.8	95	9.6	0.0	0.0	1.0	17	17.8	15.1	0.5	82	13.4	1.7	0.0	0.9
18	18.5	16.5	0.0	81	14.6	2.0	0.0	0.9	18	19.2	18.1	0.0	68	13.6	4.5	0.0	0.8
19	17.7	14.9	0.0	70	11.2	3.7	0.0	0.8	19	16.1	11.8	10.7	68	11.5	0.4	0.0	1.0
20	18.0	15.7	0.0	60	10.1	5.6	0.0	0.6	20	17.1	13.8	3.9	61	10.3	3.5	0.0	0.7
21	19.9	22.2	0.0	48	11.9	10.3	0.0	0.5	21	17.4	16.0	0.0	52	9.1	6.9	0.0	0.6
22	20.4	21.8	0.0	38	9.4	12.5	0.0	0.4	22	18.0	16.1	0.0	45	7.8	8.3	0.0	0.5
23	20.6	22.7	0.0	31	7.8	14.9	0.0	0.3	23	21.1	24.1	0.0	35	9.5	14.6	0.0	0.4
24	21.1	26.9	6.0	25	11.8	15.2	0.0	0.4	24	21.8	29.2	26.5	34	27.4	1.7	0.0	0.9
25	20.0	21.9	18.6	24	19.4	2.5	0.0	0.9	25	22.3	28.6	11.0	29	16.5	12.1	0.0	0.6
26	19.9	22.1	43.7	46	22.1	0.0	0.0	1.0	26	21.0	25.2	32.0	35	25.2	0.0	0.0	1.0
27	21.4	26.8	0.0	35	10.7	16.1	0.0	0.4	27	23.1	32.3	6.3	27	14.4	17.9	0.0	0.4
28	23.1	32.9	11.7	28	18.4	14.5	0.0	0.6	28	22.6	31.2	40.4	37	31.2	0.0	0.0	1.0
29	20.2	24.2	59.5	64	24.2	0.0	0.0	1.0	29	20.4	24.7	82.3	94	24.7	0.0	0.0	1.0
30	22.0	33.3	42.3	73	33.3	0.0	0.0	1.0	30	24.6	43.7	7.4	65	36.0	7.7	0.0	0.8
31	23.1	34.6	25.6	66	31.9	2.8	0.0	0.9	31	22.2	31.4	68.2	100	31.4	0.0	2.2	1.0
32	24.2	39.4	40.3	67	39.4	0.0	0.0	1.0	32	22.2	31.9	51.5	100	31.9	0.0	19.6	1.0
33	22.8	34.4	44.2	77	34.4	0.0	0.0	1.0	33	23.0	35.1	26.3	92	34.8	0.4	0.0	1.0
34	23.9	38.9	9.6	58	29.2	9.7	0.0	0.8	34	24.3	40.5	52.0	100	40.5	0.0	3.0	1.0
35	23.5	37.5	20.4	48	29.5	8.1	0.0	0.8	35	23.1	36.0	56.0	100	36.0	0.0	20.0	1.0
36	24.5	45.8	64.6	67	45.8	0.0	0.0	1.0	36	24.2	44.4	98.3	100	44.4	0.0	53.9	1.0

1953

APÊNDICE 2. Resultados do balanço hídrico decedial (CAD = 100 mm) para a localidade de Campinas (SP), referentes aos anos de 1954 e 1955

1954

1955

DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP	DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP
1	23.1	35.9	185.7	100	35.9	0.0	149.8	1.0	1	23.6	37.8	97.4	100	37.8	0.0	55.5	1.0
2	26.0	47.6	39.0	92	47.2	0.4	0.0	1.0	2	23.8	38.3	174.6	100	38.3	0.0	136.3	1.0
3	26.0	51.8	41.9	83	50.6	1.3	0.0	1.0	3	24.7	45.7	22.6	79	43.2	2.5	0.0	0.9
4	23.2	35.1	94.9	100	35.1	0.0	42.9	1.0	4	25.2	43.0	51.0	87	43.0	0.0	0.0	1.0
5	24.2	38.4	69.4	100	38.4	0.0	31.0	1.0	5	26.5	48.1	0.0	54	33.4	14.7	0.0	0.7
6	26.7	38.3	21.9	85	37.0	1.3	0.0	1.0	6	22.9	26.4	161.1	100	26.4	0.0	88.7	1.0
7	24.8	39.5	106.3	100	39.5	0.0	51.7	1.0	7	24.4	38.0	26.9	90	37.4	0.6	0.0	1.0
8	24.5	37.6	79.8	100	37.6	0.0	42.2	1.0	8	23.1	32.6	37.6	95	32.6	0.0	0.0	1.0
9	23.0	34.9	32.5	98	34.8	0.0	0.0	1.0	9	23.7	37.5	58.2	100	37.5	0.0	15.2	1.0
10	22.5	29.4	12.3	82	27.7	1.8	0.0	0.9	10	22.1	28.2	20.4	93	27.9	0.3	0.0	1.0
11	20.6	23.2	0.0	65	17.1	6.2	0.0	0.7	11	22.8	29.8	39.7	100	29.8	0.0	2.5	1.0
12	21.4	25.1	2.4	52	15.7	9.5	0.0	0.6	12	20.7	23.1	15.9	93	22.9	0.3	0.0	1.0
13	21.0	23.6	26.0	54	23.6	0.0	0.0	1.0	13	19.6	19.9	0.0	76	16.8	3.1	0.0	0.8
14	19.6	19.5	74.2	100	19.5	0.0	9.2	1.0	14	20.6	22.0	22.1	76	22.0	0.0	0.0	1.0
15	18.5	18.5	11.0	93	18.2	0.3	0.0	1.0	15	15.8	12.6	19.0	83	12.6	0.0	0.0	1.0
16	19.1	18.0	39.7	100	18.0	0.0	14.5	1.0	16	17.9	15.4	14.9	82	15.3	0.1	0.0	1.0
17	19.6	19.1	12.9	94	18.9	0.2	0.0	1.0	17	19.2	18.1	5.2	72	15.2	2.9	0.0	0.8
18	18.4	16.3	7.4	86	15.4	0.9	0.0	0.9	18	17.3	14.0	0.0	63	9.5	4.6	0.0	0.7
19	18.1	15.7	0.0	73	12.5	3.2	0.0	0.8	19	19.1	17.9	11.9	59	15.6	2.4	0.0	0.9
20	19.4	18.8	6.4	65	15.0	3.8	0.0	0.8	20	18.8	17.4	0.0	50	9.5	7.9	0.0	0.5
21	19.0	19.9	0.0	53	11.7	8.2	0.0	0.6	21	17.9	17.2	0.2	42	8.0	9.2	0.0	0.5
22	21.2	24.0	0.0	42	11.3	12.6	0.0	0.5	22	17.4	14.8	0.0	36	5.8	9.0	0.0	0.4
23	20.6	22.7	0.0	33	8.5	14.2	0.0	0.4	23	20.6	22.7	0.0	29	7.4	15.4	0.0	0.3
24	19.3	21.7	0.0	27	6.5	15.2	0.0	0.3	24	20.3	24.5	92.5	97	24.5	0.0	0.0	1.0
25	23.1	31.2	0.0	20	7.2	24.0	0.0	0.2	25	21.1	25.0	1.8	77	21.8	3.1	0.0	0.9
26	22.7	30.4	0.0	15	5.2	25.3	0.0	0.2	26	22.6	30.1	0.0	57	20.0	10.1	0.0	0.7
27	20.9	25.3	20.2	14	20.9	4.4	0.0	0.8	27	22.4	30.0	0.0	42	14.7	15.3	0.0	0.5
28	23.4	34.0	11.0	11	13.8	20.1	0.0	0.4	28	21.0	26.1	0.0	32	9.7	16.4	0.0	0.4
29	21.6	28.5	23.7	10	24.2	4.2	0.0	0.9	29	21.9	29.4	39.3	42	29.4	0.0	0.0	1.0
30	22.1	33.6	50.5	27	33.6	0.0	0.0	1.0	30	21.6	31.8	107.1	100	31.8	0.0	17.7	1.0
31	24.4	39.6	0.0	18	8.9	30.7	0.0	0.2	31	20.2	25.0	38.9	100	25.0	0.0	14.0	1.0
32	23.0	34.8	60.8	44	34.8	0.0	0.0	1.0	32	22.2	31.9	60.1	100	31.9	0.0	28.2	1.0
33	24.2	39.8	2.5	31	16.3	23.5	0.0	0.4	33	22.0	31.5	21.5	90	31.0	0.5	0.0	1.0
34	23.0	35.4	52.2	47	35.4	0.0	0.0	1.0	34	23.8	38.5	127.4	100	38.5	0.0	79.4	1.0
35	23.2	36.4	129.1	100	36.4	0.0	40.1	1.0	35	24.2	40.3	21.8	83	38.7	1.6	0.0	1.0
36	23.0	39.2	35.0	96	39.1	0.1	0.0	1.0	36	23.8	42.6	90.2	100	42.6	0.0	30.7	1.0

