**ESTUDO SOBRE DENSIDADE DE PLANTIO E SISTEMAS DE SANGRIA DE
SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis* MUELL. ARG.) ATRAVÉS DO USO
DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO**

BERNARDO MARCELO BRUMMER

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. ANTONIO NATAL GONÇALVES

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz" da Universidade de São
Paulo, para obtenção do Título de
Mestre em Agronomia; Área de
Concentração: Fitotecnia.

PIRACICABA

ESTADO DE SÃO PAULO - BRASIL

Janeiro - 1992

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Brummer, Bernardo Marcelo

B893e Estudo sobre densidade de plantio e sistemas de sangria
de seringueira (Hevea brasiliensis Muell. Arg.) através do
uso de modelagem e simulação. Piracicaba, 1991.
141p. ilus.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Modelo matemático 2. Seringueira - Densidade de plan
tio - Simulação 3. Seringueira - Sistema de sangria - Simu
lação I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz,
Piracicaba

CDD 633.895

**ESTUDO SOBRE DENSIDADE DE PLANTIO E SISTEMAS DE SANGRIA DE
SERINGUEIRA (Hevea brasiliensis MUELL. ARG.) ATRAVÉS DO USO
DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO**

BERNARDO MARCELO BRUMMER

Aprovada em: 25.03.92

Comissão julgadora

Prof. Dr. Antônio Natal Gonçalves ESALQ/USP

Prof. Dr. José Dias Costa ESALQ/USP

Dr. Antonio Maria Gomes de Castro EMBRAPA

Prof. Dr. ANTONIO NATAL GONÇALVES

Orientador

AGRADECIMENTOS

Nosso reconhecimento e agradecimentos aos Drs. Schmöle e Dijkman, pela qualidade de seus experimentos e publicações, tão valiosas e precisas, que 50 anos após, nos forneceram grande parte das informações necessárias para realizar este trabalho.

Ao Dr. Antônio Maria Gomes de Castro da EMBRAPA, em cujo modelo nos baseamos, pelas repetidas orientações, esclarecimentos e correções; aos Drs. José Dias Costa e Silvio de Mouro Cicero do Departamento de Agricultura da ESALQ, e ao Dr. Hilton Thadeu Zárate do Couto do Departamento de Ciências Florestais, que sempre se dispuseram a nos escutar e esclarecer; ao Dr. Altino Ortolani do IAC, que nos proporcionou os dados climáticos; ao Dr. Salomão Shatan do Instituto de Economia da Secretaria de Agricultura - SP pelo estímulo e conselhos; aos colegas da Sudhevea, Marcos S. Bernardes e Fabiano Salim pelas discussões, informações e incondicional apoio; ao Eng. Agr. Nelson H. Matsuo, pela ajuda inicial com a programação.

À ESALQ - USP, a extinta Sudhevea e ao IBAMA, que nos deram os meios de aprimorar nossa formação acadêmica.

Agradecemos especialmente a nosso orientador, Dr. Antônio Natal Gonçalves, pela coragem de aceitar orientar uma pesquisa fora dos padrões tradicionais, pela confiança dispensada, e pela dedicada supervisão, que nos permitiram realizar nosso projeto.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FÓRMULAS E EQUAÇÕES.....	xi
RESUMO	xii
SUMMARY	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Considerações gerais sobre pesquisa de sistemas.....	5
2.2. Considerações sobre o modelo EMB-RUBBER...	7
2.3. Análise sobre a densidade de plantio.....	8
2.4. Descrição do modelo.....	12
2.4.1. O modelo EMB-RUBBER.....	13
2.4.2. O diagrama relacional. Fluxos de água e carbono.....	14
2.4.3. Absorção de nutrientes e perdas por doenças foliares.....	16
2.4.4. Fotossíntese.....	17
2.4.4.1. Fotossíntese foliar.....	18
2.4.4.2. Fotossíntese da copa.....	21
2.4.5. Respiração de manutenção.....	22
2.4.6. Crescimento e respiração de cresci- mento.....	23

2.4.7. Partição de carboidratos.....	25
2.4.8. Biossíntese de borracha.....	26
2.4.8.1. Modelagem de fatores es- truturais da seringueira..	27
2.4.8.2. Modelagem da partição de borracha e taxa de cresci- mento.....	28
2.4.8.3. Modelagem de fluxo de bor- racha e sangria.....	29
2.4.9. Fenologia foliar e índice de área foliar da seringueira.....	36
2.4.10 Desenvolvimento da seringueira.....	38
2.4.11 Checagem do fluxo de carbono.....	40
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	41
3.1. Hardware.....	41
3.2. Software.....	41
3.3. Variáveis testadas.....	42
3.3.1. Clima.....	42
3.3.2. Solo.....	43
3.3.3. Clone.....	43
3.3.4. Manejo.....	44
3.4. Avaliação dos resultados.....	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
4.1. Adequação do modelo.....	46
4.1.1. Adaptações na parametrização.....	49

4.2 Densidade de plantio.....	50
4.2.1. Comparação entre os resultados exper- imentais e a modelagem.....	51
4.2.2. Densidade e clima.....	57
4.2.3. Densidade e partição de carboidratos	62
4.2.4. Densidade e intensidade se sangria..	66
4.2.4.1. Densidade e frequência de sangria.....	67
4.2.4.2. Densidade e estimulação....	70
4.3. Discussão final.....	75
5. CONCLUSÕES.....	80
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
APÊNDICE 1.....	90
APÊNDICE 2.....	127

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Relação entre densidade de plantio e circunferência do caule em função da idade.....	9
2 Relação entre produção por árvore (gramas) e densidade de plantio.....	10
3 Diagrama relacional do modelo EMB-RUBBER.....	15
4 Curva de resposta da fotossíntese bruta de uma folha à intensidade da radiação recebida.....	19
5 Perfil de densidade de raízes de algodão em solos bem irrigados e dessecados.....	48
6 Comparação da produção por ha. em função da densidade de plantio e tempo de exploração, para 10 anos de sangria, entre os dados experimentais citados por DIJKMAN (1951) e da modelagem para Pindorama.....	52

7	Produção por ha. em função da densidade de plantio e idade das árvores, segundo DIJKMAN (1951).....	53
8	Comparação da produção acumulada por ha. em função da densidade de plantio e tempo de exploração, para 7 anos de sangria, entre os dados experimentais citados por DIJKMAN (1951) e da modelagem para Pindorama.....	56
9	Comparação da produção por ha. em função da densidade de plantio e tempo de exploração, para 24 anos de sangria, entre os dados do experimento citado em DIJKMAN (1951) e do modelo para Pindorama.....	59
10	Comparação da produção por ha. em função da densidade de plantio e tempo de exploração, para 24 anos de sangria, entre os dados do experimento citado em DIJKMAN (1951) e do modelo para Manaus.....	60

- 11 Produção acumulada por ha. em função da densidade de plantio e tempo de exploração, para 24 anos de sangria, do modelo parametrizado para fração de carboidratos disponíveis para biossíntese de látex (FRCHRU) de 5% para Pindorama..... 64
- 12 Produção acumulada por ha. em função da densidade de plantio e tempo de exploração, para 24 anos de sangria, do modelo parametrizado para fração de carboidratos disponíveis para biossíntese de látex (FRCHRU) de 10% para Pindorama..... 65
- 13 Produção acumulada por ha. em função da densidade de plantio e tempo de exploração, para 24 anos de sangria, do modelo parametrizado para sangria tipo d/7 e clones de maior produtividade para Pindorama..... 71
- 14 Produção acumulada por ha. em função da densidade de plantio e tempo de exploração, para 24 anos de sangria, do modelo parametrizado para sangria tipo d/2 e clones de maior produtividade para Pindorama..... 72

- 15 Comparação de produção por ha. em função da
densidade de plantio e tempo de exploração,
para 10 anos de sangria, entre dados experi-
mentais (DIJKMAN, 1951) para sangria tipo d/2
e a modelagem para d/7 com índice de tampona-
mento (PLINC) de 1,15 em clones de maior pro-
dutividade para Pindorama..... 76
- 16 Comparação de produção por ha. em função da
densidade de plantio e tempo de exploração,
para 10 anos de sangria, entre dados experi-
mentais (DIJKMAN, 1951) para sangria tipo d/2
e a modelagem para d/7 com índice de tampona-
mento (PLINC) de 0,8571 em clones de maior
produtividade para Pindorama..... 77

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Produção por hectare a diferentes densidades de plantio para 7 anos de sangria (sangria em S/2, d/2, 100%).....	12
2 Diferenças de produções acumuladas durante 24 anos de sangria, para os cenários de Pindorama e Manaus.....	57
3 Diferenças de produções acumuladas durante os primeiros anos de sangria, para os cenários de Pindorama e Manaus.....	60
4 Diferenças de produções acumuladas entre d/2 com índice de tamponamento (PLINC) de 3,0 e d/7 com PLINC=0,8571 durante 24 anos de sangria e fração de carboidratos disponíveis para biossíntese de látex (FRCHRU) de 5% para o cenário de Pindorama.....	67

- 5 Diferenças de produções acumuladas entre d/2 com índice de tamponamento (PLINC) de 3,0 e d/7 com PLINC=0,8571 durante 24 anos de sangria e fração de carboidratos disponíveis para biossíntese de látex (FRCHRU) de 8% para o cenário de Pindorama..... 68
- 6 Diferenças de produções acumuladas entre ensaios simulados utilizando diferentes índices de tamponamento durante 24 anos de sangria, e fração de carboidratos disponíveis para biossíntese de látex (FRCHRU) de 5% para o cenário de Pindorama..... 72
- 7 Diferenças de produções acumuladas entre ensaios simulados utilizando diferentes índices de tamponamento durante 24 anos de sangria, e fração de carboidratos disponíveis para biossíntese de látex (FRCHRU) de 8% para o cenário de Pindorama..... 73
- 8 Relação do perímetro total do tronco por ha. em função do espaçamento, para seringueiras com 10 anos de idade, segundo dados extraídos de DIJKMAN (1951)..... 79

LISTA DE FÓRMULAS E EQUAÇÕES

Fórmula	Página
1 Equação da fotossíntese foliar em função da intensidade de luz absorvida.....	18
2 Fórmula de cálculo das taxas respiratórias, segundo DE WIT et alii (1978).....	22
3 Equação de reação química da biossíntese de borracha.....	24
4 Equação de cálculo da taxa de fluxo de látex em função do tempo, segundo MILFORT et alii (1969).....	30
5 Fórmula de produção de borracha, segundo SETHURAJ (1985).....	31
6 Equação de regressão para cálculo do peso seco da parte aérea em função da circunferência do caule.....	32

**ESTUDO SOBRE DENSIDADE DE PLANTIO E SISTEMAS DE SANGRIA DE
SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis* MUELL. ARG.) ATRAVÉS DO USO
DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO**

Autor: BERNARDO MARCELO BRUMMER

Orientador: Prof. Dr. ANTONIO NATAL GONÇALVES

RESUMO

Os efeitos da densidade de plantio e sistemas de sangria em seringueiras foram estudados através do uso de modelagem e simulação, objetivando-se avaliar as potencialidades para estudos teóricos e geração de hipóteses de trabalho para pesquisa de campo desta metodologia.

Um modelo de crescimento e produção de seringueira foi adaptado para estes fins, simulando as condições encontradas em seringais de Pindorama - S.P., para as densidades de plantio com 476, 625 e 1.111 árvores por hectare.

As curvas de produção em função da densidade de plantio de um experimento de campo, apresentaram tendências similares as do ensaio simulado.

Simulações comparando cenários com regimes hídri-

cos diferentes sugerem que em condições de déficit hídrico a limitação na produção de borracha acontece em grau similar para as três densidades testadas.

Outras simulações, ainda sugeriram as hipóteses de obtenção de ganhos de produção de borracha, através do aumento da densidade de plantio utilizando clones de maior produtividade, tanto com sangria tipo d/2 quanto para d/7. Nestes casos também sugeriram que o aumento da densidade compensaria parcialmente a menor produção por árvore em stands menos estimulados quimicamente.

A técnica de sistemas mostrou-se adequada para o estudo teórico e geração de hipóteses, no presente trabalho.

**A MODELLING AND SIMULATION STUDY OF PLANTING DENSITY AND
TAPPING SYSTEMS IN RUBBER (*Hevea brasiliensis* MUELL. ARG.)**

Author: BERNARDO MARCELO BRUMMER

Adviser Prof. Dr. ANTONIO NATAL GONÇALVES

SUMMARY

A systems approach for studying the effects of planting density and tapping systems was used, in order to evaluate this method potential for theoretical studies and as an hypothesis generator for field experimentation.

A rubber crop growth model was adapted for these targets, simulating the conditions found in normal Pindorama S.P. rubber crops, for planting densities of 476, 625 and 1.111 trees per hectare.

Similar trends were detected when comparing rubber production curves in relation to planting density, of a real life experiment and a simulated one.