APÊNDICE 3. Resultados do balanço hídrico decendial (CAD = 100 mm) para a localidade de Campinas (SP), referentes aos anos de 1956 e 1957

1956

DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP	DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP
1	26.3	49.3	45.9	97	49.2	0.1	0.0	1.0	1	23.9	39.0	93.2	100	39.0	0.0	54.2	1.0
2	26.7	50.6	29.4	78	47.9	2.7	0.0	0.9	2	22.9	34.9	203.0	100	34.9	0.0	168.1	1.0
3	26.5	54.4	32.1	63	47.8	6.7	0.0	0.9	3	24.8	46.2	76.9	100	46.2	0.0	30.8	1.0
4	26.5	48.8	16.8	45	33.9	14.9	0.0	0.7	4	23.6	36.6	101.9	100	36.6	0.0	65.3	1.0
5	22.5	32.1	160.8	100	32.1	0.0	74.1	1.0	5	22.9	33.5	100.8	100	33.5	0.0	67.3	1.0
6	23.6	28.4	53.0	100	28.4	0.0	24.6	1.0	6	22.4	25.0	27.4	100	25.0	0.0	2.4	1.0
7	22.7	31.8	99.3	100	31.8	0.0	67.5	1.0	7	24.8	39.5	10.7	75	35.7	3.8	0.0	0.9
8	24.5	37.6	5.1	72	32.9	4.8	0.0	0.9	8	23.5	34.0	3.6	55	23.2	10.7	0.0	0.7
9	24.2	39.5	72.7	100	39.5	0.0	5.5	1.0	9	22.5	33.0	158.0	100	33.0	0.0	80.3	1.0
10	24.1	34.8	26.6	92	34.5	0.3	0.0	1.0	10	21.6	26.6	2.7	79	24.0	2.7	0.0	0.9
11	19.8	21.1	0.0	75	17.5	3.6	0.0	0.8	11	20.9	24.1	42.7	97	24.1	0.0	0.0	1.0
12	20.5	22.6	81.7	100	22.6	0.0	33.7	1.0	12	21.3	24.8	30.6	100	24.8	0.0	3.1	1.0
13	19.4	19.4	38.1	100	19.4	0.0	18.7	1.0	13	17.4	14.9	0.1	86	13.8	1.0	0.0	0.9
14	16.8	13.4	0.0	88	12.5	0.9	0.0	0.9	14	20.4	21.5	1.2	70	17.0	4.4	0.0	0.8
15	17.2	15.5	80.5	100	15.5	0.0	52.5	1.0	15	18.9	19.5	0.0	58	12.5	7.0	0.0	0.6
16	15.6	11.0	23.2	100	11.0	0.0	12.2	1.0	16	16.0	11.7	37.9	84	11.7	0.0	0.0	1.0
17	15.2	10.2	62.7	100	10.2	0.0	52.5	1.0	17	19.2	18.1	0.0	70	14.0	4.2	0.0	0.8
18	17.0	13.5	0.2	88	12.6	0.8	0.0	0.9	18	18.7	17.0	4.7	62	12.8	4.2	0.0	0.8
19	17.1	13.7	13.8	88	13.7	0.0	0.0	1.0	19	17.9	15.3	57.3	100	15.3	0.0	4.1	1.0
20	18.0	15.7	1.6	76	13.1	2.6	0.0	0.8	20	16.5	12.7	57.8	100	12.7	0.0	45.2	1.0
21	16.7	14.5	48.9	100	14.5	0.0	10.6	1.0	21	16.8	14.7	8.7	94	14.5	0.2	0.0	1.0
22	15.9	11.9	79.6	100	11.9	0.0	67.8	1.0	22	18.5	17.2	1.8	81	15.2	2.0	0.0	0.9
23	17.2	14.6	0.0	86	13.6	1.0	0.0	0.9	23	20.0	21.1	57.5	100	21.1	0.0	17.1	1.0
24	19.0	20.8	4.7	74	17.6	3.3	0.0	0.8	24	19.7	22.8	8.1	86	21.7	1.0	0.0	1.0
25	19.8	21.4	31.2	83	21.4	0.0	0.0	1.0	25	18.5	18.1	98.1	100	18.1	0.0	66.4	1.0
26	21.9	27.9	40.7	96	27.9	0.0	0.0	1.0	26	21.1	25.5	5.8	82	23.7	1.8	0.0	0.9
27	22.9	31.6	9.2	77	28.5	3.1	0.0	0.9	27	20.0	22.7	39.2	99	22.7	0.0	0.0	1.0
28	22.5	30.9	0.0	56	20.4	10.5	0.0	0.7	28	22.4	30.5	0.0	73	25.9	4.6	0.0	0.8
29	20.7	25.6	30.4	61	25.6	0.0	0.0	1.0	29	24.9	40.3	2.0	50	25.1	15.2	0.0	0.6
30	21.4	31.1	71.6	100	31.1	0.0	1.7	1.0	30	22.6	35.5	96.8	100	35.5	0.0	10.9	1.0
31	20.8	26.8	2.0	78	24.0	2.8	0.0	0.9	31	21.2	28.1	13.0	86	27.0	1.1	0.0	1.0
32	21.6	29.8	9.7	64	23.9	5.9	0.0	0.8	32	22.1	31.5	28.7	84	31.1	0.4	0.0	1.0
33	21.7	30.5	10.2	52	21.9	8.6	0.0	0.7	33	24.1	39.4	45.7	90	39.4	0.0	0.0	1.0
34	23.0	35.4	53.1	70	35.4	0.0	0.0	1.0	34	22.6	33.9	43.4	99	33.9	0.0	0.0	1.0
35	23.5	37.5	52.2	84	37.5	0.0	0.0	1.0	35	23.3	36.8	66.0	100	36.8	0.0	28.6	1.0
36	22.7	38.0	55.3	100	38.0	0.0	1.8	1.0	36	25.5	50.5	33.7	85	49.1	1.3	0.0	1.0

1957

APÊNDICE 4. Resultados do balanço hídrico decedial (CAD = 100 mm) para a localidade de Campinas (SP), referentes aos anos de 1958 e 1959

1958

DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP	DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP
1	26.7	51.0	9.9	56	38.4	12.6	0.0	0.8	1	24.0	39.4	59.3	98	39.4	0.0	0.0	1.0
2	24.6	41.6	92.6	100	41.6	0.0	7.1	1.0	2	23.9	38.7	87.3	100	38.7	0.0	46.7	1.0
3	22.7	37.2	183.4	100	37.2	0.0	146.2	1.0	3	25.1	47.5	56.7	100	47.5	0.0	9.2	1.0
4	24.5	40.1	58.8	100	40.1	0.0	18.7	1.0	4	24.1	38.6	49.7	100	38.6	0.0	11.1	1.0
5	26.4	47.5	5.0	65	39.6	7.9	0.0	0.8	5	25.6	44.1	53.7	100	44.1	0.0	9.7	1.0
6	23.9	29.3	75.1	100	29.3	0.0	11.2	1.0	6	26.1	36.3	10.8	77	33.3	3.0	0.0	0.9
7	23.5	34.6	62.0	100	34.6	0.0	27.4	1.0	7	24.0	36.5	14.1	62	29.6	6.8	0.0	0.8
8	22.5	30.5	51.9	100	30.5	0.0	21.4	1.0	8	22.6	30.9	28.0	60	29.8	1.1	0.0	1.0
9	22.4	32.7	0.0	72	27.9	4.8	0.0	0.9	9	23.1	35.2	86.5	100	35.2	0.0	11.5	1.0
10	21.9	27.5	51.6	96	27.5	0.0	0.0	1.0	10	24.7	37.0	39.0	100	37.0	0.0	2.1	1.0
11	20.4	22.7	54.6	100	22.7	0.0	28.1	1.0	11	24.9	37.0	21.5	86	35.8	1.1	0.0	1.0
12	20.2	21.8	0.6	81	19.7	2.1	0.0	0.9	12	22.5	28.4	42.5	100	28.4	0.0	0.0	1.0
13	21.3	24.4	86.7	100	24.4	0.0	43.2	1.0	13	22.5	27.9	0.0	76	24.3	3.6	0.0	0.9
14	18.4	16.7	0.0	85	15.4	1.3	0.0	0.9	14	20.5	21.7	25.7	79	21.7	0.0	0.0	1.0
15	16.6	14.2	101.4	100	14.2	0.0	71.9	1.0	15	19.5	21.0	11.5	72	18.7	2.3	0.0	0.9
16	19.0	17.8	0.0	84	16.3	1.5	0.0	0.9	16	17.2	13.9	7.7	68	12.1	1.9	0.0	0.9
17	17.9	15.3	90.4	100	15.3	0.0	58.9	1.0	17	17.0	13.5	0.0	59	8.6	4.9	0.0	0.6
18	17.2	13.8	0.0	87	12.9	0.9	0.0	0.9	18	18.8	17.2	0.0	50	9.4	7.8	0.0	0.5
19	18.6	16.8	0.0	74	13.5	3.3	0.0	0.8	19	20.2	20.6	0.0	41	9.3	11.3	0.0	0.5
20	18.1	15.9	21.1	79	15.9	0.0	0.0	1.0	20	20.3	21.0	0.0	33	7.7	13.3	0.0	0.4
21	19.9	22.2	0.0	63	15.7	6.5	0.0	0.7	21	19.8	22.0	0.0	26	6.5	15.5	0.0	0.3
22	20.8	22.9	0.0	50	12.9	10.0	0.0	0.6	22	17.4	14.8	21.6	33	14.8	0.0	0.0	1.0
23	21.5	25.2	0.0	39	11.2	14.0	0.0	0.4	23	18.3	17.0	67.8	84	17.0	0.0	0.0	1.0
24	21.0	26.6	1.4	30	10.1	16.5	0.0	0.4	24	21.5	28.2	0.0	63	20.7	7.5	0.0	0.7
25	21.4	25.8	15.1	27	18.2	7.7	0.0	0.7	25	23.2	31.5	1.6	47	18.0	13.5	0.0	0.6
26	16.5	14.0	78.0	91	14.0	0.0	0.0	1.0	26	21.7	27.3	0.3	36	11.4	15.9	0.0	0.4
27	22.2	29.3	10.1	75	26.1	3.3	0.0	0.9	27	23.1	32.3	18.2	31	22.9	9.4	0.0	0.7
28	23.6	34.7	12.4	60	27.4	7.2	0.0	0.8	28	25.2	40.7	0.0	21	10.4	30.3	0.0	0.3
29	21.2	27.2	33.6	67	27.2	0.0	0.0	1.0	29	23.4	34.6	83.0	69	34.6	0.0	0.0	1.0
30	21.2	30.4	73.9	100	30.4	0.0	10.2	1.0	30	20.8	29.0	49.9	90	29.0	0.0	0.0	1.0
31	22.4	32.1	3.6	75	28.4	3.7	0.0	0.9	31	23.5	36.1	22.4	79	34.0	2.2	0.0	0.9
32	25.1	43.1	92.4	100	43.1	0.0	24.5	1.0	32	22.0	31.2	29.1	77	30.7	0.5	0.0	1.0
33	23.8	38.2	58.7	100	38.2	0.0	20.5	1.0	33	22.0	31.5	135.6	100	31.5	0.0	81.0	1.0
34	26.4	49.6	22.2	76	46.2	3.4	0.0	0.9	34	24.5	41.4	103.2	100	41.4	0.0	61.9	1.0
35	25.2	44.5	67.3	99	44.5	0.0	0.0	1.0	35	24.6	42.0	6.0	70	36.2	5.8	0.0	0.9
36	22.9	38.8	15.5	78	36.0	2.8	0.0	0.9	36	23.3	40.5	117.6	100	40.5	0.0	46.9	1.0

1959

APÊNDICE 5. Resultados do balanço hídrico decedial (CAD = 100 mm) para a localidade de Campinas (SP), referentes aos anos de 1960 e 1961

1960

1961

DEC	TEMP ° C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP	DEC	TEMP ° C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP
1	23.1	35.9	139.8	100	35.9	0.0	103.9	1.0	1	24.8	42.7	70.5	100	42.7	0.0	27.8	1.0
2	23.3	36.4	97.5	100	36.4	0.0	61.1	1.0	2	26.0	47.6	47.9	100	47.6	0.0	0.3	1.0
3	24.5	44.8	5.8	68	38.1	6.7	0.0	0.9	3	24.2	43.5	49.0	100	43.5	0.0	5.5	1.0
4	24.5	40.1	41.4	69	40.1	0.0	0.0	1.0	4	26.8	49.7	17.6	73	45.0	4.6	0.0	0.9
5	24.4	39.2	39.6	69	39.2	0.0	0.0	1.0	5	22.9	33.5	66.2	100	33.5	0.0	5.2	1.0
6	22.2	24.5	94.2	100	24.5	0.0	39.2	1.0	6	24.1	29.9	180.1	100	29.9	0.0	150.2	1.0
7	23.6	35.0	16.7	83	33.4	1.6	0.0	1.0	7	23.6	35.0	26.3	92	34.6	0.4	0.0	1.0
8	24.2	36.5	29.7	78	35.2	1.3	0.0	1.0	8	25.5	41.5	69.9	100	41.5	0.0	20.1	1.0
9	23.3	36.0	23.2	68	32.5	3.4	0.0	0.9	9	23.3	36.0	34.6	99	36.0	0.0	0.0	1.0
10	23.2	31.7	42.8	80	31.7	0.0	0.0	1.0	10	23.1	31.4	52.5	100	31.4	0.0	19.8	1.0
11	19.9	21.4	10.0	71	18.5	2.8	0.0	0.9	11	24.7	36.2	0.0	70	30.4	5.8	0.0	0.8
12	19.9	21.0	2.6	59	14.5	6.5	0.0	0.7	12	20.7	23.1	72.6	100	23.1	0.0	19.1	1.0
13	18.7	17.7	15.1	58	16.6	1.1	0.0	0.9	13	20.2	21.4	22.5	100	21.4	0.0	1.1	1.0
14	18.4	16.7	49.5	90	16.7	0.0	0.0	1.0	14	21.0	23.1	0.0	79	20.6	2.5	0.0	0.9
15	16.7	14.4	8.0	85	13.6	0.8	0.0	0.9	15	19.7	21.6	0.0	64	15.4	6.2	0.0	0.7
16	17.6	14.7	0.0	73	11.6	3.1	0.0	0.8	16	21.1	23.0	2.4	52	14.3	8.7	0.0	0.6
17	18.9	17.4	57.7	100	17.4	0.0	13.4	1.0	17	17.9	15.3	7.4	48	11.3	3.9	0.0	0.7
18	16.9	13.3	27.4	100	13.3	0.0	14.2	1.0	18	19.4	18.6	4.1	42	10.6	8.0	0.0	0.6
19	17.8	15.1	0.0	86	14.0	1.1	0.0	0.9	19	18.8	17.3	0.0	35	6.6	10.7	0.0	0.4
20	17.6	14.8	0.0	74	11.8	3.0	0.0	0.8	20	19.9	20.0	0.0	29	6.4	13.6	0.0	0.3
21	19.2	20.4	0.0	60	13.7	6.7	0.0	0.7	21	19.8	22.0	0.0	23	5.7	16.3	0.0	0.3
22	21.2	24.0	0.0	48	12.9	11.1	0.0	0.5	22	20.4	21.8	0.0	19	4.5	17.3	0.0	0.2
23	20.0	21.1	26.3	53	21.1	0.0	0.0	1.0	23	21.6	25.5	0.0	14	4.2	21.3	0.0	0.2
24	21.3	27.6	0.0	40	12.7	14.8	0.0	0.5	24	22.3	30.8	14.3	12	16.5	14.3	0.0	0.5
25	20.1	22.2	5.8	34	11.9	10.3	0.0	0.5	25	23.9	33.9	0.0	9	3.5	30.4	0.0	0.1
26	24.1	35.2	0.0	24	10.1	25.1	0.0	0.3	26	26.0	42.4	0.6	6	3.6	38.9	0.0	0.1
27	23.5	33.7	2.2	17	8.7	25.0	0.0	0.3	27	25.2	40.0	0.0	4	1.9	38.1	0.0	0.0
28	25.8	43.1	26.0	15	28.8	14.4	0.0	0.7	28	25.9	43.5	1.0	3	2.3	41.2	0.0	0.1
29	25.0	40.7	56.0	30	40.7	0.0	0.0	1.0	29	24.5	38.7	39.7	3	38.7	0.0	0.0	1.0
30	22.1	33.6	99.3	96	33.6	0.0	0.0	1.0	30	24.6	43.7	27.9	3	28.4	15.3	0.0	0.7
31	23.5	36.1	15.1	78	33.2	2.9	0.0	0.9	31	24.6	40.4	73.1	36	40.4	0.0	0.0	1.0
32	22.8	34.0	51.5	95	34.0	0.0	0.0	1.0	32	23.3	35.9	57.0	57	35.9	0.0	0.0	1.0
33	23.4	36.7	23.1	83	35.1	1.5	0.0	1.0	33	27.4	52.5	20.9	41	36.3	16.2	0.0	0.7
34	24.9	43.0	4.7	57	31.1	11.9	0.0	0.7	34	23.5	37.3	92.6	97	37.3	0.0	0.0	1.0
35	23.0	35.6	254.5	100	35.6	0.0	175.5	1.0	35	24.1	39.9	152.2	100	39.9	0.0	108.9	1.0
36	24.0	43.5	170.0	100	43.5	0.0	126.5	1.0	36	23.5	41.3	44.9	100	41.3	0.0	3.6	1.0