Simulations outputs of different hydrological regimes, suggest that water shortage affected rubber production for the three tested densities approximatedly in the same degree.

Further simulations suggest the hypothesis that

higher stands could increase yield when using more productive planting material, for high ($d/2$) or low ($d/7$) tapping frequencies, and that higher stands could somewhat compensate the lower yield in less stimulated stands.

Systems approach showed itself adequate for theoretical studies and hypothesis generation, in this study.

1. INTRODUÇÃO

A palavra sistema é geralmente utilizada com o sentido de um complexo de componentes relacionados, dentro de uma estrutura autônoma.

O termo define, em forma geral, os limites de autonomia, e implica que dentro destes limites existe uma organização complexa independente e inter-relacionada.

Por serem as inter-relações tão importantes, o sistema todo é mais complexo, mais abrangente, que a soma dos componentes individuais.

A pesquisa de sistemas, segundo DENT & BLACKIE (1979) é o estudo de sistemas, envolvendo numa primeira fase a análise dos componentes e as suas relações.

Posteriormente, uma fase de síntese, não implicando que a análise e a síntese aconteçam em tempos diferentes, mas que exista uma ciclagem entre elas.

Em agricultura, a utilização desta estratégia de pesquisa, permite uma visão holística do fenômeno em estudo. Evidenciar como se inter-relacionam as partes, e sua

importância relativa com respeito ao todo constitui um excelente instrumento para aprendizagem.

A formulação de hipóteses de pesquisa é frequentemente feita de forma empírica, ou através de uma análise simples de causa efeito.

A escolha de hipóteses de pesquisa com maior probabilidade de resultados concretos é uma forma de acelerar a pesquisa e economizar verbas e esforços.

Quando se trata de pesquisa com culturas de ciclo longo aumenta o risco dos resultados tornarem-se defasados do desenvolvimento tecnológico.

A experimentação com seringueira (*Hevea brasiliensis*, Muell. Arg.), apresenta todas as dificuldades das pesquisas com culturas de ciclo longo. Para uma avaliação correta dos resultados deste tipo de pesquisa deve-se considerar todo o ciclo produtivo, já que os efeitos experimentais podem variar com o tempo. Isto faz que a experimentação tenha um período longo, o que implica em altos custos e risco de perda dos experimentos, além de dificultar a possibilidade de controle dos fatores externos ao experimento.

Deve-se também considerar a grande dificuldade que implica a correção de problemas técnicos de implantação em culturas de ciclo longo. Nas culturas de ciclo curto, quando não é possível efetuar as correções, o experimento

pode ser repetido no próximo período oportuno.

A otimização da densidade de plantio, ainda é pouco explorada no manejo de seringais, com bom potencial de ganhos produtivos.

Cultivos intercalares e consorciados com seringueira, já são práticas habituais em muitos locais. Devido ao espaçamento inicial ser estabelecido de acordo com as necessidades da árvore adulta, o uso correto da área cultivada ainda não explorada pelas árvores aparentemente não tem apresentado problemas de competição.

Aliados às promissoras técnicas de sangria precoce estimulada existe um potencial produtivo possível de ser aproveitado, utilizando variações nas densidades de plantio, ajustando-as às necessidades reais da seringueira, para cada estágio de desenvolvimento.

A proposta de utilizar a técnica de sistemas através do uso de modelos de simulação para a culturada seringueira visa identificar hipóteses de pesquisa, verificar a viabilidade prática do método, entender suas limitações e deficiências e verificar como e até que ponto seus resultados podem servir de subsídio à tomada de decisão.

Neste trabalho se objetiva:

1. Estudar a utilização da técnica de sistemas, através do uso de modelos de simulação gerador de hipótese de trabalho para a pesquisa de campo de seringueira
2. Adaptar o modelo EMB-RUBBER para experimentação com variação da densidade, da frequência e uso de estimulantes na sangria.
3. Avaliar se as simulações de diferentes densidades de plantio e produções repetem os resultados obtidos experimentalmente.
4. Avaliar as potencialidades de estudos teóricos para densidades de plantio através de modelos de simulação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A estrutura desta revisão compreende quatro partes: considerações gerais sobre pesquisa de sistemas, no que se refere a simulação e modelos, considerações específicas do modelo EMB-RUBBER, análise sobre a densidade de plantio e uma descrição do modelo EMB-RUBBER. A primeira parte é geral, as duas seguintes específicas para a cultura da seringueira, e a última para melhor compreensão do presente trabalho.

2.1. Considerações gerais sobre pesquisa de sistemas

ODUM (1972), explica que modelo é uma formulação que imita o mundo real, e que por seu intermédio pode-se fazer predições. Quando se trata de modelar uma natureza complexa, a informação de número relativamente pequeno de variáveis, pode constituir uma base suficiente para modelos eficazes. Devido a que "fatores chaves" ou "fatores integrantes" controlam uma grande porcentagem da atividade.

O mesmo autor ainda define como análise de sistemas, o processo de traduzir conceitos físicos e biológicos de

qualquer sistema em um conjunto de relações matemáticas e da manipulação dos sistemas matemáticos assim obtidos.

As vantagens do uso da simulação, no estudo de sistemas, são segundo DENT & BLACKIE (1979):

- 1.- Viabilizar o estudo de sistemas onde a experimentação "in vivo" ("real-life experimentation") seria impossível, extremamente custosa ou desintegraria os resultados.
- 2.- Permitir, sintetizados na forma de modelos, explorar sistemas que não existem.
- 2.- Permitir o estudo de efeitos a longo prazo, já que o horizonte temporal, no qual o modelo é empregado, está sob controle do construtor do modelo.
- 4.- Induzir aqueles que constroem o modelo a examinar o sistema objetivamente, e assumir uma revisão crítica e integral do conhecimento que o afeta.

" Modelos tem sido criados como meio para compreender conceitos que fogem a habilidade da mente sem estes auxílios ", (Radford 1., citado por BROCKINGTON, 1979).

O objetivo prático da utilização de modelos, é a simplificação da realidade, para poder apresentar os atributos principais sem mascará-los com os que não são essen-

-
1. RADFORD, P.J., Systems, models and simulation. In: *Annual report of the Grassland Research Institute, 1967*, Berkshire, GRI Hurley, pp. 77-85, 1968.

ciais. Segundo BROCKINGTON (1979), a ilusão de se obter uma cópia exata e completa do objeto real até seu último detalhe, não só seria inatingível, como além de contradizer a definição de modelo destruiria toda perspectiva de ajudar ao entendimento.

PORTUGAL (1983), destaca o grande interesse dos modelos bioeconômicos para o estudo de sistemas agropecuários, dividindo a simulação em duas fases: modelagem e experimentação. Isto implica que apesar de representarem fases diferentes da pesquisa de sistemas, a experimentação deve incluir em maior ou menor grau a modelagem.

2.2. Considerações sobre o modelo EMB-RUBBER

O modelo EMB-RUBBER (CASTRO, 1988) foi construído para representar o crescimento e produção de borracha da seringueira. Segundo o autor, simula acumulação diária de matéria seca, incremento de circunferência, produção de borracha, produção anual e uso de água, para Manaus e para o Planalto Paulista. Vários submodelos o compõem. Os dois principais são os de fluxo de carbono e de água, integrados através do processo de transpiração. O fator fundamental é a eficiência no uso da água pela planta, determinante da quantidade de matéria seca produzida. O submodelo de absorção de nutrientes, contempla também a exportação e

ciclagem, principalmente de NPK, causada pela exploração de borracha. O submodelo de doenças foliares é empírico, e contabiliza a exportação adicional de carbono, causada pela perda de área foliar quando infeccionada por patógenos.

Estes submodelos compõem o modelo biológico, que funciona em forma hierarquizada e inter-relacionada. Ainda, o EMB-RUBBER conta com um modelo econômico-orçamentário que permite a análise conjunta dos resultados.

2.3. Análise sobre a densidade de plantio

As técnicas utilizadas na implantação, condução e exploração da cultura, serão determinantes da produtividade da mesma. O estudo das interações das variáveis técnicas e ecológicas, em uma forma global, podem produzir informações de grande interesse.

Os plantios industriais de seringais de cultivo, são efetuados utilizando uma densidade em torno das 500 plantas/ha. Esta densidade foi adotada com base nos resultados dos experimentos realizados e a experiência dos plantadores, procurando a maximização do retorno econômico.

Schmöle, (1937 2., 1940 3.), citado por DIJKMAN

-
2. SCHMÖLE, J.F., Voorloopige resultaten van een plantverband proef met oculaties. I Arch. v.d. Rubbercult. in Ned.-Indië. 21: 37-54., 1937a.
 3. ———, Voorloopige resultaten van een plantverband proef met oculaties. II Arch. v. d. Rubbercult. in Ned.-Indië. 24: 285-305, 1940.

(1951), WESTGARTH & BUTTERY, (1965) e NG et alii, (1980), mostram que em pesquisas com densidade os efeitos da competição no crescimento em circunferência começam a aparecer após o 3^o ano , e que a produção por árvore é prejudicada, quando em plantios em alta densidade (Figuras 1 e 2).

Circunferência (cm)

Figura 1. Relação entre densidade de plantio e circunferência com diferentes idades.

(Fonte: Schmöle, 1940. In: DIJKMAN, 1951)

Figura 2. Relação entre produção por árvore (gramas) e densidade de plantio.

(Fonte: Schmöle, 1940. In: DIJKMAN, 1951)

A influência do espaçamento no crescimento, aparece antes em áreas de melhores condições de fertilidade e clima (DIJKMAN, 1951). Ainda, estas pesquisas mostram que a produtividade máxima é alcançada com espaçamentos menores e variam em função da idade das plantas em sangria. Por-

tanto, existe um balanço dado pelo aumento de produção, entre o maior número de árvores sangradas, e o decréscimo de produção por planta resultante do efeito da competição entre as árvores.

As plantas produzem mais quanto maiores (até a estabilização da produção). A perda de produção por árvore será mais importante quanto mais velho o plantio. Então, o acréscimo de produção dado pelo maior número de árvores sangradas, em plantios de alta densidade, representa proporcionalmente um maior ganho de produção nos primeiros anos de sangria, conforme a Tabela 1.

Schmöle em 1941 4., citado por DIJKMAN, (1951), introduziu em um experimento com "seedlings" selecionados, o conceito de alta densidade e desbaste rigoroso. Apesar da interrupção deste experimento pela guerra do Pacífico, o autor estimou que através do raleamento seletivo poderia incrementar a produção inicial em 20-25%. Outro experimento de densidade (IRCA, 1988) após 4 anos e quatro meses, mostrou um crescimento significativamente superior e um coeficiente de variação significativamente inferior nos tratamentos que sofreram desbaste a partir de densidades relativamente altas.

4. SCHMÖLE, J.F., Zeer dicht planten en intensief uitdunnen van zaailingenaanplanten. *De Bergcult.* 15: 6-8, 1941.

Tabela 1 - Produção por hectare a diferentes densidades de plantio para 7 anos de sangria (sangria em s/2, d/2, 100%)

Distância de plantio em m.	3x3	4x4	5x5	6x6	7x7
Número de arvores plantados/ha	1111	625	400	278	204
Produção por ha. como % das parcelas de 6 x 6:					
1º ano de sangria, 6 anos	132	135	118	100	84
2º ano de sangria, 7 anos	141	131	122	100	96
3º ano de sangria, 8 anos	126	123	119	100	92
4º ano de sangria, 9 anos	118	118	114	100	92
5º ano de sangria, 10 anos	121	122	117	100	95
6º ano de sangria, 11 anos	127	124	118	100	96
7º ano de sangria, 12 anos	120	121	113	100	92
Média	126	124	114	100	93

Fonte: Schmöle, 1940. In: DIJKMAN, (1951)

2.4. Descrição do modelo

O modelo EMBRUBBER, utilizado neste trabalho está descrito na tese de CASTRO (1988). No entanto, devido a importância do assunto e para facilitar a compreensão deste

trabalho, se faz necessário uma transcrição resumida dos principais pontos do modelo que correspondem aos pontos de 2.4.1 a 2.4.11 no presente trabalho.

2.4.1. O modelo EMB-RUBBER

Este modelo foi construído para representar o crescimento e produção da seringueira. O objetivo era determinar prioridades para pesquisa de seringueira utilizando o enfoque sistêmico.

O agrupamento de variáveis visou a representação das disciplinas consideradas num programa de pesquisas em seringueira, que foram: a) Fisiologia vegetal; b) Seleção e melhoramento; c) Física de solos; d) Fertilidade de solos e nutrição de plantas; e) Fitopatologia; f) Métodos de exploração; g) Condução e gerenciamento dos seringais.

O modelo foi derivado do Level II Basic Crop Growth Simulator, de PENNING DE VRIES (1988), desenvolvido originalmente para culturas de ciclo curto.

Foram feitas diversas modificações para incluir processos que ocorrem em culturas arbórea, como também os específicos para a seringueira.