APÊNDICE 6. Resultados do balanço hídrico decendial (CAD = 100 mm) para a localidade de Campinas (SP), referentes aos anos de 1962 e 1963

1962

1963

DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP	DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP
1	25.1	44.0	29.7	87	43.0	1.0	0.0	1.0	1	26.0	47.9	128.9	100	47.9	0.0	81.0	1.0
2	24.1	39.5	29.6	79	37.8	1.7	0.0	1.0	2	24.2	39.9	110.2	100	39.9	0.0	70.3	1.0
3	23.9	42.2	47.8	84	42.2	0.0	0.0	1.0	3	24.8	46.2	233.5	100	46.2	0.0	187.4	1.0
4	24.0	38.2	102.5	100	38.2	0.0	48.5	1.0	4	24.4	39.7	159.9	100	39.7	0.0	120.2	1.0
5	25.3	42.8	65.9	100	42.8	0.0	23.1	1.0	5	26.1	46.2	82.8	100	46.2	0.0	36.6	1.0
6	23.9	29.3	35.7	100	29.3	0.0	6.4	1.0	6	25.1	33.0	57.2	100	33.0	0.0	24.2	1.0
7	24.7	39.1	8.3	73	34.8	4.3	0.0	0.9	7	27.1	48.3	3.6	64	39.6	8.6	0.0	0.8
8	22.7	31.2	197.5	100	31.2	0.0	139.8	1.0	8	26.9	46.8	50.6	68	46.8	0.0	0.0	1.0
9	25.0	42.7	45.2	100	42.7	0.0	2.5	1.0	9	24.8	41.9	88.4	100	41.9	0.0	14.3	1.0
10	23.8	33.8	16.8	84	32.4	1.4	0.0	1.0	10	24.1	34.8	0.0	71	29.4	5.4	0.0	0.8
11	23.0	30.4	2.8	64	23.2	7.3	0.0	0.8	11	21.9	27.0	47.8	91	27.0	0.0	0.0	1.0
12	20.9	23.7	7.4	54	17.0	6.7	0.0	0.7	12	22.5	28.4	0.0	69	22.6	5.8	0.0	0.8
13	18.2	16.6	17.5	55	16.6	0.0	0.0	1.0	13	20.0	20.9	0.0	56	13.0	7.9	0.0	0.6
14	20.5	21.7	1.6	45	11.7	10.1	0.0	0.5	14	21.1	23.3	0.0	44	11.6	11.7	0.0	0.5
15	18.5	18.5	2.0	38	8.9	9.6	0.0	0.5	15	19.1	20.0	0.0	36	8.0	12.0	0.0	0.4
16	17.0	13.5	37.4	62	13.5	0.0	0.0	1.0	16	18.4	16.4	0.0	31	5.5	10.9	0.0	0.3
17	15.0	9.9	0.0	56	5.9	4.0	0.0	0.6	17	18.8	17.2	0.0	26	4.9	12.4	0.0	0.3
18	18.6	16.8	0.0	48	8.7	8.1	0.0	0.5	18	16.8	13.1	0.0	23	3.2	9.9	0.0	0.2
19	16.2	12.0	14.6	50	12.0	0.0	0.0	1.0	19	19.0	17.7	0.0	19	3.7	14.0	0.0	0.2
20	17.2	14.0	19.6	56	14.0	0.0	0.0	1.0	20	20.4	21.3	0.0	15	3.6	17.6	0.0	0.2
21	16.5	14.1	3.5	50	9.1	5.0	0.0	0.6	21	19.6	21.4	0.0	12	3.0	18.5	0.0	0.1
22	20.6	22.3	0.0	40	10.1	12.3	0.0	0.5	22	18.8	17.9	0.0	10	2.0	15.8	0.0	0.1
23	19.3	19.4	14.2	38	16.2	3.1	0.0	0.8	23	20.5	22.4	8.2	9	9.6	12.9	0.0	0.4
24	18.9	20.6	49.8	67	20.6	0.0	0.0	1.0	24	23.1	33.6	0.0	6	2.6	31.0	0.0	0.1
25	23.3	31.8	22.6	61	28.5	3.3	0.0	0.9	25	24.5	36.0	0.0	4	1.9	34.0	0.0	0.1
26	21.6	27.0	0.0	47	14.5	12.4	0.0	0.5	26	23.1	31.8	0.0	3	1.2	30.6	0.0	0.0
27	20.7	24.7	23.3	46	24.0	0.8	0.0	1.0	27	23.9	35.1	1.6	2	2.5	32.6	0.0	0.1
28	21.0	26.1	68.7	89	26.1	0.0	0.0	1.0	28	23.4	34.0	22.8	2	23.1	10.9	0.0	0.7
29	20.8	25.9	71.7	100	25.9	0.0	34.7	1.0	29	25.2	41.5	10.3	2	10.9	30.6	0.0	0.3
30	20.0	26.3	86.8	100	26.3	0.0	60.5	1.0	30	22.4	34.7	139.3	100	34.7	0.0	6.1	1.0
31	22.5	32.5	56.7	100	32.5	0.0	24.2	1.0	31	24.1	38.4	43.2	100	38.4	0.0	4.8	1.0
32	23.0	34.8	4.8	74	30.7	4.1	0.0	0.9	32	22.9	34.4	131.3	100	34.4	0.0	96.9	1.0
33	24.1	39.4	41.5	76	39.4	0.0	0.0	1.0	33	24.8	42.3	40.2	98	42.2	0.0	0.0	1.0
34	24.1	39.7	31.7	70	37.6	2.2	0.0	0.9	34	25.4	45.2	43.0	96	45.1	0.1	0.0	1.0
35	23.0	35.6	139.3	100	35.6	0.0	74.0	1.0	35	23.3	36.8	9.3	73	32.3	4.4	0.0	0.9
36	24.6	46.2	164.5	100	46.2	0.0	118.3	1.0	36	21.3	32.5	3.4	54	21.8	10.7	0.0	0.7

APÊNDICE 7. Resultados do balanço hídrico decedial (CAD = 100 mm) para a localidade de Gália (SP), referentes aos anos de 1984 e 1985.

1984

DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP	DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP
1	25.3	44.8	38.4	94	44.6	0.2	0.0	1.0	1	23.1	36.0	162.0	100	36.0	0.0	113.3	1.0
2	26.6	50.2	26.0	74	46.2	4.0	0.0	0.9	2	23.8	38.4	59.4	100	38.4	0.0	21.0	1.0
3	24.2	43.5	147.3	100	43.5	0.0	77.4	1.0	3	23.5	40.6	87.4	100	40.6	0.0	46.8	1.0
4	26.2	47.3	52.0	100	47.3	0.0	4.7	1.0	4	25.3	43.5	91.8	100	43.5	0.0	48.4	1.0
5	26.1	46.2	55.4	100	46.2	0.0	9.2	1.0	5	26.1	46.2	54.0	100	46.2	0.0	7.8	1.0
6	26.2	36.7	18.8	84	35.2	1.5	0.0	1.0	6	23.7	28.8	79.2	100	28.8	0.0	50.4	1.0
7	25.2	41.2	22.9	70	36.9	4.3	0.0	0.9	7	22.9	32.7	62.2	100	32.7	0.0	29.5	1.0
8	24.6	38.1	0.0	48	22.1	16.0	0.0	0.6	8	22.9	32.1	61.2	100	32.1	0.0	29.1	1.0
9	23.7	37.7	47.6	58	37.7	0.0	0.0	1.0	9	25.6	45.4	0.0	64	36.5	8.9	0.0	0.8
10	21.0	25.1	13.4	51	19.7	5.4	0.0	0.8	10	24.1	35.0	40.0	69	35.0	0.0	0.0	1.0
11	22.0	27.5	47.0	71	27.5	0.0	0.0	1.0	11	23.0	30.7	85.4	100	30.7	0.0	23.3	1.0
12	21.7	26.2	25.2	70	25.9	0.3	0.0	1.0	12	20.5	22.9	46.0	100	22.9	0.0	23.2	1.0
13	22.1	27.0	24.5	68	26.2	0.8	0.0	1.0	13	18.4	17.3	2.0	86	16.2	1.1	0.0	0.9
14	20.9	23.1	37.5	83	23.1	0.0	0.0	1.0	14	16.8	13.6	0.0	75	10.9	2.7	0.0	0.8
15	19.6	21.6	0.0	67	16.1	5.6	0.0	0.7	15	18.7	19.3	75.2	100	19.3	0.0	30.8	1.0
16	19.2	18.5	0.0	55	11.3	7.3	0.0	0.6	16	13.5	7.9	13.8	100	7.9	0.0	5.9	1.0
17	19.0	18.0	0.0	46	9.1	8.9	0.0	0.5	17	15.6	11.2	0.0	89	10.6	0.6	0.0	0.9
18	17.1	13.9	0.0	40	6.0	7.9	0.0	0.4	18	17.1	13.9	0.0	78	11.6	2.3	0.0	0.8
19	20.3	21.1	0.0	33	7.7	13.5	0.0	0.4	19	16.8	13.4	16.0	80	13.4	0.0	0.0	1.0
20	19.8	20.0	0.0	27	5.9	14.1	0.0	0.3	20	14.5	9.5	0.0	73	7.3	2.2	0.0	0.8
21	15.5	12.3	5.6	25	7.3	5.0	0.0	0.6	21	15.6	12.5	0.0	65	8.6	3.9	0.0	0.7
22	20.8	23.1	14.0	23	16.2	7.0	0.0	0.7	22	18.6	17.7	0.0	54	10.5	7.2	0.0	0.6
23	18.5	17.7	62.0	67	17.7	0.0	0.0	1.0	23	17.8	16.2	0.0	46	8.1	8.1	0.0	0.5
24	16.2	14.4	37.2	90	14.4	0.0	0.0	1.0	24	20.6	25.7	11.4	40	17.5	8.2	0.0	0.7
25	18.5	18.4	38.0	100	18.4	0.0	9.5	1.0	25	19.3	20.3	33.6	53	20.3	0.0	0.0	1.0
26	19.5	21.2	34.0	100	21.2	0.0	12.8	1.0	26	22.9	31.3	0.0	39	14.3	17.0	0.0	0.5
27	19.0	20.3	38.4	100	20.3	0.0	18.1	1.0	27	20.0	23.0	10.0	34	14.7	8.2	0.0	0.6
28	22.6	31.4	0.0	73	26.9	4.5	0.0	0.9	28	20.6	25.1	4.0	28	10.5	14.6	0.0	0.4
29	22.8	32.6	41.2	82	32.6	0.0	0.0	1.0	29	24.6	39.2	2.0	19	10.6	28.6	0.0	0.3
30	23.9	40.8	0.0	54	27.4	13.5	0.0	0.7	30	24.8	44.6	32.0	17	34.3	10.4	0.0	0.8
31	25.7	45.0	20.0	42	32.0	13.0	0.0	0.7	31	22.9	34.0	79.0	62	34.0	0.0	0.0	1.0
32	23.0	34.9	38.4	46	34.9	0.0	0.0	1.0	32	25.5	44.8	4.0	41	24.7	20.1	0.0	0.6
33	23.4	36.7	94.8	100	36.7	0.0	3.8	1.0	33	23.7	37.9	71.0	74	37.9	0.0	0.0	1.0
34	23.9	39.0	74.4	100	39.0	0.0	35.4	1.0	34	23.5	37.4	24.2	65	33.4	4.0	0.0	0.9
35	23.3	36.8	66.8	100	36.8	0.0	30.0	1.0	35	25.5	45.8	72.0	91	45.8	0.0	0.0	1.0
36	23.1	39.7	26.1	87	38.8	0.9	0.0	1.0	36	24.6	46.2	48.8	94	46.2	0.0	0.0	1.0

1985

APÊNDICE 9. Resultados do balanço hídrico decenal (CAD = 100 mm) para a localidade de Gália (SP), referentes aos anos de 1988 a 1989.

1988

1989

DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP	DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP
1	23.4	37.1	166.0	100	37.1	0.0	103.8	1.0	1	22.9	35.2	123.6	100	35.2	0.0	88.4	1.0
2	25.1	43.7	66.0	100	43.7	0.0	22.3	1.0	2	23.8	38.4	123.6	100	38.4	0.0	85.2	1.0
3	26.6	54.6	93.8	100	54.6	0.0	39.2	1.0	3	25.2	48.0	44.4	96	47.9	0.1	0.0	1.0
4	23.5	36.4	50.6	100	36.4	0.0	14.2	1.0	4	24.1	38.6	36.0	94	38.5	0.1	0.0	1.0
5	24.4	39.3	69.0	100	39.3	0.0	29.8	1.0	5	24.4	39.3	173.6	100	39.3	0.0	128.3	1.0
6	24.6	31.5	21.4	90	31.0	0.5	0.0	1.0	6	24.9	32.4	48.0	100	32.4	0.0	15.6	1.0
7	24.9	40.0	111.8	100	40.0	0.0	62.2	1.0	7	24.4	38.1	20.2	84	36.6	1.5	0.0	1.0
8	24.0	35.9	105.0	100	35.9	0.0	69.1	1.0	8	23.9	35.6	106.0	100	35.6	0.0	54.1	1.0
9	23.4	36.6	0.0	69	30.6	5.9	0.0	0.8	9	24.4	40.4	59.6	100	40.4	0.0	19.2	1.0
10	23.0	31.3	48.4	87	31.3	0.0	0.0	1.0	10	24.5	36.4	37.8	100	36.4	0.0	1.4	1.0
11	21.8	26.9	101.0	100	26.9	0.0	60.6	1.0	11	23.2	31.3	18.4	88	30.5	0.8	0.0	1.0
12	22.5	28.6	11.1	84	27.2	1.5	0.0	0.9	12	21.2	24.8	0.0	69	19.3	5.5	0.0	0.8
13	20.2	21.7	33.0	95	21.7	0.0	0.0	1.0	13	20.8	23.3	49.6	95	23.3	0.0	0.0	1.0
14	20.7	22.5	20.2	93	22.4	0.1	0.0	1.0	14	18.3	16.7	0.0	80	14.6	2.1	0.0	0.9
15	18.1	17.8	24.2	99	17.8	0.0	0.0	1.0	15	16.8	14.9	0.0	69	11.1	3.8	0.0	0.7
16	14.3	9.1	7.2	98	9.1	0.0	0.0	1.0	16	19.1	18.3	28.0	79	18.3	0.0	0.0	1.0
17	16.1	12.0	0.0	86	11.1	1.0	0.0	0.9	17	15.6	11.2	22.4	90	11.2	0.0	0.0	1.0
18	18.3	16.4	1.4	74	13.4	3.0	0.0	0.8	18	15.9	11.7	30.0	100	11.7	0.0	8.5	1.0
19	17.7	15.2	0.0	64	10.5	4.7	0.0	0.7	19	16.0	11.9	0.0	89	11.2	0.7	0.0	0.9
20	12.9	7.1	0.4	60	4.6	2.6	0.0	0.6	20	14.5	9.5	0.0	81	8.0	1.4	0.0	0.8
21	13.9	9.5	0.0	54	5.4	4.1	0.0	0.6	21	18.1	17.9	89.6	100	17.9	0.0	52.5	1.0
22	17.6	15.5	0.0	47	7.8	7.7	0.0	0.5	22	17.1	14.4	0.0	87	13.4	1.0	0.0	0.9
23	17.1	14.7	0.0	40	6.4	8.3	0.0	0.4	23	17.8	16.2	0.0	74	12.9	3.2	0.0	0.8
24	19.6	22.8	0.0	32	8.2	14.6	0.0	0.4	24	20.9	26.6	54.0	100	26.6	0.0	1.1	1.0
25	20.8	24.4	0.0	25	6.9	17.4	0.0	0.3	25	19.9	21.9	87.4	100	21.9	0.0	65.5	1.0
26	20.5	24.0	16.6	23	18.4	5.6	0.0	0.8	26	20.4	23.7	38.6	100	23.7	0.0	14.9	1.0
27	23.8	34.9	7.6	18	13.2	21.8	0.0	0.4	27	21.3	26.7	8.0	83	25.1	1.7	0.0	0.9
28	22.7	31.7	0.0	13	4.8	26.9	0.0	0.2	28	21.8	28.8	0.6	63	21.0	7.8	0.0	0.7
29	20.6	25.6	85.4	73	25.6	0.0	0.0	1.0	29	19.4	22.1	10.4	56	17.3	4.8	0.0	0.8
30	20.2	27.2	120.2	100	27.2	0.0	65.8	1.0	30	23.3	38.4	51.0	68	38.4	0.0	0.0	1.0
31	21.0	27.6	45.0	100	27.6	0.0	17.4	1.0	31	22.0	30.9	15.0	58	25.0	5.9	0.0	0.8
32	23.8	37.9	39.6	100	37.9	0.0	1.7	1.0	32	23.4	36.4	17.0	48	27.3	9.1	0.0	0.7
33	22.5	33.4	51.0	100	33.4	0.0	17.6	1.0	33	25.1	43.5	60.2	65	43.5	0.0	0.0	1.0
34	21.9	31.6	1.4	74	27.5	4.1	0.0	0.9	34	25.3	44.7	7.0	44	27.3	17.4	0.0	0.6
35	25.2	44.5	5.8	50	29.5	15.0	0.0	0.7	35	24.8	42.8	260.6	100	42.8	0.0	162.1	1.0
36	22.9	38.9	103.6	100	38.9	0.0	14.9	1.0	36	23.1	39.7	150.2	100	39.7	0.0	110.5	1.0

APÊNDICE 11. Resultados do balanço hídrico decenal (CAD = 100 mm) para a localidade de Gália (SP), referentes aos anos de 1992 a 1993.