Os principais processos que ocorrem nas plantas, simulados no modelo original como fotossíntese, respiração e transpiração, representam os conhecimentos obtidos pela

pesquisa básica conduzidas por CABO ("Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek", Wageningen). Vários subprogramas, rotinas e funções que representam estes processos tem sido validados para diversas culturas e condições ambientais.

2.4.2. O diagrama relacional. Fluxos de água e carbono

O modelo foi dividido em dois submodelos principais, um para água o outro para carbono.

O diagrama (Figura 3) resume as variáveis fundamentais e seu relacionamento, e ajuda a entender o funcionamento do sistema.

O fluxo de carbono começa com a respiração das reservas iniciais e a assimilação de CO_2 através da fotossíntese. Os carboidratos são sintetizados e parcialmente consumidos pelos processos de manutenção. O excedente é acumulado em um pool de reservas, onde uma parcela é retirada para a biossíntese do látex e o restante para crescimento. A borracha é acumulada em um "pool" de onde é retirada através da sangria resultando na produção. São consideradas as perdas de carbono provocadas pela perda da biomassa, como a queda das folhas, ramos e árvores mortas.

Os ganhos e perdas de água no sistema são representados no fluxo de água. Este modelo considera a chuva

como única fonte de água, podendo esta ser interceptada pelas folhas, sofrer escoamento superficial e ser evaporada do solo. O restante infiltra no solo, onde parte é absorvida pelas raízes e transpirada. A água excedente é drenada para as camadas profundas do solo.

Os submodelos de água e carbono são interligados representando o processo de transpiração. O fator fundamental é o da eficiência no uso da água pela planta, que determina a quantidade de matéria seca produzida.

O modelo pressupõe um solo bem drenado, com lençol freático profundo, o que corresponde geralmente a realidade da cultura.

2.4.3. Absorção de nutrientes e perdas por doenças foliares

Considerou-se também que o fornecimento de nutrientes era ideal, não existindo carências de macro ou micronutrientes.

No EMB-RUBBER existe um submodelo para tratamento dos impactos nutricionais no crescimento e na produção, em condições onde a fertilidade do solo não atinge as demandas da cultura. No entanto considerou-se que sua utilização, além de aumentar desnecessariamente o número de cenários a serem estudados, não acrescentaria aos objetivos deste

trabalho. Portanto tal alternativa não foi utilizada.

Existe também um submodelo empírico para o cálculo da perda adicional de carbono, produzida pela perda progressiva de folhas devido a doenças foliares, especialmente *Microcyclus ullei*, que também não foi utilizado pelas mesmas razões.

2.4.4 Fotossíntese

Nas plantas verdes os carboidratos necessários para crescimento e produção são supridos através da energia solar, transformada em energia química pela fotossíntese.

A fotossíntese é computada diariamente no modelo para toda a copa baseado: 1) na curva de resposta à luz, das folhas, para a fotossíntese; 2) na distribuição de luz pela copa; 3) na quantidade de radiação interceptada pela copa.

Calculados diariamente, estes processos são integrados, resultando na fotossíntese bruta da cultura, representados por moléculas de glucose ($C_6H_{12}O_6$). Nos cálculos são considerados a radiação, temperatura e a concentração de CO_2 .

Sendo a seringueira uma planta C_3 , a fotorespiração está acoplada à fotossíntese, e portanto está inclusa nos valores de fotossíntese bruta calculados pelo modelo.

2.4.4.1 Fotossíntese foliar

A taxa de fotossíntese foliar é consequência da intensidade de luz absorvida em forma exponencial. CASTRO (1988) citando Goundrian e Van Laar e Goudriaan citado por PENNING DE VRIES (1989), sustentam que a curva de resposta mostra um padrão inversamente exponencial (Figura 4), e que é aplicável a todas as espécies, podendo ser representada pela seguinte equação:

$$PCGP = PLMX (1 - e^{-(PLEA \cdot AR/PLMX)}) \quad (1)$$

PCGP = Fotossíntese foliar (kg ha⁻¹ d⁻¹)

PLMX = Taxa fotossintética foliar máxima

PLEA = Eficiência inicial de uso da luz

AR = Intensidade da radiação absorvida.

Figura 4. Curva de resposta da fotossíntese bruta de uma folha à intensidade da radiação recebida.

(Fonte: PENNING DE VRIES, 1989)

As variações dos valores dos itens determinam a fotossíntese bruta da cultura. CASTRO (1988) determinou esses valores para a cultura da seringueira.

A absorção de luz pelas folhas - A radiação considerada fotossinteticamente ativa foi de 50% da luz solar. A luz incidente pode ser refletida, transmitida ou absorvida (interceptada). SETHURAJ (1985) determinou valores na ordem de 84.8 a 92.3% para interceptação em diferentes estratos

da copa, que coincidem com os valores de outras culturas, fixando-se um valor (em torno de 80%) para a radiação fotossinteticamente ativa da fração de luz absorvida, no modelo EMB-RUBBER.

Eficiência inicial de uso da luz - As plantas C_3 demandam aproximadamente 15 quanta de radiação fotossinteticamente ativa, para reduzir uma molécula de CO_2 , devido principalmente a absorção de luz dos pigmentos não fotossintéticos e a fotorespiração (PENNING DE VRIES, 1988).

Este valor se traduz, como medição da eficiência de uso da luz, em uma taxa de $0,48 \text{ kg}/CO_2/\text{ha}/h$ por $J^2/m^2/s$, e depende da temperatura.

Segundo DE WIT et alii (1978) este valor é típico para plantas C_3 a uma temperatura de $10^\circ C$, reduzindo para 0,3 a $30^\circ C$ e para 0,0 a temperaturas superiores a $45^\circ C$, devido a fotorespiração. Portanto, EMB-RUBBER foi programado para calcular a eficiência inicial de uso da luz sob esta premissa. Uma função específica interpola o valor real desta variável de acordo com a temperatura do ar.

Taxa fotossintética foliar máxima - EMB-RUBBER utiliza a espessura foliar (ou melhor, o peso específico foliar) para este cálculo. O princípio fisiológico da relação entre peso específico foliar e a taxa fotossintética máxima, se baseia em que o conteúdo de Ribulose-1,5-difosfatocarboxilase varia com a espessura foliar.

Segundo Charles Edwards citado por PENNING DE VRIES et alii (1989), as diferenças na espessura foliar explicam as diferenças na taxa fotossintética máxima de cultivares de plantas. O modelo adota um fator proporcional de 0,1 kg/CO₂/ha/h por kg de folha/ha (usado para plantas C₃) à temperatura ótima. Uma função ajusta este valor à temperatura. O valor do peso foliar específico, 488 kg/ha, foi adotado, baseado nas determinações de SHORROCKS (1965) para o clone RRIM 512, resultando numa taxa fotossintética máxima de 48.8 kg de CO₂/ha/h.

2.4.4.2 Fotossíntese da copa

A fotossíntese foliar, a distribuição e a interceptação da luz são os principais determinantes da fotossíntese da copa. A intensidade luminosa varia durante o dia e entre dias, o que é computado nos cálculos. Dias claros ou encobertos, com variações na quantidade de luz direta e difusa também modificam os padrões de interceptação. A latitude influencia na intensidade luminosa disponível.

Algumas características como a massa foliar (caracterizada pelo índice de área foliar IAF) e a distribuição do ângulo foliar também afetam a taxa fotossintética da copa.

No modelo, a subrotina SUASTR calcula radiação

global total diária acima da atmosfera ($\text{J/m}^2/\text{d}$) em um determinado dia e latitude. Este resultado é utilizado na sub-rotina SUPHOT, desenvolvida por GOUDRIAAN (1987), para obter a fotossíntese bruta da copa.

SUPHOT calcula a fotossíntese bruta determinando a quantidade real de luz direta e difusa, em três pontos durante o dia e a três profundidades da copa.

SUPHOT calcula a radiação global total diária e com este dado calcula a fotossíntese bruta potencial (PCGP).

O resultado de SUPHOT (PCGP) é limitado pela disponibilidade de água, que uma vez calculada dá o valor da fotossíntese bruta real (PCGA).

2.4.5 Respiração de manutenção

A fonte de energia da respiração são os açúcares, havendo a evolução de CO_2 como subproduto mensurável.

O cálculo das taxas respiratórias se baseia num processo similar ao utilizado por MORHEN (1987), e é feito calculando as frações de biomassa das proteínas (PFI) e de minerais (MFI) das folhas, caule, raízes e ramos, segundo a fórmula de DE WIT et alii (1978):

$$R_{m,i} = 0,04 * PFI + 0,08 * MFI \quad (\text{kg CH}_2\text{O/kg MS/d}) \quad (2)$$

O conteúdo de proteínas é estimado multiplicando-se a concentração de N no tecido por 6,25. O conteúdo mineral é estimado a partir da soma da quantidade total de fósforo, potássio, cálcio e magnésio no tecido. O valor calculado para $R_{m,i}$ considera uma temperatura de 25°C e portanto o modelo inclui uma equação para contabilizar o efeito da variação de temperatura no valor obtido.

Segundo SHORROCKS (1965) o N foliar na seringueira, é de 2,8 % e o conteúdo mineral 2,4 % . Usando estes valores, se obtém para as folhas um $R_{m,i}$ de 0,0089 kg/CH₂O por kg de folhas, para parte aérea o valor de 0,00015 e para as raízes 0,00022. A somatória dos R_m para parte aérea e raízes resulta na respiração de manutenção diária da cultura.

2.4.6 Crescimento e respiração de crescimento

Neste trabalho, matéria seca estrutural é definida como os componentes relativamente permanentes durante a vida da planta, e reservas como os componentes orgânicos que só existem temporariamente e são consumidos para manutenção e crescimento, sendo glicose e amido as formas mais comuns de reservas. Crescimento pode ser definido como "a conversão bioquímica de reservas em matéria seca estrutu-

ral" (PENNING DE VRIES, 1989). A respiração de crescimento é a perda de peso da planta devido a conversão de reservas em matéria seca estrutural e é medida indiretamente através da evolução de CO_2 .

O modelo se baseia nesta aproximação, para simular o crescimento e a respiração de crescimento. Os carboidratos disponíveis divididos pela eficiência de crescimento das folhas, parte aérea, raízes e borracha resultam nas taxas diárias de crescimento.

Baseado em JACOB et al. (1983) a taxa de eficiência do crescimento de borracha seria de 3,97 kg de CH_2O /kg C_5H_8 . A fração de carbono na borracha (FCHRU) é de 0,887 e a produção de CO_2 durante a formação do látex (CPGRU) em kg de CO_2 /kg de CH_2O seria de 0,652. A biossíntese de borracha corresponderia a seguinte reação química:

É pressuposto no modelo que a planta direciona carboidratos preferencialmente para a formação de borracha.

As taxas de crescimento multiplicadas pelo fator de evolução de CO_2 determinam a respiração de crescimento para as partes, e a sua somatória resulta na respiração de crescimento total da cultura.

2.4.7. Partição de carboidratos

A partição de carboidratos é aqui definida como a distribuição de biomassa nova entre os órgãos da planta. A premissa básica deste modelo é que o crescimento é principalmente dependente da fonte: quanto mais carboidratos supridos, mais rápido o crescimento. Esta forma de aproximar a quantificação de carboidratos para seringueira é similar as adotadas por muitos outros modelos, mais descritiva que explanatória, desde que os mecanismos que governam este processo são ainda desconhecidos (PENNING DE VRIES, 1989).

No modelo, uma "chave" distribui os assimilados disponíveis para crescimento, primeiro para ramos novos e raízes depois para o resto da parte aérea e folhas. A reserva de borracha tem preferência relativa ao crescimento. Isto implica que o crescimento e a produção de borracha são competitivas e consequentemente o sistema de exploração determina o padrão de partição, influenciando a produção e a taxa de crescimento (GOMEZ, 1983; SETHURAJ, 1985). A distribuição de crescimento das partes da planta é governada por funções dinâmicas que controlam o padrão de locação de CH_2O em função do tempo e/ou estágio de desenvolvimento da cultura. Estas funções se baseiam nas análises de cresci-

mento estudadas por SHORROCKS (1965) e TEMPLETON (1968 e 1969).

O modelo promove a integração dos pesos iniciais dos órgãos da planta considerando as taxas específicas de crescimento menos as taxas de perdas. Calcula-se diariamente as variáveis que definem o estado e crescimento de folhas (WLV, em kg/ha) parte aérea (WST, em kg/ha) raízes (WRT, em kg/ha) , a reserva de borracha (RUBPL) e o estado total de crescimento da cultura (WCR, em kg/ha).

2.4.8. Biossíntese de borracha

O látex é sintetizado nos vasos laticíferos da seringueira, encontrando-se em uma concentração variável de 28 a 55 % , sendo extraído através de incisões na casca do tronco, de forma sistemática e de acordo com um sistema de sangria.