1992

DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP	DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP
1	25.1	44.0	3.4	51	29.2	14.8	0.0	0.7	1	26.1	48.3	88.2	100	48.3	0.0	11.4	1.0
2	24.7	42.0	51.8	61	42.0	0.0	0.0	1.0	2	24.1	39.6	45.0	100	39.6	0.0	5.4	1.0
3	24.5	44.9	34.4	55	40.5	4.4	0.0	0.9	3	25.0	47.1	43.2	96	47.0	0.1	0.0	1.0
4	24.8	41.4	102.4	100	41.4	0.0	16.2	1.0	4	23.8	37.5	106.6	100	37.5	0.0	65.3	1.0
5	25.2	42.4	8.6	71	37.3	5.1	0.0	0.9	5	23.0	34.0	112.4	100	34.0	0.0	78.4	1.0
6	24.8	32.1	19.0	63	27.8	4.4	0.0	0.9	6	22.3	24.9	74.2	100	24.9	0.0	49.3	1.0
7	23.5	34.8	156.2	100	34.8	0.0	84.0	1.0	7	24.3	37.7	41.2	100	37.7	0.0	3.5	1.0
8	23.9	35.6	76.9	100	35.6	0.0	41.4	1.0	8	24.9	39.3	27.1	89	38.5	0.7	0.0	1.0
9	23.4	36.6	20.8	85	35.4	1.2	0.0	1.0	9	23.7	37.7	130.2	100	37.7	0.0	81.1	1.0
10	23.9	34.3	25.4	78	32.7	1.6	0.0	1.0	10	22.9	30.9	110.8	100	30.9	0.0	79.9	1.0
11	19.5	20.6	111.6	100	20.6	0.0	69.2	1.0	11	22.1	27.8	18.0	91	27.4	0.5	0.0	1.0
12	21.2	24.8	15.2	91	24.3	0.4	0.0	1.0	12	22.3	28.0	9.8	76	24.9	3.1	0.0	0.9
13	20.5	22.5	53.2	100	22.5	0.0	21.6	1.0	13	20.7	23.0	7.2	65	18.3	4.8	0.0	0.8
14	21.6	25.0	9.1	85	23.8	1.2	0.0	1.0	14	19.1	18.6	13.0	61	16.5	2.1	0.0	0.9
15	19.8	22.1	37.0	100	22.1	0.0	0.2	1.0	15	17.3	16.0	41.4	86	16.0	0.0	0.0	1.0
16	20.4	21.4	0.0	81	19.3	2.1	0.0	0.9	16	19.2	18.5	48.0	100	18.5	0.0	15.9	1.0
17	15.9	11.7	0.0	72	8.9	2.8	0.0	0.8	17	15.1	10.3	36.4	100	10.3	0.0	26.1	1.0
18	18.2	16.2	7.0	66	13.3	2.9	0.0	0.8	18	17.8	15.3	0.0	86	14.2	1.1	0.0	0.9
19	15.4	10.8	5.8	62	9.0	1.8	0.0	0.8	19	19.2	18.5	0.0	71	14.5	4.0	0.0	0.8
20	15.1	10.4	0.0	56	6.2	4.3	0.0	0.6	20	16.8	13.5	2.2	64	9.8	3.7	0.0	0.7
21	16.6	14.6	0.0	49	7.6	7.0	0.0	0.5	21	16.5	14.3	24.4	74	14.3	0.0	0.0	1.0
22	18.0	16.3	0.0	41	7.3	9.0	0.0	0.4	22	16.8	13.8	0.4	65	9.7	4.2	0.0	0.7
23	18.4	17.5	1.8	35	7.8	9.7	0.0	0.4	23	15.4	11.4	7.8	62	10.1	1.3	0.0	0.9
24	18.6	20.1	3.4	30	8.8	11.3	0.0	0.4	24	18.7	20.3	48.0	90	20.3	0.0	0.0	1.0
25	18.8	19.1	43.5	54	19.1	0.0	0.0	1.0	25	21.7	27.0	10.0	76	24.0	2.9	0.0	0.9
26	18.4	18.5	75.6	100	18.5	0.0	11.4	1.0	26	18.7	19.2	36.4	93	19.2	0.0	0.0	1.0
27	20.6	24.7	10.0	86	23.6	1.0	0.0	1.0	27	20.1	23.2	69.4	100	23.2	0.0	39.2	1.0
28	20.6	25.1	76.0	100	25.1	0.0	37.3	1.0	28	20.5	24.8	37.4	100	24.8	0.0	12.6	1.0
29	23.8	36.2	31.6	96	36.1	0.1	0.0	1.0	29	23.0	33.3	13.1	82	31.4	1.9	0.0	0.9
30	23.4	38.8	57.0	100	38.8	0.0	13.7	1.0	30	23.9	40.8	36.8	78	40.0	0.8	0.0	1.0
31	22.2	31.6	56.4	100	31.6	0.0	24.8	1.0	31	24.4	39.7	21.0	65	34.4	5.3	0.0	0.9
32	24.6	41.0	34.0	93	40.8	0.2	0.0	1.0	32	25.0	42.7	2.2	43	23.9	18.8	0.0	0.6
33	22.8	34.5	97.8	100	34.5	0.0	56.5	1.0	33	24.6	41.5	25.4	37	31.8	9.6	0.0	0.8
34	23.9	39.0	8.0	73	34.6	4.3	0.0	0.9	34	26.7	50.7	68.8	55	50.7	0.0	0.0	1.0
35	22.8	35.0	37.6	76	35.0	0.0	0.0	1.0	35	24.9	43.2	77.5	89	43.2	0.0	0.0	1.0
36	22.9	38.9	32.8	72	37.3	1.6	0.0	1.0	36	23.0	39.3	67.5	100	39.3	0.0	17.5	1.0

1993

APÊNDICE 12. Resultados do balanço hídrico decedial (CAD = 100 mm) para a localidade de Mococa (SP), referentes aos anos de 1966 e 1967.