A pesquisa sobre biossíntese de borracha e sangria tem sido principalmente dirigidas para: (i) a descoberta dos mecanismos que controlam o fluxo do látex e como modificá-los para obter maior produção: (ii) o desenvolvimento de sistemas de sangria, maximizando a produção e minimizando os custos; e (iii) a descoberta dos mecanismos bioquímicos que regulam a biossíntese de borracha.

2.4.8.1 Modelagem de fatores estruturais da seringueira

A biossíntese de borracha e seu armazenamento na casca da árvore determina o limite do tamanho do reservatório, limitando a produção do látex. O tamanho do reservatório é representado no modelo pelas variáveis VOL (fração volumétrica do tronco ocupado por borracha) e RUBSTC (conteúdo de borracha do tronco, %) multiplicado pelo peso do caule (WST, em kg/ha) mais a borracha existente (RUBPL, em kg/ha), o que determina o tamanho máximo do reservatório de borracha (MRUBPL, em kg/ha).

O limite máximo para atividade de biossíntese de borracha é função de MRUBPL. Esta variável engloba uma série de características clonais também denominadas fatores estruturais. NARAYAN et alii (1973) descreveram sob este título os fatores "número total de anéis de vasos laticíferos; densidade de anéis de vasos laticíferos por mm de casca; espessura de casca). Eles encontraram correlação significativa entre número de anéis de vasos laticíferos e produção, o que explica até certo ponto a variação em produção entre clones. A espessura da casca também afetou a produção, porém seu efeito é frequentemente confundido com a circunferência do tronco. A literatura não fornece nenhuma informação quantitativa na forma de VOL e RUBSTC, e

portanto o modelo se apóia em uma estimativa empírica.

Valores de 0,005 a 0,10 foram testados para sensibilidade, para RUBSTC foi adotado o valor 0,01 sugerido por GOMES (1983).

2.4.8.2 Modelagem da partição de borracha e taxa de crescimento

Tendo determinado o tamanho do reservatório de borracha é necessário quantificar a fração dos carboidratos disponíveis que são convertidos em borracha. Todos os carboidratos disponíveis são utilizados para preencher o reservatório, até o seu nível máximo, limitado pelo tamanho máximo do reservatório.

O processo de síntese acelerada é iniciado pela sangria. A eficiência do sistema enzimático determina a fração máxima dos carboidratos diariamente disponíveis que podem ser convertidos em borracha. Tal pode ser representado pela variável FRCHRU (fração potencial de carboidratos disponível para síntese de borracha) e pode variar segundo os clones. A partição potencial somente é atingida em condições especiais. A conversão é influenciada pelas variáveis CAGCRT (total de carboidratos disponíveis para crescimento da cultura, em kg/ha), RUBPL (tamanho real do reservatório de borracha em kg/ha), GRUB (taxa de cresci-

mento do reservatório de borracha em kg/ha/d) e TRUB (taxa de extração de borracha em kg/ha/d). A fração real de carboidratos disponível para síntese de látex, é representada no modelo pela variável FRCHRA.

A taxa de crescimento diário da reserva de borracha é calculada pela multiplicação da quantidade de assimilados disponíveis (CAGCRT) pela fração real de carboidratos para biossíntese de látex (FRCHRA), e dividido pela eficiência de transformação $\text{CH}_2\text{O}/\text{C}_5\text{H}_8$ de carboidratos para crescimento de borracha (CRGRU, em kg $\text{CH}_2\text{O}/\text{kg}$ de borracha).

O cálculo do valor diário da reserva de borracha é feito através da somatória dos fluxos de entrada e saída de borracha.

Como CRGRU foi definido em 2.4.6., só é necessário definir FRCHRA, que segundo valores empíricos tirados das publicações de TEMPLETON (1969); GOMEZ (1983) e MORAES (1978) estaria entre 3 e 11 % .

2.4.8.3. Modelagem de fluxo de borracha e sangria

Frey-Wissling (1929) propôs uma descrição matemática do fluxo de látex. Segundo a teoria, imediatamente após a sangria o látex exsuda rapidamente. O fluxo nesta fase inicial é controlado somente por fatores físicos (gradientes de pressão) e que rapidamente tende a se esgo-

tar. A fase posterior do fluxo vai decrescendo lentamente até finalizar-se por coagulação do látex no corte de sangria.

BOATMAN (1966) e BUTTERY e BOATMAN (1967) descobriram que sangrando as árvores em intervalos frequentes no mesmo corte no mesmo dia, aumentava dramaticamente o fluxo de látex. A causa deste comportamento é devido ao bloqueio por coágulos nas extremidades e dentro dos vasos, formados por constituintes do látex poucos minutos após a sangria. Descobriu-se também que aplicando estimulantes de produção como 2,4,5-T, de alguma forma inibia-se a formação dos coágulos.

Com base nos conhecimentos já disponíveis, MILFORD et alii (1969) propuseram a expressão abaixo para explicar matematicamente o fluxo de látex:

$$Y = be^{-at} \quad (4)$$

Y = a taxa de fluxo num tempo t

b = taxa de fluxo inicial

e = número base do logaritmo neperiano

a = constante de tempo de fluxo ou "plugging index"

O " plugging index" (PI), ou índice de tamponamento, está inversamente relacionado com a duração do fluxo. O método para medir o fluxo real de látex é baseado em duas informações de campo:

- i) o volume inicial de látex durante os cinco primeiros minutos que caracteriza a taxa de fluxo inicial média (F, em ml por minuto)
- ii) o volume total produzido (TSE, em ml).

Destas medições o PI pode ser definido pela equação:

$$PI = F * 100 / TY \quad (5)$$

O PI é uma característica clonal, pouco afetada pela idade da planta, fatores locais climáticos ou edáficos (MILFORT et alii, 1985 e HO, 1968). Medições de PI para 13 clones orientais revelaram valores de 1,74, para o RRIM 501 a 6,24, para o Tjir 1 (PAARDEKOOOPER & SAMOSORN, 1969).

A partir destes conhecimentos SETHURAJ (1981 e 1985) derivou a fórmula que representa a produção de uma árvore por dia de sangria:

$$Y = F * L * Cr/PI \quad (6)$$

Y = produção de borracha em g/árvore/sangria

F = taxa média de fluxo inicial (5 minutos), por cm sangrado em ml/min

L = comprimento do corte, em centímetros

Cr = conteúdo de borracha seca do látex (%)

PI = "plugging index"

O comprimento do corte (L) relaciona o crescimento da árvore à produção, desde que é função da circunferência do tronco, e constitui uma medida indireta do crescimento. PI e F expressam a influência do fluxo de látex na produção, e o conteúdo de borracha do látex é resultante da capacidade biossintética e do nível de exploração.

EMB-RUBBER usa esta fórmula para calcular DARUT (kg/ha), a quantidade de borracha extraída da reserva de borracha. O comprimento do corte usado foi de 1/2 de GIRTH (circunferência do tronco), podendo ser substituído por 1/3, 1/4, etc.

A componente RUBPL vezes MFRT é introduzida para limitar a quantidade de borracha extraída ao tamanho real do reservatório de borracha. Para calcular a quantidade de borracha sangrada por hectare (kg/ha), a variável NPTREE (numero de árvores em condição de sangria por ha) é multi-

plicado pela produção média diária por árvore. NPTREE é computado por um procedimento em FORTRAN, que calcula o "stand" atual NTREE (numero de árvores vivas por ha) baseado no stand inicial e na taxa de mortalidade, RDTREE.

A taxa de fluxo inicial e o índice de tamponamento são representados no modelo pelas variáveis FLOW e PLIN respectivamente. Uma função empírica descreve o provável efeito da seca sobre o índice de tamponamento (PLINC). O efeito do déficit hídrico sobre o índice de tamponamento é representado pelo coeficiente de tolerância clonal (WTOLC). A relação entre transpiração real e potencial é utilizada para medir o "stress" hídrico, presumindo-se uma relação linear entre esta razão e o índice clonal de tamponamento (PLINC).

O modelo calcula crescimento contabilizando o "peso seco total da cultura". Para isto existe uma fórmula para calcular a circunferência do caule (GIRTH) que permite relacionar crescimento à produção de borracha.

A relação entre circunferência do caule e peso seco da parte aérea, para vários clones de seringueira, foi estudada por SHORROCKS et alii (1965). Eles encontraram uma forte relação entre o peso da parte aérea e a circunferência do caule. Foi calculada a equação de regressão que permite o cálculo do peso seco da parte aérea dentro de um desvio padrão de 15%. A equação pode ser expressa como:

$$W = 0.002604 G^{2.7826} \quad (7)$$

W = peso da parte aérea da planta em kg

G = circunferência do caule (cm)

Esta equação é utilizada inicialmente para calcular o peso da parte aérea a partir da circunferência inicial, e posteriormente, em sua forma inversa, para transformar o peso seco da parte aérea em circunferência do caule.

A parte aérea é representada pela variável WSS e suas taxas de crescimento e perdas (GLV, LLV, GST, GRUB, TRUB), o que permite o cálculo da taxa de crescimento da circunferência (DGIRTH, em cm/d). O total de peso seco da parte aérea é dividido por NTREE (numero de árvores vivas) para obtenção do incremento da circunferência do caule por árvore.

O GIRTH médio é calculado integrando a circunferência inicial (GIRTHI) e sua taxa incremental DGIRTH.

A sangria é uma decisão gerencial, baseada em considerações biológicas e econômicas. A ocorrência de sangria é representada pela variável TAP. Quando TAP = 1, DARRUT é igual a TRUB (borracha extraída, em kg/ha/d), o que implica que houve sangria. Se TAP = 0, não há sangria.

A frequência de sangria é introduzida através da variável IMP, que toma valores inteiros representando a frequência de ocorrência de um impulso positivo. Assim modificando o valor da variável na função IMPULS, se representa a frequência desejada de sangria. Quando IMP toma valor 0, a área foliar é menor que 2, o que implica na suspensão da sangria durante a troca de folhas. Esta decisão esta programada na função INSW; ambas as funções são facilidades internas disponíveis no programa PCSMP.

A entrada em sangria, no modelo, acontecerá quando 50% do "stand" alcance 50 cm de circunferência, o que novamente é comandado pela função INSW. A função FRTTAP (fração de árvores sangráveis no "stand" total) existe para representar a evolução da parcela de árvores em condições de sangria em relação a idade da cultura.

Quando definidos os valores para os componentes de TRUB, a produção acumulada de borracha (RUBPRO, em kg/ha), é dinamicamente calculada através da integração de TRUB. A produção média anual é extraída de RUBPRO por um procedimento em FORTRAN e expresso como produção anual de borracha (ANRUP, em kg/ha/ano).

2.4.9. Fenologia foliar e índice de área foliar da seringueira

O crescimento da área foliar é fundamental para o cálculo da fotossíntese e de transpiração.

Conceitualmente, a área foliar pode ser representada pela superfície total das folhas, de um lado, por unidades de superfície de solo (em ha/ha). Este valor é denominado índice de área foliar e pode ter valores de até 15 para seringueira (SHORROCKS, 1965). Sabe-se que mais de 90% da luz disponível é normalmente interceptada quando a área foliar atinge o valor 4 (GOUDRIAAN, 1982).

O método para cálculo da área foliar é determinado pelo peso específico foliar (SLC, em kg/ha). SLC é definido como o peso seco das folhas (excluindo pecíolos e reservas) da área total (um lado só) de um hectare de folhas (PENNING DE VRIES, 1989).

O peso específico foliar é característico de cada cultura e constante em toda a copa. A função SLAR contabiliza o aumento em espessura da folha durante o ano, relacionando-o com o estágio fenológico. Portanto, o peso específico foliar real (SLA em kg/ha) é obtido de SLC e utilizado para calcular as taxas de crescimento e perda de área foliar.

Os cálculos são processados dividindo o crescimento de peso foliar e as perdas de folhas (GLV e LLV) por SLA. Uma vez determinadas as taxas de ganhos e perdas da área foliar, o valor dinâmico do índice de área foliar é computado integrando as taxas e o índice de área foliar inicial e somando a contribuição dos ramos verdes.

A seringueira perde as folhas uma vez por ano, em forma concentrada (clones de desfolhamento regular). Alguns clones originários de *Hevea benthamiana*, tem comportamento diferente, com dois ou mais picos de desfolhamento por ano (clones de desfolhamento irregular). Os mecanismos que controlam a troca de folhas em seringueira ainda são pouco conhecidos, portanto a modelagem da troca de folhas é descritiva e se baseia em observações de campo.

Para efeitos de modelagem se pressupõe uma troca de folhas regular, com pouca variação do período de ano para ano.

A duração e a taxa de desfolhamento foram deduzidas de Martin (1969), de onde se deduziram os parâmetros para a calibragem da taxa de perda de peso foliar (LLV, em kg/ha/d). O momento da troca, a duração e a intensidade da troca de folhas são definidos pela função LLVT, que define o valor destas variáveis de acordo com a data (função DATE) do ano. A perda adicional de folhas por morte de árvores e contabilizada multiplicando a taxa programada pela ex-

pressão (1-RDTREE), onde RDTREE representa a taxa de morte de árvores.

Uma vez obtida LLV, a taxa de perda foliar (LLA) é calculada em forma similar.

A contribuição adicional dos ramos verdes na área fotossinteticamente ativa também é considerada. Similarmente ao método de cálculo adotado para a área foliar, o peso específico dos ramos (SSC) foi determinado. A fração dos ramos verdes em relação ao peso total dos ramos (e caule), é de 0,06 (SHORROCKS, 1965) e somente a metade da superfície disponível é considerada fotossinteticamente ativa. A perda progressiva da atividade fotossintética dos ramos, estimando que 50% dos ramos verdes suberificam em meio ano, também está representada na equação.

2.4.10. Desenvolvimento da seringueira

Desenvolvimento pode ser definido como "a idade fisiológica e aparência morfológica da cultura", podendo ser expressa pela variável fisiológica estágio de desenvolvimento.

Para as culturas anuais, o estágio de desenvolvimento é crucial, desde que as taxas de crescimento e produção são afetados por ele.

Para árvores, os estágios de desenvolvimento são classificados por LEOPOLD e KRIEDMANN (1975) em juvenilidade, maturidade e senescência. A juvenilidade é caracterizada principalmente por fortes taxas de crescimento. A retenção foliar também é uma característica juvenil, como normalmente ocorre durante os três ou quatro primeiros anos da seringueira.

A maturidade é caracterizada pela capacidade de floração. Senescência é a fase onde a atividade enzimática decresce e a síntese e concentrações de proteína e clorofila nas folhas decaem. No modelo, pelas características produtivas e forma de exploração da seringueira, é adotado um outro enfoque, em função da sangria.

A fase de pré-corte corresponde a fase imatura e o pós-corte, a fase madura. A fase madura é subdividida em sub-fases, de acordo aos painéis de sangria que vão sendo explorados (A, B, C, D, etc).

A duração de cada fase é computada no modelo pela taxa de desenvolvimento (DR, em d^{-1}). DR é o inverso do tempo que a cultura leva para passar de uma fase para outra. Durante a fase imatura DR é chamado DRV, e durante a madura DRPT e é novamente dividida em subfases para poder representar o painel que está sendo explorado (DRPT1, DRPT2, etc).

Como a duração de cada fase ou sub-fase é uma decisão gerencial, principalmente na fase madura, DR é computado como um parâmetro no modelo.

Pressupõe-se um consumo de aproximadamente 2,0 cm de casca do tronco por mês (em sangria tipo d/2) resultando em 5 anos de consumo de casca por painel o que representa um DRPT de $2739 * 10^{-7}$ por dia. Para a fase imatura se considerou inicialmente um DRV de $4566 * 10^{-7}$, podendo-se variar estes valores se preciso.

A identificação das fases, e a passagem de uma fase a outra é feita pela função INSW. Uma função empírica também é incluída para representar o crescimento da árvore por estágio de desenvolvimento.

2.4.11. Checagem do fluxo de carbono

Um mecanismo de controle foi incluído no modelo para checar a exatidão dos cálculos. O total das entradas e saídas de carbono são computadas e comparadas, e se aparecer uma variação entre fluxos superior a 1% aparece uma mensagem de alerta no resultado.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Hardware

Material utilizado:

Inicialmente um microcomputador IBM AT compatível, com processador INTEL 80286, coprocessador matemático, disco rígido de 40 Mb, diskdrive de 1,22 Mb. Posteriormente substituído por um microcomputador com processador INTEL 80486 de 33 Mhz, dois discos rígidos de 42 Mb cada um e dois diskdrives, um de 1,44 Mb outro de 1,2 Mb.

3.2. Software

Software utilizado:

Compilador PCSMP da IBM, modificado pela Universidade de Wageningen para utilização em microcomputador.

Compilador FORTRAN IBM versão 2.0

Foi utilizado o modelo EMB-RUBBER (CASTRO, 1988), desenvolvido a partir do modelo SUCROS de PENNING de VRIES, F.W e van KEULEN, H de 1982,.5 . Este modelo, caracterizado

5. CASTRO, A.M.G. de, (EMBRAPA, Sede, Brasília, DF) Comunicação pessoal, 1989.

como dinâmico, determinístico, de predição e bioeconômico, foi apresentado pelo autor por ocasião da defesa de tese de PhD na Universidade de Reading, Inglaterra, sendo específico para a cultura da seringueira. Pode ser utilizado para fornecer estimativas de produção e produtividades diárias de borracha natural de um hectare de seringueira em múltiplas condições ambientais.

Vários editores de texto, programas para gráficos, sistemas operacionais e outros utilitários foram utilizados.

Foram usados dados reais de clima, utilizando-se séries históricas de 10 anos para Pindorama e os constantes no modelo EMB-RUBBER para Manaus.

3.3. Variáveis

3.3.1. Clima

As variáveis climáticas locais consideradas foram:

Insolação: horas sol ou $\text{j/m}^2/\text{seg}$

Precipitação: mm

Temperatura máxima: $^{\circ}\text{C}$

Temperatura mínima: $^{\circ}\text{C}$

Umidade do ar: %

Velocidade de ventos: m/seg

3.3.2. Solo

Foi utilizado o Boletim 12 da Comissão de Solos (1960), para determinação dos dados necessários á caracterização da textura dos solos considerados, para cálculo do balanço de água no solo.

3.3.3. Clone

As variáveis morfo-fisiológicas foram escolhidas inicialmente para ajustar-se aproximadamente as características apresentadas pelas plantas do experimento de densidade citado em DIJKMAN (1951). Várias alterações nas variáveis foram efetuadas para simular diversas características clonais. Estas variáveis refletem diferentes comportamentos a respeito da produção, vigor, resistência a seca, etc. e representam o comportamento de diversos clones, sem tentar ajustar-se especificamente a nenhum.

3.3.4. Manejo

Foram simuladas três diferentes densidades, 476, 625 e 1111 árvores/ha com diversas intensidades de sangria e uso de estimulação. Estas densidades foram escolhidas em função de estarem disponíveis os dados experimentais para 625 e 1111 árvores/ha, e apresentarem claramente os efeitos da competição sobre o crescimento e a produção. Para facilitar a interpretação dos efeitos comparativos, preferiu-se utilizar 476 em vez de 400 árvores/ha isto por ser a densidade de plantio mais utilizada no Brasil. Os dados para 476 árvores/ha foram calculados através de interpolação entre 400 e 625 árvores do mesmo experimento.

3.4. Avaliação dos resultados

Por tratar-se de um modelo parcialmente validado (de acordo a nomenclatura proposta por PENNING DE VRIES (1977), os dados obtidos são analisados qualitativamente considerando a tendência da resposta das variáveis em função do tempo, o que é extremamente útil para a formulação de hipóteses de pesquisa.

Tratando-se de um modelo determinístico, a natureza sistemática dos resultados não permite a utilização de testes estatísticos de significância, desde que o modelo não inclui nenhuma fonte de variação que possa ser tomada como resíduo.

A avaliação qualitativa por comparação gráfica dos dados e a utilização de estatística descritiva, foram adotados seguindo CASTRO (1988), que indica estes como métodos muito convenientes para modelos deste tipo.

Durante todo o curso dos trabalhos foram efetuadas avaliações internas rotineiras do modelo, verificação dos dados, das variáveis e equações para evitar erros devido a programação computacional (erros sistemáticos).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Adequação do modelo

A versão original do programa EMB-RUBBER CASTRO (1988), é parametrizado originalmente para 16 anos e com dados climáticos de Manaus. Quando utilizado fora do limite de tempo para o qual foi projetado apresenta um crescimento da circunferência de tronco acima do normal.

Quando parametrizado com os dados climáticos e de localização para Pindorama, verificou-se que no 15^o ano a produção de borracha se tornava nula, o índice de área foliar caía na época de desfolhamento e não mais se recuperava.

Identificou-se que tal fato ocorria em função do modelo ter sido desenvolvido para objetivos diversos do presente estudo.

Supondo-se que a diferença residia nos dados climáticos, foi possível deduzir-se que a pluviosidade marcadamente inferior de Pindorama seria a responsável.

O programa mostrava neste caso, uma sensibilidade muito superior a realidade para a variável precipitação,

"matando" as plantas por falta de água.

A análise dos resultados de partição dos carboidratos para as raízes mostrou que na época do desfolhamento, praticamente todas as reservas eram alocadas para as raízes, simulando um crescimento exagerado das mesmas.

Este crescimento das raízes esgotava as reservas, aumentava a massa radicular e portanto a demanda por carboidratos, e impedia o enfolhamento e a consequente retomada da produção.

É provável que não exista um crescimento de raízes durante o desfolhamento, já que os carboidratos devem ser alocados preferencialmente para o enfolhamento imediatamente posterior. Geralmente a troca de folhas em seringueiras ocorre na época seca. Segundo KLEPPER & RICKMAN (1990), ocorre crescimento negativo em raízes de algodão sob efeito de stress hídrico, conforme Figura 5.

Figura 5 - Perfil de densidade de raízes de algodão em solos bem irrigados e dessecados

Fonte: KLEPPER (1990)

Como não foram achados em literatura dados de correlação entre crescimento de raízes e área foliar, uma rotina descritiva empírica foi criada (linhas 91 a 97 do apêndice 1), para redirecionar a alocação de carboidratos quando o índice de área foliar é inferior a 2. Parece provável que a dinâmica de crescimento de raízes, deva estar relacionada com a área foliar que a planta apresenta.

A partição de carboidratos em seringueira e a relação do crescimento radicular com a área foliar é um tópico pouco conhecido e que merece ser melhor pesquisado.

O apêndice 1 é uma das versões do modelo já parametrizado para Pindorama, incluindo os dados climáticos. O significado das abreviaturas e unidades mais importantes podem ser consultadas no apêndice 2 que foram extraídas de CASTRO (1988).

4.1.1. Adaptações na parametrização

Os valores dos parâmetros e variáveis no modelo foram analisados e ajustados para representar o sistema em estudo neste trabalho.

Para o modelo padrão de Pindorama foram modificados as variáveis de localização LAT (latitude) e ELV (elevação acima do nível do mar), as tabelas de precipitação, de radiação, de umidade relativa, de temperaturas medias mínimas e máximas. Ainda foram modificados os valores de variáveis e parâmetros físicos de solos, e padronizadas as variáveis FRCHRU (fração de carboidratos para biossíntese de látex) para 5%, FLOW (fluxo inicial de látex) para 5,5 ml/min e para 3 o PLINC (índice de tamponamento) não estimulado, de forma a representar as características clonais e o manejo do seringal descritas no traba-

densidade sobre a produção.

4.2.1 Comparação entre os resultados experimentais e a modelagem

Para simular um comportamento similar ao do experimento descrito por DIJKMAN (1951), o modelo foi parametrizado, o mais próximo possível, de acordo com os dados disponíveis no trabalho.

O efeito do aumento da densidade de plantio, em geral, implica em duas fases distintas: uma onde os efeitos negativos no desenvolvimento e produção da cultura são pouco visíveis, e outra posterior, onde a competição entre as plantas se torna aparente.

Nesta segunda fase, os efeitos são mais ou menos marcantes dependendo de uma série de fatores: genéticos, ambientais e de manejo.

Em geral, o aumento da densidade (e consequente aumento da competição) implica em:

- a. menor produção por árvore
- b. maior número de árvores em sangria
- c. menor desenvolvimento da cultura.

O momento em que se inicia, e o grau em que ocor

Figura 6 - Comparação da produção por ha. em função da densidade de plantio e tempo de exploração, para 10 anos de sangria, entre os dados experimentais citados por DIJKMAN (1951) e da modelagem para Pindorama

lho de DIJKMAN (1951).

Para os ensaios específicos, foram modificados as variáveis PLINC (índice de tamponamento), FLOW (fluxo inicial de látex), IMPULS (que determina a frequência de sangria), FRCHRU (fração potencial de carboidratos disponíveis para biossíntese de látex) e VOL (fração volumétrica do tronco carregada com látex) para simular as situações desejadas.

Nas simulações para Manaus, foram utilizados os mesmos dados que para Pindorama, exceto os de localização e clima, já que o que se desejava era comparar somente as respostas ao déficit hídrico.

Em todos os casos foram efetuadas três simulações, uma para cada densidade, e as funções XTREET (que calcula o número de árvores para cada dia) e FRAPT (que calcula o número de árvores aptos para sangria) foram ajustadas conforme os dados do experimento citado em DIJKMAN (1951).

4.2 Densidade de plantio

Utilizando-se como referência os dados publicados por DIJKMAN (1951), e comparando as curvas de produções obtidas por experimentação e por simulação, observa-se que existe a mesma tendência, em ambas, no efeito do aumento da

rem estas alterações afetarão diferencialmente a produção.