1966

DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP	DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP
1	24.0	38.6	171.9	100	38.6	0.0	133.3	1.0	1	24.3	39.9	82.4	100	39.9	0.0	42.5	1.0
2	23.7	37.2	151.9	100	37.2	0.0	114.8	1.0	2	23.7	37.2	148.0	100	37.2	0.0	110.9	1.0
3	25.9	50.9	83.7	100	50.9	0.0	32.8	1.0	3	24.1	42.3	45.2	100	42.3	0.0	2.9	1.0
4	24.6	40.0	117.0	100	40.0	0.0	77.0	1.0	4	23.3	34.7	162.6	100	34.7	0.0	127.9	1.0
5	25.9	45.1	1.9	65	37.0	8.1	0.0	0.8	5	24.7	39.9	61.6	100	39.9	0.0	21.8	1.0
6	25.1	32.7	69.0	100	32.7	0.0	1.2	1.0	6	25.3	33.4	3.7	74	29.4	4.0	0.0	0.9
7	22.0	28.7	26.1	97	28.6	0.0	0.0	1.0	7	24.3	37.1	59.9	97	37.1	0.0	0.0	1.0
8	24.5	37.2	2.3	69	31.0	6.2	0.0	0.8	8	23.0	31.6	48.4	100	31.6	0.0	13.9	1.0
9	24.1	38.6	68.7	99	38.6	0.0	0.0	1.0	9	24.5	40.3	34.7	95	40.2	0.2	0.0	1.0
10	22.5	28.8	21.4	92	28.5	0.4	0.0	1.0	10	23.2	31.2	103.0	100	31.2	0.0	66.4	1.0
11	22.3	27.7	0.1	70	22.2	5.5	0.0	0.8	11	22.6	28.6	78.8	100	28.6	0.0	50.2	1.0
12	21.7	25.4	10.3	60	20.0	5.3	0.0	0.8	12	21.9	26.0	66.9	100	26.0	0.0	40.9	1.0
13	22.6	27.8	39.1	71	27.8	0.0	0.0	1.0	13	20.9	22.7	30.3	100	22.7	0.0	7.6	1.0
14	20.0	19.8	9.8	64	16.6	3.2	0.0	0.8	14	20.8	21.9	0.0	80	19.7	2.2	0.0	0.9
15	18.1	16.7	8.7	60	13.7	3.1	0.0	0.8	15	20.8	24.0	0.0	63	17.1	6.9	0.0	0.7
16	17.3	13.4	0.1	52	7.5	5.9	0.0	0.6	16	19.7	18.8	44.4	89	18.8	0.0	0.0	1.0
17	21.0	22.0	0.0	42	10.3	11.7	0.0	0.5	17	20.2	19.9	37.3	100	19.9	0.0	6.2	1.0
18	21.7	24.0	0.0	33	8.9	15.1	0.0	0.4	18	20.0	19.4	0.0	82	17.6	1.8	0.0	0.9
19	19.6	18.5	0.0	27	5.6	12.9	0.0	0.3	19	19.3	17.8	0.0	69	13.4	4.4	0.0	0.8
20	21.0	22.3	0.0	22	5.5	16.8	0.0	0.2	20	18.5	16.0	0.0	59	10.2	5.8	0.0	0.6
21	20.3	22.6	0.0	17	4.4	18.2	0.0	0.2	21	19.9	21.5	1.2	48	12.0	9.5	0.0	0.6
22	20.0	20.1	11.6	16	13.0	7.1	0.0	0.6	22	20.1	20.4	0.0	39	8.8	11.5	0.0	0.4
23	21.8	25.5	0.0	12	3.6	21.9	0.0	0.1	23	23.7	31.7	0.2	29	10.8	20.9	0.0	0.3
24	21.7	28.2	4.0	10	6.7	21.5	0.0	0.2	24	24.4	38.2	0.0	20	9.1	29.1	0.0	0.2
25	22.9	30.0	2.9	7	5.2	24.8	0.0	0.2	25	24.6	36.1	14.1	16	18.0	18.2	0.0	0.5
26	23.0	30.9	0.5	5	2.5	28.4	0.0	0.1	26	23.5	32.7	38.4	21	32.7	0.0	0.0	1.0
27	19.9	21.5	41.1	25	21.5	0.0	0.0	1.0	27	22.2	28.6	0.0	16	5.3	23.3	0.0	0.2
28	24.6	38.0	33.0	24	34.2	3.8	0.0	0.9	28	25.9	43.4	10.5	12	15.0	28.4	0.0	0.3
29	24.7	39.1	17.2	19	21.9	17.2	0.0	0.6	29	25.2	41.2	22.9	10	24.8	16.3	0.0	0.6
30	22.2	33.1	96.3	82	33.1	0.0	0.0	1.0	30	21.4	30.1	79.8	59	30.1	0.0	0.0	1.0
31	23.3	34.6	57.4	100	34.6	0.0	5.2	1.0	31	23.4	35.0	87.2	100	35.0	0.0	11.6	1.0
32	23.2	34.7	150.8	100	34.7	0.0	116.1	1.0	32	23.0	33.9	98.2	100	33.9	0.0	64.3	1.0
33	23.2	35.0	13.4	81	32.9	2.2	0.0	0.9	33	22.9	33.9	104.7	100	33.9	0.0	70.8	1.0
34	26.2	48.4	29.6	67	43.4	5.0	0.0	0.9	34	22.5	32.6	121.3	100	32.6	0.0	88.7	1.0
35	25.5	45.3	160.5	100	45.3	0.0	81.9	1.0	35	22.2	31.6	87.6	100	31.6	0.0	56.0	1.0
36	22.4	35.7	250.7	100	35.7	0.0	215.1	1.0	36	22.5	36.1	77.1	100	36.1	0.0	41.0	1.0

1967

APÊNDICE 13. Resultados do balanço hídrico decendial (CAD = 100 mm) para a localidade de Mococa (SP), referentes aos anos de 1968 e 1969.

1968

1969

DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP	DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP
1	24.2	39.5	67.8	100	39.5	0.0	28.3	1.0	1	27.4	52.7	16.9	22	26.3	26.4	0.0	0.5
2	23.3	35.5	144.1	100	35.5	0.0	108.6	1.0	2	25.2	43.6	28.9	19	31.9	11.7	0.0	0.7
3	24.7	45.0	32.9	89	44.3	0.7	0.0	1.0	3	24.5	44.1	160.0	100	44.1	0.0	34.8	1.0
4	23.7	36.3	2.0	63	27.7	8.6	0.0	0.8	4	26.2	47.1	76.0	100	47.1	0.0	28.9	1.0
5	24.4	38.6	72.2	96	38.6	0.0	0.0	1.0	5	25.9	45.1	65.5	100	45.1	0.0	20.4	1.0
6	22.3	24.1	50.8	100	24.1	0.0	23.2	1.0	6	24.6	31.1	47.8	100	31.1	0.0	16.8	1.0
7	23.8	35.2	19.4	85	34.0	1.2	0.0	1.0	7	24.3	37.1	64.5	100	37.1	0.0	27.4	1.0
8	23.7	34.2	28.1	80	33.1	1.0	0.0	1.0	8	24.4	36.8	3.6	72	31.9	5.0	0.0	0.9
9	24.8	41.6	0.7	53	27.7	13.9	0.0	0.7	9	25.1	42.9	55.0	84	42.9	0.0	0.0	1.0
10	22.0	27.2	6.6	43	16.5	10.7	0.0	0.6	10	23.9	33.7	44.8	95	33.7	0.0	0.0	1.0
11	21.7	25.8	35.9	54	25.8	0.0	0.0	1.0	11	21.7	25.8	29.7	99	25.8	0.0	0.0	1.0
12	18.7	17.2	17.1	54	17.2	0.1	0.0	1.0	12	21.3	24.2	10.5	86	23.1	1.0	0.0	1.0
13	17.9	15.2	2.1	47	8.7	6.5	0.0	0.6	13	20.1	20.5	10.4	78	18.7	1.8	0.0	0.9
14	17.8	14.6	31.2	64	14.6	0.0	0.0	1.0	14	20.4	20.9	0.0	63	14.7	6.2	0.0	0.7
15	18.2	17.0	0.2	54	10.0	7.0	0.0	0.6	15	22.6	29.8	80.9	100	29.8	0.0	14.4	1.0
16	18.6	16.2	0.0	46	8.0	8.1	0.0	0.5	16	18.3	15.5	20.7	100	15.5	0.0	5.2	1.0
17	18.9	16.8	0.0	39	7.1	9.7	0.0	0.4	17	21.3	22.9	0.0	80	20.4	2.4	0.0	0.9
18	18.1	15.0	0.0	33	5.4	9.6	0.0	0.4	18	19.3	17.7	12.1	75	16.4	1.3	0.0	0.9
19	19.8	19.0	0.2	28	5.9	13.1	0.0	0.3	19	19.5	18.2	0.0	63	12.5	5.7	0.0	0.7
20	18.1	15.1	0.0	24	3.9	11.3	0.0	0.3	20	18.4	15.8	2.2	55	10.2	5.6	0.0	0.6
21	16.9	14.1	2.5	21	5.1	9.0	0.0	0.4	21	20.8	24.1	0.6	43	12.1	12.1	0.0	0.5
22	19.9	19.8	36.4	38	19.8	0.0	0.0	1.0	22	20.9	22.5	14.9	40	18.1	4.4	0.0	0.8
23	18.4	16.4	0.0	32	5.7	10.7	0.0	0.3	23	23.6	31.4	1.1	30	11.6	19.8	0.0	0.4
24	19.9	22.5	5.0	27	10.1	12.4	0.0	0.5	24	22.2	29.9	0.0	22	7.7	22.2	0.0	0.3
25	20.0	21.1	33.5	39	21.1	0.0	0.0	1.0	25	24.5	35.7	0.0	15	6.6	29.1	0.0	0.2
26	23.2	31.6	0.0	29	10.6	20.9	0.0	0.3	26	25.6	40.8	0.0	10	5.2	35.6	0.0	0.1
27	22.5	29.6	5.7	23	11.8	17.8	0.0	0.4	27	25.1	39.4	18.5	8	20.4	18.9	0.0	0.5
28	24.4	37.2	4.8	16	11.0	26.2	0.0	0.3	28	21.6	27.1	54.4	36	27.1	0.0	0.0	1.0
29	21.2	26.3	83.2	73	26.3	0.0	0.0	1.0	29	21.0	25.6	35.4	45	25.6	0.0	0.0	1.0
30	24.8	44.1	18.2	57	34.9	9.2	0.0	0.8	30	23.9	40.0	43.4	49	40.0	0.0	0.0	1.0
31	27.2	50.4	30.6	46	40.8	9.6	0.0	0.8	31	25.2	42.4	35.7	46	38.9	3.6	0.0	0.9
32	24.3	39.1	29.6	42	33.8	5.3	0.0	0.9	32	21.3	27.8	151.4	100	27.8	0.0	69.2	1.0
33	22.9	33.9	25.2	39	28.7	5.2	0.0	0.8	33	23.6	36.6	61.6	100	36.6	0.0	25.0	1.0
34	23.2	35.3	60.0	63	35.3	0.0	0.0	1.0	34	22.8	33.8	52.9	100	33.8	0.0	19.2	1.0
35	25.1	43.5	10.8	46	28.5	15.0	0.0	0.7	35	23.3	35.9	109.4	100	35.9	0.0	73.5	1.0
36	25.6	50.4	12.5	31	26.9	23.5	0.0	0.5	36	23.5	40.4	82.1	100	40.4	0.0	41.7	1.0

APÊNDICE 14. Resultados do balanço hídrico decendial (CAD = 100 mm) para a localidade de Mococa (SP), referentes aos anos de 1970 e 1971.