Quando bem conduzida e explorada a cultura, tanto no modelo, quanto nos experimentos de Schmöle (1940) citado por DIJKMAN (1951), (Figuras 6 e 7) percebe-se:

Figura 7 - Produção por ha. em função da densidade de plantio e idade das árvores

Fonte: DIJKMAN (1951)

- i) Maior produção/ha para as densidades maiores (1^o a 4^o ano de sangria para Dijkman, 2^o a 5^o para o modelo)
- ii) Um ponto em que as produções/ha praticamente se igua-

lam para 625 e 1111 árvores/ha (4^o ano de sangria para Di-jkman, 5^o para o modelo)

iii) Uma produção semelhante para as duas densidades a partir desse momento.

iv) Duas inflexões nas curvas de produção do modelo, nos 4^o e 7^o anos, para as três densidades

Em relação aos pontos i. ii. e iii., tanto para o modelo quanto para os resultados de DIJKMAN (1951), a cultura apresenta produtividade proporcional ao número de árvores em exploração enquanto não encontre limitações ambientais à produção. A partir do momento em que estas limitações aparecem, a produtividade máxima passa a depender do fator limitante, que não é mais o número de árvores sangradas.

A produção inferior para 1111 árvores/ha no 1^o ano de sangria, é devida ao algoritmo que determina o início da sangria em função da área foliar, do peso inicial de parte aérea e da circunferência do tronco. Este algoritmo pode ser aprimorado.

As inflexões referidas em iv. representam quedas seguidas de posterior aumento de produção como consequência de limitação hídrica encontrada nesses períodos (e outros posteriores: ver inflexões nos anos 12, 14, 17, 22, 24, 27 na Figura 9 do próximo item: 4.2.2 Densidade e clima),

característicos dos dados climáticos utilizados no modelo. No 2º ano o efeito depressivo também aparece, porém sem chegar a provocar uma produção inferior ao ano anterior. Possivelmente neste ano os efeitos não são tão drásticos quanto nos posteriores por causa da menor demanda de carboidratos, já que a biomassa a ser mantida é menor que nos anos posteriores.

De uma maneira geral, os resultados mostram que ambos os casos apresentam produções similares atingindo o limite produtivo quase que conjuntamente em um patamar aproximadamente igual, com a mesma tendência em termos de produção acumulada (Figura 8).

As discrepâncias encontradas são aceitáveis consideradas as limitações imbutidas na metodologia adotada, podendo ter diversas causas ou refletir ainda a interação de várias delas, as mais prováveis podem dever-se a:

- (1) Limitações da modelagem.
- (2) Aspectos fisiológicos, como o fenômeno conhecido por "amansamento de painel", que se traduz em reduzida produção inicial.
- (3) Diferenças metodológicas na contabilização da produção, já que o experimento descrito por DIJKMAN (1951), registra a produção a partir dos 5 anos e seis meses ao 6º ano, como sendo a produção do primeiro ano de sangria.

Figura 8 - Comparação da produção acumulada por ha. em função da densidade de plantio e tempo de exploração, para 7 anos de sangria, entre os dados experimentais citados por DIJKMAN (1951) e da modelagem para Pindorama

(4) Diferenças metodológicas entre a condução do experimento e as premissas assumidas pelo modelo, que poderiam afetar os dias efetivamente sangrados (número e horário das chuvas e decisões gerenciais), ou a produtividade (fertilização, manejo horticultural, doenças, etc).

(5) Características clonais, já que o experimento citado por DIJKMAN (1951) foi implantado em parcelas policlonais de clones AVROS, bastante antigos. Não dispondo informações específicas sobre os mesmos, cabe prever que possam ser "slow starters", clones com pequena produção inicial, característica bastante comum em clones dessa época.

Pode-se afirmar que o modelo apresentou um comportamento bastante aproximado à realidade, representando satisfatoriamente a situação simulada.

4.2.2 Densidade e clima

O "stress" hídrico reduz a síntese de carboidratos e conseqüentemente limita a produção.

Foram testados dois cenários, Pindorama e Manaus, em função de apresentarem regimes hídricos diferentes.

Pindorama basicamente apresenta restrições hídricas mais pronunciadas que Manaus. Apesar de chover abundantemente, Manaus também apresenta períodos do ano com limitações hídricas.

Observou-se que a produção foi sensivelmente afetada pelo déficit hídrico, como esperado, conforme se observa comparando as Figuras 9 e 10.

Comparando-se as produções acumuladas, Pindorama apresentou uma produção 24,55%, em média, inferior à de Manaus, conforme expressam as Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Diferenças de produções acumuladas durante 24 anos de sangria, para os cenários Pindorama e Manaus.

Densidade	PRODUÇÃO (Kg/Ha)		
(ÁRV/Ha)	PINDORAMA	MANAUS	DIFERENÇA
(DIFERENÇA %)	(DIFERENÇA %)	(DIFERENÇA %)	(%)
476	24.079	30.057	24,83
(31,3)	(1,01)	(1,08)	
625	24.471	30.382	24,16
(77)	(-2,04)	(-1,64)	
1111	23.973	29.884	24,66
MÉDIA	24.174	30.107	24,55

Figura 9 - Comparação da produção por ha. em função da densidade de plantio e tempo de exploração, para 24 anos de sangria, entre os dados do experimento citado em DIJKMAN (1951) e do modelo para Pindorama

Figura 10 - Comparação da produção por ha. em função da densidade de plantio e tempo de exploração, para 24 anos de sangria, entre os dados do experimento citado em DIJKMAN (1951) e do modelo para Manaus

Para os primeiros 4 anos a diferença foi da ordem dos 38,24%

Tabela 3 - Diferenças de produções acumuladas durante os primeiros 4 anos de sangria, para os cenários Pindorama e Manaus.

Densidade	PRODUÇÃO (Kg/Ha)		
(ÁRV/Ha)	PINDORAMA	MANAUS	DIFERENÇA
(DIFERENÇA %)	(DIFERENÇA %)		(%)
476	3.377	4.625	36,96
(31,3)	(6,90)	(8,82)	
625	3.610	5.033	39,42
(77)	(2,30)	(1,51)	
1111	3.693	5.109	38,34
MEDIA	3.560	4.922	38,24%

A densidade de plantio não influenciou o comportamento do modelo em relação ao déficit hídrico.

Ressalta-se que nos 4 primeiros anos de sangria, o aumento da produção foi levemente maior para Manaus no

stand de 625 árvores/ha que para Pindorama, e para Pindorama levemente maior que para Manaus com um stand de 1111 árvores/ha.

Verifica-se ainda que as curvas de produção para Manaus apresentam conformação similar ao das do experimento citado por DIJKMAN (1951), apesar de apresentar um patamar inicial de produção mais elevado, cujas possíveis causas já foram comentadas em 4.2.1. Supõe-se que as diferenças em déficits hídricos entre os locais considerados (Indonésia e Manaus), sejam as responsáveis pelas diferenças verificadas a partir do 4o ano de sangria.

Ainda, verifica-se que Pindorama apresenta diferenças de produção entre densidades durante um período mais longo, para stands de 1111 e 625 árvores/ha em relação à Manaus. Para stands de 625 e 476 árvores/ha, as diferenças são quantitativamente menores.

4.2.3 Densidade e partição de carboidratos

A fração de carboidratos disponível para biossíntese de látex na seringueira (variável FRCHRU no modelo), é uma característica clonal que apresenta um impacto na produção.

Comparando duas execuções do modelo, alterando-se o valor dessa variável, uma com $FRCHRU = 5\%$ a outra com

10%, mostradas na Figuras 11 e 12, se observa-se:

(i) Uma produção acumulada mais elevada para as três densidades para o ensaio com FRCHRU=10% comparado com FRCHRU=5%.

(i.1) Para 1111 árvores/ha de: 31,80%

(i.2) Para 625 árvores/ha de: 36,77%

(i.3) Para 476 árvores/ha de: 31,41%

(ii) Uma diferença da produção acumulada entre as três densidades de cada execução do modelo de:

(ii.1) Para FRCHRU 5% entre 1111 e 625: 0,88%

(ii.2) Para FRCHRU 5% entre 625 e 476: 3,98%

(ii.3) Para FRCHRU 5% entre 1111 e 476: 4,98%

(ii.4) Para FRCHRU 10% entre 1111 e 625: 8,72%

(ii.5) Para FRCHRU 10% entre 625 e 476: 8,21%

(ii.6) Para FRCHRU 10% entre 1111 e 476: 17,65%

Estes resultados simulados sugerem que os clones com maior fração de carboidratos disponíveis para

Fig 11 - Produção acumulada por ha. em função da densidade de plantio e tempo de exploração, para 24 anos de sangria, do modelo parametrizado para fração de carboidratos disponíveis para biossíntese de látex (FRCHRU) de 5% para Pindorama

Figura 12 - Produção acumulada por ha. em função da densidade de plantio e tempo de exploração, para 24 anos de sangria, do modelo parametrizado para fração de carboidratos disponíveis para biossíntese de látex (FRCHRU) de 10% para Pindorama

biossíntese de látex, apresentam potencial de ganho de produção em função do aumento da densidade. Tal resultado sugere que a limitação à produção depende do quantitativo disponível de carboidratos para biossíntese de látex, para o tamanho do reservatório de borracha na árvore, o que ocorre quando aumenta o stand de plantio.

Em síntese pode-se especular que clones pouco produtivos dariam pouca resposta ao adensamento, enquanto os mais produtivos poderiam apresentar maiores impactos ao plantio adensado.

4.2.4 Densidade e intensidade de sangria

A intensidade de sangria é determinada pela periodicidade com que é feita ($d/2$, $d/3$, $d/7$, etc), e da estimulação química que a planta recebe. A estimulação visa a diminuição do índice de tamponamento e consequente aumento do fluxo de látex. Inicialmente, a estimulação química era vista como estratégia para aumentar a produção total. Atualmente, a estimulação também é utilizada para aumentar a periodicidade de sangria com a mesma produção, de forma de permitir a diminuição dos custos com mão de obra. A concentração do estimulante, e especialmente o número de aplicações por ano, determinarão a intensidade da estimulação. A resposta à estimulação é uma característica clonal

e apresenta resultados diferentes dependendo do material tratado.

No modelo, tanto a diminuição do PLINC quanto o aumento do FLOW simulam o efeito da estimulação.

4.2.4.1 Densidade e frequência de sangria

Quando se utiliza sangria de baixa frequência, se compensa a mesma aumentando a intensidade da estimulação. A resposta a estimulação é uma característica clonal, podendo ter maior ou menor efeito na produção. Nos clones com baixa resposta a estimulação (ou clones pouco produtivos), a perda em produção é aparente, e até clones com boa resposta não chegam, em muitos casos, a compensar inteiramente a produção.

Para simular, a substituição da sangria tipo d/2 por d/7, foi diminuído em 3,5 vezes o índice de tamponamento.

O ensaio parametrizado para baixa fração de carboidratos disponíveis para biossíntese de látex (FRCHRU) de 5% (simulando clones pouco produtivos), apresentou os resultados resumidos na Tabela 4.

Tabela 4 - Diferenças de produções acumuladas entre d/2 com índice de tamponamento (PLINC) de 3,0 e d/7 com PLINC=0,8571 durante 24 anos de sangria, e fração de carboidratos disponíveis para biossíntese de látex (FRCHRU) de 5% para o cenário de Pindorama.

DENSIDADE Árv\Ha	PRODUÇÃO Kg/Ha Acumulada		DIFERENÇA %
	d/2	d/7	
(Diferença %)			
476	24.079	23.102	4,23
(31,3)	(1,63)	(1,03)	
625	24.471	23.341	4,84
(77,76)	(-2,04)	(-2,34)	
1111	23.973	22.795	5,17

a) Quando utilizada sangria tipo d/7 em vez de d/2, há uma queda de produção.

b) A utilização de densidades maiores aumenta muito pouco a produção.

O ensaio simulando clones mais produtivos (FRCHRU=8%), mostrou (Tabela 5)

Tabela 5 - Diferenças de produções acumuladas entre d/2 com índice de tamponamento (PLINC) de 3,0 e d/7 com PLINC=0,8571 durante 24 anos de sangria, e fração de carboidratos disponíveis para biossíntese de látex (FRCHRU) de 8% para o cenário de Pindorama.

DENSIDADE Árv\Ha	PRODUÇÃO Kg/Ha Acumulada		DIFERENÇA %
	d/2	d/7	
(Diferença %)			
476	31.908	31.005	2,9
(31,3)	(5,3)	(4,87)	
625	33.624	32.514	3,41
(77,76)	(3,2)	(2,05)	
1111	34.704	33.179	4,6

a) Que a perda de produtividade quando utilizada sangria d/7 em vez de d/2 foi relativamente menor.

b) Que as diferenças de produção devidas ao aumento da densidade foram mais acentuadas que no caso anterior, tanto para d/2 quanto para d/7.

Pode-se especular que, as causas possíveis, pela perda de produção quando o PLINC=0,8571 poderiam se dever:

- a) Mais carboidratos seriam direcionados para o crescimento durante o intervalo entre uma sangria e outra.
- b) Que uma sangria a cada 7 dias depende mais da existência de carboidratos disponíveis no momento da sangria, que três sangrias no mesmo período.

Os resultados da modelagem sugerem que haveria melhor resposta à sangria tipo d/7 quando utilizados clones mais produtivos. Todavia a utilização de densidades maiores com estes clones poderia resultar em uma maior produtividade como pode ser observado nas Figuras 13 e 14, implicando um aumento discreto da mão de obra para sangria.

4.2.4.2 Densidade e estimulação

Quando é adotada a sangria de baixa frequência é difícil compensar a produção totalmente através da estimulação; portanto foi simulado um ensaio utilizando uma estimulação menos intensa (PLINC=1,15) e clones de menor produtividade (FRCHRU=5%) produzindo os resultados expressos na Tabela 6.

Figura 13 - Produção acumulada por ha em função da densidade de plantio e tempo de exploração, para 24 anos de sangria, do modelo parametrizado para sangria tipo d/7 estimulada e clones de maior produtividade para Pindorama

Figura 14 - Produção acumulada por ha em função da densidade de plantio e tempo de exploração, para 24 anos de sangria, do modelo parametrizado para sangria tipo d/2 e clones de maior produtividade para Pindorama

Tabela 6 - Diferenças de produções acumuladas entre ensaios simulados utilizando diferentes índices de tamponamento durante 24 anos de sangria, e fração de carboidratos disponíveis para biossíntese de látex (FRCHRU) de 5% para o cenário de Pindorama.

DENSIDADE	PRODUÇÃO Kg/Ha		DIFERENÇA
	Acumulada sangria tipo d/7		
Árv\Ha	PLINC=0,8571	PLINC=1,15	%
(Diferença %)			
476	23.102	21.710	9,13
(31,3)	(1,03)	(3,43)	
625	23.341	22.454	3,95
(77,76)	(-2,04)	(0,01)	
1111	22.795	22.488	1,37

- a) Com menor estimulação resultou uma menor produção.
- b) As diferenças de produção entre densidades foram maiores para os stands menos estimulados que para os mais estimulados.
- c) As diferenças de produção decresceram a medida que aumentou a densidade de plantio.
- Para o ensaio simulando clones mais produtivos (FRCHRU=8%):

Tabela 7 - Diferenças de produções acumuladas entre ensaios simulados utilizando diferentes índices de tamponamento durante 24 anos de sangria, e fração de carboidratos disponíveis para biossíntese de látex (FRCHRU) de 8% para o cenário de Pindorama.

DENSIDADE	PRODUÇÃO Kg/Ha		DIFERENÇA
	Acumulada sangria tipo d/7		
Árv\Ha	PLINC=0,8571	PLINC=1,15	%
(Diferença %)			
476	31.005	27.213	13,93
(31,3)	(4,87)	(6,75)	
625	32.514	29.051	11,92
(77,76)	(2,05)	(5,45)	
1111	33.179	30.635	8,30

a) Com clones mais produtivos, as perdas de produção devidas à menor estimulação são maiores que para clones menos produtivos.

b) As diferenças de produção entre densidades, para stands menos estimulados é mais acentuada em clones mais produtivos.

c) Os aumentos de produção obtidos são mais expressivos que com clones menos produtivos.

Considerando-se que: tanto a densidade de plantio como a intensidade de estimulação são fatores de incremento do potencial de produção de borracha; a redução de um destes fatores aumenta a importância relativa do outro em termos de produção de borracha. Assim com maior estimulação serão menores as diferenças entre densidades.

Aparentemente, o aumento da densidade de plantio utilizando clones de maior produtividade favoreceria a produção mesmo não havendo uma resposta compensadora na estimulação, como é possível observar comparando as Figuras 15 e 16.

4.3. Discussão final

A produção de látex em seringueira depende primeiramente dos carboidratos fotossintetizados.

A área foliar influi na fotossíntese, até um limite, que na seringueira coincide aproximadamente com um índice de área foliar (IAF) de 4 (m^2 folha / m^2 solo).

Os fatores ambientais limitam a fotossíntese potencial, determinando a fotossíntese real e assim limitando a quantidade de biossintetizados.

A característica genética de partição de carboidratos determinará a fração de carboidratos disponíveis para biossíntese de látex.

Figura 15 - Comparação de produção por ha em função da densidade de plantio e tempo de exploração, para 10 anos de sangria, entre dados experimentais (DIJKMAN, 1951) para sangria tipo d/2, e a modelagem para d/7 com índice de tamponamento (PLINC) de 1,15 em clones de maior produtividade para Pindorama

Figura 16 - Comparação de produção por ha em função da densidade de plantio e tempo de exploração, para 10 anos de sangria, entre dados experimentais (DIJKMAN, 1951) para sangria tipo d/2, e a modelagem para d/7 com índice de tamponamento (PLINC) de 0,8571 em clones de maior produtividade para Pindorama

A atividade biossintética será a sua vez determinada pelos fatores estruturais (número total de anéis de vasos laticíferos, densidade do látex, número de vasos laticíferos por mm de casca e espessura de casca).

A consequência da "ação" destes fatores é a quantidade de látex efetivamente produzido.

A quantidade de látex armazenado depende do volume de casca existente.

O volume de látex possível de ser extraído da seringueira (Y), depende do fluxo inicial de látex (F), do volume do reservatório de látex, representado pelo comprimento de corte de sangria (L), da densidade do látex (DRC) e do índice de tamponamento ($1/PI$).

Aumentando-se o número de árvores/ha., teoricamente é aumentado o potencial produtivo por unidade de área, em função de aumentarem:

- a) A fotossíntese potencial na fase imatura.
- b) O volume de tronco e de casca, e consequentemente o número de vasos laticíferos.
- c) O volume do tronco e casca, aumentando o reservatório de látex e consequente aumento da quantidade de látex a ser extraído.

A competição provocada pelo aumento da densidade, induz uma redução na taxa de crescimento da seringueira. No entanto o volume total de tronco/casca compensa em excesso

esta perda, como pode ser visto no exemplo abaixo, elaborado com base nos dados extraídos de DIJKMAN (1951), para seringueiras de 10 anos de idade e com 5 de sangria:

Tabela 8 - Relação do perímetro total de tronco por ha. em função do espaçamento, para seringueiras com 10 anos de idade, segundo dados extraídos de DIJKMAN (1951)

Espaçamento	Árvores	Perímetro do tronco (cm)	Perímetro total/ha (cm)
	Sangráveis/ha		
3x3	711	60,4	42.944
4x4	494	65,9	32.554
5x5	372	69,6	26.002

Considerando que os algoritmos utilizados no modelo, relacionando o perímetro do tronco aos fatores estruturais se baseiam nos valores propostos por NARAYAN et alii (1973), presumivelmente resultado de pesquisa em plantios com densidades habituais, as inferências resultantes do produto das simulações devem ser feitas com muita cautela, já que as relações entre o perímetro do tronco e os fatores estruturais podem ser diferentes para plantios adensados.

5. CONCLUSÕES

1. A técnica de sistemas mostra-se factível como geradora de hipóteses de trabalho para a pesquisa de campo em seringueira.

2. O modelo EMB-RUBBER foi aprimorado, com modificações introduzidas na programação e parametrização, passando a operar adequadamente para as condições constantes deste estudo.

3. Os resultados obtidos através de simulação com densidades de plantio e produção são coerentes com aquelas obtidas experimentalmente.

4. O modelo avaliado mostrou potencial para estudo teórico de técnicas de manejo de seringais.

5. Os resultados das simulações sugerem as seguintes hipóteses:

- a) que para obtenção de ganhos de produção de borracha através do aumento de densidade de plantio, estes ganhos estariam em função do potencial produtivo do material clonal utilizado e das limitações hídricas existentes;
- b) que há possibilidade de ganhos produtivos na utilização desta pratica conjuntamente com a de sangria de baixa frequência;

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Centro Nacional de Ensino e Pesquisa Agrônômicos, Comissão de solos. *Levantamento de reconhecimento de solos do Estado de São Paulo, C. Boletim 12*. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Pesquisas Agrônômicas M.A., 1960, 643 p.

BOATMAN, S. G. *Preliminary physiological study on the promotion of latex flow by plant growth regulators*. J. RRIM, Kuala Lumpur, 19 (5): 243-58, 1966.

BOLTON, J. *The response of Hevea to fertilizers on a sandy latosol*. J. RRIM 16 (4): 178-190, 1960.

BROCKINGTON, N.R. *Computer modelling in agriculture*. Oxford, Oxford University Press, 1979. 156 p.

BUTTERY, B. R. & BOATMAN, S.G. *Effects of tapping wounding and growth regulators on turgor pressure in Hevea brasiliensis Muell Arg.* J.Exp.Bot., London, 18: 659-64, 1967.

- CASTRO, A.M.G. de. *A systems approach to determining priorities for natural rubber research in Brazil*. Reading, 1988, 292 p. (Phd. - University of Reading).
- DENT, J.B. & BLACKIE, M.J. *Systems simulation in agriculture*, Essex, Riple Road, Barking, Applied Science Publishers Ltd, 1979. 180 p.
- De WIT, C. T. et al. *Simulation of assimilation, respiration and transpiration of crops*. Simulation Monographs, PUDOC, Wageningen, 1978. 141 p.
- DIJKMAN, M.J. *Thirty years of research in the far east*. Florida, Coral Gables, University of Miami Press, 1951. 329 p.
- FREY-WISSLING, A. *Microscopic investigations on the occurrence of resins in Hevea latex*. Archf. Rubber Cult. Ned-Indie, 13, 1929. 371 p.
- GOMES, A. R. S. *Estudos com ethrell em seringueira. Informe Técnico*, CEPLAC-CEPEC, Itabuna, 1974. p. 33-34.
- GOMEZ, J. B. *Physiology of latex (rubber) production*. MRRB

Monograph 8, Kuala Lumpur, 1983. 58 p.

GOUDRIAAN, J. *Crop micrometeorology: a simulation study*.
Simulation Monographs, PUDOC, Wageningen, 1977. 249 p.

GOUDRIAAN, J. Potential reduction processes. In: Penning de
Vries, F. W. T. & Van Laar, H. H. (eds.) *Simulation of
plant growth and crop production*. Simulation monographs,
PUDOC, Wageningen, 1982. p. 98-113.

IBM. *Continuous System Modelling Program III (CSMP III)*
Program Reference Manual. IBM, Fourth Edition, 1975.
206 p.

INSTITUT DE RECHERCHES SUR LE CAOUTCHOUC (IRCA). In:
Rapport annuel 1982, Paris, Jouve, 1983. 139 p.

INSTITUT DE RECHERCHES SUR LE CAOUTCHOUC (IRCA). In:
Rapport annuel 1984, Paris, Jouve, 1985, 162 p.

INSTITUT DE RECHERCHES SUR LE CAOUTCHOUC (IRCA). In:
Rapport annuel 1986, Paris, Jouve, 1988, 198 p.

JACOB, J. L.; CHRESTIN, H.; AUZAC, J. & PREVOT, J. C. Latex
metabolism. Proceed. 3th FADB Congress, 1983. Preprint.

- KLEPPER, B. & RICKMAN, R. W. Modelling crop root growth and function. *Advances in Agronomy*, London, Academic Press, 1990, 44: 113-131.
- LEOPOLD, A.C. & KRIEDEMANN, P. E. Plant growth and development. McGraw Hill, USA, 1975. (cap. 11).
- MILFORD, G. F. J.; PAARDEKOOPEL, E.C. & HO, Y. C. *Latex vessel plugging and its importance to yield and clonal behaviour*. J. RRIM, Kuala Lumpur, 21 (3): 274-282. 1985.
- MOHREN, G. M. J. *Simulation of forest growth, applied to Douglas Fir stands in the Neatherlands*. Wageningen, 1986. 184 p. (Phd. - Agr. Univ. Wageningen)
- MORAES, V. H. Rubber In: Alvim, P. T. & Koslowski, T. T., eds. *Ecophysiology of tropical crops*. Academic Press, N.Y., p. 315-31.
- NARAYAN, R.; GOMEZ, J. B. & CHEN, K. T. *Some structural factors affecting the productivity of Hevea brasiliensis II - correlation studies between structural factors and yield*. J. RRIM, Kuala Lumpur, 1973, 23(4): 285-97.

NG, A.P.; LEONG W.; YOON P.K. Influência da densidade de plantio sobre a formação da copa, crescimento, produção e outras características da seringueira. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE SERINGUEIRA, 3, Manaus, 1980. *Anais*, SUDHEVEA, Brasília, 1980. p. 731-760.

NG, A. P.; ABDULLAH SEPIEN; OOI, C. B.; LEONG, W.; LEW, H. L.; YOON, P. K. Report on various aspects of yield, growth and economics of a density trial. In: Rubber Research Institut of Malaysia Planters Conference, Kuala Lumpur, 1979. *Proceedings*. Kuala Lumpur, 1980, 2, p. 303-322.