1970

DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP	DEC	TEMP °C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP
1	24.6	41.2	90.5	100	41.2	0.0	49.3	1.0	1	24.7	41.6	23.5	83	40.1	1.6	0.0	1.0
2	22.8	33.6	81.1	100	33.6	0.0	47.5	1.0	2	24.5	40.5	24.0	71	36.7	3.8	0.0	0.9
3	24.8	45.5	60.0	100	45.5	0.0	14.5	1.0	3	26.3	53.0	10.7	46	35.1	17.9	0.0	0.7
4	24.9	41.3	26.1	86	40.2	1.1	0.0	1.0	4	26.2	47.1	21.4	36	31.9	15.2	0.0	0.7
5	23.4	34.6	193.4	100	34.6	0.0	144.7	1.0	5	26.0	45.5	40.3	34	42.1	3.4	0.0	0.9
6	22.9	25.8	148.6	100	25.8	0.0	122.8	1.0	6	24.4	30.4	74.9	79	30.4	0.0	0.0	1.0
7	23.9	35.6	15.2	82	33.6	1.9	0.0	0.9	7	24.2	36.7	36.8	79	36.7	0.0	0.0	1.0
8	25.2	40.1	43.0	85	40.1	0.0	0.0	1.0	8	25.5	41.3	28.0	69	37.8	3.5	0.0	0.9
9	24.7	41.2	63.6	100	41.2	0.0	7.0	1.0	9	23.8	37.4	80.7	100	37.4	0.0	12.1	1.0
10	23.2	31.2	40.7	100	31.2	0.0	9.5	1.0	10	23.4	31.9	51.9	100	31.9	0.0	20.0	1.0
11	22.1	27.0	10.5	85	25.7	1.3	0.0	1.0	11	23.8	32.7	19.2	87	31.9	0.9	0.0	1.0
12	22.8	28.8	3.2	66	22.4	6.5	0.0	0.8	12	19.2	18.5	27.9	97	18.5	0.0	0.0	1.0
13	23.7	31.4	40.9	75	31.4	0.0	0.0	1.0	13	21.7	25.0	18.9	91	24.6	0.4	0.0	1.0
14	21.6	24.2	0.6	59	16.4	7.8	0.0	0.7	14	19.2	17.8	0.1	76	14.9	2.9	0.0	0.8
15	19.5	20.3	21.6	61	20.3	0.0	0.0	1.0	15	18.7	18.2	12.4	72	16.7	1.5	0.0	0.9
16	21.9	24.7	0.0	47	13.3	11.4	0.0	0.5	16	18.3	15.5	0.3	62	10.5	5.1	0.0	0.7
17	21.6	23.7	9.7	41	15.9	7.8	0.0	0.7	17	16.8	12.4	95.2	100	12.4	0.0	44.7	1.0
18	19.8	18.9	44.9	67	18.9	0.0	0.0	1.0	18	20.8	21.5	0.0	81	19.3	2.2	0.0	0.9
19	18.9	16.8	0.6	57	10.7	6.2	0.0	0.6	19	19.0	17.0	17.0	81	17.0	0.0	0.0	1.0
20	17.3	13.5	3.4	52	8.9	4.6	0.0	0.7	20	17.9	14.7	0.0	70	11.0	3.7	0.0	0.7
21	20.8	24.1	3.8	42	13.3	10.8	0.0	0.6	21	19.4	20.1	26.3	76	20.1	0.0	0.0	1.0
22	20.6	21.7	0.0	34	8.2	13.5	0.0	0.4	22	21.8	25.1	0.0	59	16.8	8.3	0.0	0.7
23	18.5	16.7	0.0	29	5.2	11.5	0.0	0.3	23	20.0	20.4	0.0	48	10.9	9.5	0.0	0.5
24	20.5	24.3	91.9	96	24.3	0.0	0.0	1.0	24	19.8	22.2	0.2	39	9.7	12.5	0.0	0.4
25	20.4	22.2	43.5	100	22.2	0.0	17.6	1.0	25	19.7	20.3	17.5	38	18.6	1.7	0.0	0.9
26	21.4	25.6	46.8	100	25.6	0.0	21.2	1.0	26	20.8	23.8	19.3	36	21.0	2.8	0.0	0.9
27	22.2	28.6	21.1	93	28.3	0.3	0.0	1.0	27	23.0	31.4	20.9	32	24.5	6.9	0.0	0.8
28	20.9	24.9	54.6	100	24.9	0.0	22.5	1.0	28	22.3	29.4	97.4	100	29.4	0.0	0.3	1.0
29	24.5	38.3	14.6	79	35.7	2.6	0.0	0.9	29	21.0	25.6	60.2	100	25.6	0.0	34.6	1.0
30	23.9	40.0	71.8	100	40.0	0.0	10.7	1.0	30	22.7	35.0	10.0	78	32.1	2.9	0.0	0.9
31	22.3	30.9	72.4	100	30.9	0.0	41.5	1.0	31	22.2	30.5	80.9	100	30.5	0.0	28.2	1.0
32	23.0	33.9	14.5	82	32.2	1.8	0.0	0.9	32	23.3	35.1	2.9	72	30.4	4.7	0.0	0.9
33	21.0	27.1	50.4	100	27.1	0.0	5.7	1.0	33	21.9	30.2	43.8	86	30.2	0.0	0.0	1.0
34	23.7	37.3	44.2	100	37.3	0.0	6.9	1.0	34	22.5	32.6	206.5	100	32.6	0.0	160.0	1.0
35	25.7	46.3	46.5	100	46.3	0.0	0.2	1.0	35	24.2	39.6	78.1	100	39.6	0.0	38.5	1.0
36	25.7	50.9	52.4	100	50.9	0.0	1.5	1.0	36	23.2	39.1	126.8	100	39.1	0.0	87.8	1.0

1971

APÊNDICE 16. Resultados do balanço hídrico decendial (CAD = 100 mm) para a localidade de Mococa (SP), referentes ao ano de 1974.

1974

DEC	TEMP ° C	EP mm	PREC mm	ARM mm	ER mm	DEF mm	EXC mm	ER/EP
1	24.5	40.75	149	100	40.75	0	108	1.0
2	23.5	36.34	137	100	36.34	0	100	1.0
3	24.0	41.80	51	100	41.80	0	9	1.0
4	24.6	39.98	86	100	39.98	0	46	1.0
5	25.8	44.62	8	70	38.79	6	0	0.9
6	25.1	32.71	73	100	32.71	0	10	1.0
7	23.8	35.16	38	100	35.16	0	3	1.0
8	23.6	33.78	78	100	33.78	0	44	1.0
9	23.4	35.77	68	100	35.77	0	33	1.0
10	24.1	34.44	1	72	29.51	5	0	0.9
11	22.0	26.69	63	100	26.69	0	8	1.0
12	20.7	22.44	4	83	20.86	2	0	0.9
13	19.1	17.93	0	70	13.67	4	0	0.8
14	21.3	23.32	6	58	16.90	6	0	0.7
15	19.6	20.56	4	49	12.69	8	0	0.6
16	19.7	18.76	10	45	14.07	5	0	0.8
17	18.9	16.77	2	39	8.36	8	0	0.5
18	17.6	13.93	71	96	13.93	0	0	1.0
19	17.0	12.77	0	84	11.47	1	0	0.9
20	19.6	18.61	0	70	14.31	4	0	0.8
21	20.4	22.93	0	56	14.33	9	0	0.6
22	20.2	20.61	0	45	10.36	10	0	0.5
23	18.0	15.52	14	45	14.68	1	0	0.9
24	23.7	35.39	0	31	13.28	22	0	0.4
25	22.6	28.97	10	26	15.26	14	0	0.5
26	23.6	33.01	3	19	9.70	23	0	0.3
27	24.2	35.79	5	14	10.07	26	0	0.3
28	21.1	25.50	19	13	19.62	6	0	0.8
29	23.2	33.20	17	11	19.23	14	0	0.6
30	23.4	37.89	66	40	37.89	0	0	1.0
31	21.4	27.75	1	30	10.51	17	0	0.4
32	24.6	40.39	26	26	30.22	10	0	0.7
33	24.2	39.08	81	69	39.08	0	0	1.0
34	22.6	32.98	130	100	32.98	0	65	1.0
35	22.9	34.29	74	100	34.29	0	40	1.0
36	23.1	38.61	106	100	38.61	0	67	1.0