PAARDEKOOOPER, E. C. & SAMOSORN, S. *Clonal variation in latex flow pattern*. J. RRIM, Kuala Lumpur, 21(3): 64-73, 1969.

PAARDEKOOOPER, E. C. *Second report on latex flow investigations*. RRCT Report No 12/70, Hat Yai, 1970. 55 p.

PENNING DE VRIES. F. W. T. *Evaluation of simulation models in agriculture and biology: Conclusions of a workshop*. Agricultural Systems, 2, p. 99-107, 1977.

PENNING DE VRIES, F. W. T.; JANSEN, D. M.; TEN BERGE, H. F. M., BAKEMA, A. *Simulation of ecophysiological processes*

of growth in several annual crops. PUDOC, Wageningen, 1989. 271 p.

PORTUGAL, A.D. Simulação de sistemas agropecuarios. In: *Pesquisa agropecuaria brasileira*, Brasília, 18(4): 335-342, abr. 1983.

RAGHAVENDRA, A. S.; SULOCHANAMMA, G. & RAO, G. G. The pattern of latex flow in relation to clonal variation, plugging and drought tolerance. IRRDB-IRCA Colloquium, Montpellier, 1984. p. 205-226.

SETHURAJ, M. R. Yield components in Hevea brasiliensis: Theoretical considerations. Plant and Cell Enviroment, 4, 81, 1981.

SETHURAJ, M. R. Physiology of growth and yield in *Hevea brasiliensis*. Int. Ru/bb. Conf. 1985, Kuala Lumpur. 1985.

SHORROCKS, V. M. Mineral nutrition, growth and nutrient cycle of *Hevea brasiliensis* II - Nutrient Cycle and fertiliser requirements. J. RRIM., Kuala Lumpur, 19(1): 48-61, 1965.

SHORROCKS, V. M.; TEMPLETON, J. K. & IYER, G. C. *Mineral nutrition growth and nutrient cycle of Hevea brasiliensis. III - The relationship between girth and shoot dry weight*. J. RIMM, Kuala Lumpur, 19(2): 85-92, 1965.

SIVAKUMARAN, S. & HASHIM, I. Low frequency tapping system: approaches towards improved performance. In: INTERNATIONAL RUBBER CONFERENCE 1985, Kuala Lumpur, 1985, *Proceedings*, Kuala Lumpur, RRIM, 1985. (Preprint).

TEMPLETON, J. K. *Growth studies on Hevea brasiliensis. I - Growth analysis up to seven years after budgrafting*. J. RRIM, Kuala Lumpur, 20(3): 136-40, 1968.

TEMPLETON, J. K. *Partition of assimilates*. J. RRIM, Kuala Lumpur, 21(3): 259-63, 1969.

TIONG, G.L., KHENG, C.O., YEE, H.C. & WOOD, B.J. Stimulation regimes for reduced tapping intensity in panels BO-1 and BO-2 of RRIM 600, GT 1 and PBIG/GG 1 seedlings. In: *International Rubber Conference 1985*, Kuala Lumpur, 1985, *Proceedings*, Kuala Lumpur, RRIM, 1985 (preprint).

VAN KEULEN, H. Crop yield and nutrient requirements. In:
VAN KEULEN, H. & WOLF, J. (eds.) *Modelling of agricultural production: weather, soils and crops*. PUDOC, Wageningen, 1986. p. 155-181.

WESTGARTH, D.R. & BUTTERY, B.R. *The effect of density of planting on the growth, yield and economic exploitation of Hevea brasiliensis part I. The effect on growth and yield*. Journal of the Rubber Research Institute of Malaya, Kuala Lumpur, 19: 62-73, 1965.

APÊNDICE 1

```

1  TITLE MACROS.DATE.1991, EMB-RUBBER  FOR PINDORAMA
2  FIXED IDATE,ITIME,IYEAR,IFIX
3  STORAGE RAIN0(367),RAINT1(367),RAINT2(367),RAINT3(367),RAINT4(367)
4  STORAGE RAIN5(367),RAINT6(367),RAINT7(367),RAINT8(367),RAINT9(367)
5
6  INITIAL VALUES OF STATE VARIABLES
7    WCRI= 1.176*WSSI
8    WRTI= WCRI-WSSI
9    WSSI= (0.002604*GIRTHI**2.7826)*NTREE
10   INCON GIRTHI =44.4
11   WLVI= 0.05*WSSI
12   INCON WARI= 1200.0
13   ALVI= WLVI/SLC
14   WSTI= WSSI-WLVI-RUBPLI-WARI
15   RUBPLI= (WSSI-WLVI)*VOL*RUBSTC
16   NTREE = AFGEN(XTREET,DSI)
17   INCON DSI= 1.0
18   IDATE= DATEB
19   INCON ZRTI= 0.3
20   GSAI= WSTI*0.5*0.06/SSC
21   WL1I= WCLI1*TKL1*10000.
22   WL2I= WCLI2*TKL2*10000.
23   WL3I= WCLI3*TKL3*10000.
24   TPSI= (TWOVAR(TPL,DATEB,1.) + TWOVAR(TPH,DATEB,1.))/2.
25   YEARI= 1.*IFIX(TIME/365.)
26   ** starting time, years after planting
27
28   DYNAMIC SECTION
29
30   **WEIGHTS OF CROP COMPONENTS
31
32   WLVI= INTGRL(WLVI,GLV-LLV-RDTREE*WLVI)
33   WSTI= INTGRL(WSTI,GST*(1-FSTR)-LST)
34   WIR= INTGRL(WARI,GST*FSTR*(FCST/0.444)-LSTR-LIR)
35   WSS= WLVI + WSTI + WIR + RUBPLI
36   WCR= WSS + WRTI
37   WRTI= INTGRL(WRTI, GRT-LRT-RDTREE*WRTI)

```

```

38  WTREE= WCR/NTREE
39  WLVD= INTGRL(0.,LLV + RDTREE*WLV)
40  WRTD= INTGRL(0.,LRT + RDTREE*WRT)
41  WSTD= INTGRL(0.,LST)
42  WIRD= INTGRL(0.,LIR)
43  RUBPLD=INTGRL(0.,LRUBPL)
44
45  PROCEDURE NTREE,DTREE,RDTREE,NPTREE= PRDTRE(DS)
46    NTREEX=NTREE
47    ** new number of trees
48    NTREE= AFGEN(XTREET,DS)
49    ** dead trees during timestep
50    DTREE=NTREEX-NTREE
51    ** rate of dying of trees
52    RDTREE=DTREE/NTREEX
53    ** fraction of tappable trees
54    FRTTAP=AFGEN(FRAPT,DS)*XTAP
55    PARAM XTAP= 1.
56    ** RUBBER THAT ARE NOT TAPPED (WHEN XTAP=0.)
57    ** number of tappable trees
58    NPTREE=NTREE*FRTTAP
59  ENDPRO
60
61  ** GROWTH RATES AND LOSS RATES OF CROP COMPONENTS
62
63  GLV= CAGLV/CRGLV
64  GST= CAGST/CRGST
65  GRT= CAGRT/CRGRT
66  LLV= WLV*AFGEN(LLVT,DATE)*(1.-RDTREE)
67
68  ** DEVELOPMENTAL STAGE
69  LRT= WRT*AFGEN(LRTT,DS)*(1.-RDTREE)
70  LST= RDTREE*WST
71  LIR= RDTREE*WIR
72  LRUBPL= RDTREE*RUBPL
73  LSTR= AMIN1(WIR*(1.-RDTREE), AMAX1(LSTR1,LSTR2))
74  LSTR1= -AMIN1(0.,(PCGA-RMCR)*0.682/(1.111*0.947))

```

```

75 ** CARBOHYDRATES NEEDED TO OVERCOME NEGATIVE PHOTOSYNTHESIS
76
77   LSTR2=INSW(AFGEN(CALVT,DATE)-0.051,0.,0.10*WIR*(1.-RDTREE))
78 ** CARBOHYDRATES FROM RESERVES TO STIMULATE GROWTH OF LEAVES; 0.1
79 ** BEING 10% OF THE RESERVES REMOBILISED PER DAY.
80
81 ** CARBOHYDRATE AVAILABLE FOR GROWTH,CARBOHYDRATE EXPORT
82
83   CAGCR= CAGCRT*(1. -FRCHRA)
84   CAGCRT= PCGA* 0.682-RMCR*0.682 +LSTR*1.111*0.947
85
86 ** TOTAL OF CARBOHYDRATES AVAILABLE;PARTITIONING
87
88 ** CARBOHIDRATOS PARA RESERVAS DURANTE ENFOLHAMENTO
89 ** QUANDO ALV MENOR QUE 2
90
91   PROCED CAGSS=CAGGK(ALV,CAGSK,CAGCR)
92   IF(ALV.GT.2.0) THEN
93     CAGSS=CAGSK
94   ELSE
95     CAGSS=CAGCR
96   ENDIF
97   ENDPRO
98
99   CAGSK= CAGCR*AFGEN (CASST,DS)*AMIN1(1. ,0.5 + TRA/TRP + 1.E-10)
100  CAGRT= CAGCR-CAGSS
101  CAGLV= CAGSS*AFGEN(CALVT,DATE)
102 ** MFLV = AFGEN(FMFLV,DS)
103  CAGST= CAGSS*(1.-AFGEN(CALVT,DATE))
104  CELV= PCGA-(RMLV + 0.5*RMMA)
105  CELVN= INTGRL(0. ,INSW(CELV,1. , -CELVN/DELT))
106
107 ** RUBBER SINTHESIS AND PRODUCTION
108
109  GRUB=AMAX1(0.,CAGCRT*FRCHRA/(CRGRU + 1.E-10))
110  RUBPL= INTGRL ( RUBPLI , GRUB-TRUB-LRUBPL)
111  MRUBPL= (WST + RUBPL)*VOL*RUBSTC

```

```

112  FRCHRA = FRCHRU*(1.-(RUBPL-TRUB)/(MRUBPL + 1.E-10))
113  RUBPRO = INTGRL(0. ,TRUB)
114  TRUB = DARUT *TAP
115  TAP = INSW(FRTTAP -0.50 ,0. ,IMP)
116  TTAP = INTGRL(0.,TAP)
117  IMP = INSW(ALV-GSA-2. ,0. ,IMPULS(1. ,2. ))
118  DARUT = AMIN1(((0.001*FLOW*0.5*GIRTH*DRCL/PLIN)*NPTREE ,RUBPL*MFRT)
119  PLIN = PLINC*INSW(WTOLD-1.1, 1. ,LIMIT(1.001,3.0,...
120      (1.0/(TRA/TRP + 1.E-10))))
121  GIRTH = INTGRL(GIRTHI,DGIRTH)
122  DGIRTH = AMAX1(0.,(((WSS + GLV-LLV + GST + GRUB-TRUB)/NTREE)/...
123      0.002604)**0.35937- GIRTH)
124  ** DGIRTH: rate of increase of girth (cm d-1)
125
126  **PHOTOSYNTHESIS,GROSS AND NET
127
128  PCGA = TRA/(TRP + 1.E-10)*(PCGP-0.33*RMLV) + 0.33*RMLV
129  PCGP,RDRL = SUPHOT(PLMX,PLEA,ALV,RDTM,RDTC,DATE,LAT)
130  DLA,DLP,RDTC = SUASTR(DATE,LAT)
131  PLMX = PLMXT*AFGEN(PLMTT,TPAD)
132  PLMXT = PLMXP*LIMIT(200.,600.,SLA)/SLC
133  SLA = SLC*AFGEN(SLAR,DATE)
134  PLEA = PLEI*AFGEN(PLETT,TPAD)
135  PCGT = INTGRL(0. ,PCGA)
136  RCRT = INTGRL(0. ,RMCR + RGCR)
137  PCNT = INTGRL(0. ,PCGA-(RMCR + RGCR))
138  PCNLT = INTGRL(0. ,PCGA-0.33*RMLV)
139
140
141  **RESPIRATION
142
143  RMCT = INTGRL(0. ,RMCR)
144  RMCR = RMLV + RMST + RMRT + RMMA
145  RMLV = WLW*RMCLV*TPEM*0.75
146  RMST = WST*RCST*TPEM
147  RMRT = WRT*RCRT*TPEM
148  TPEM = Q10**((TPAV-TPR)/10)

```

```

149  RMMA= 0.20*PCGA*0.5
150  RGCR= RGLV + RGST + RGRT + RLSR + RGRU
151  RGRU= GRUB * CPGRU
152  RGLV= GLV*CPGLV
153  RGST= GST*CPGST
154  RGRT= GRT*CPGRT
155  RLSR= LSTR*1.111*0.053*1.467
156
157  **CARBON BALANCE CHECK
158
159  CKCIN = (WLV-WLVI)*FCLV + (WST-WSTI)*FCST + ...
160        (WRT-WRTI)*FCRT + (WIR-WARI)*FCIR + (RUBPL-RUBPLI)*FCRU
161  CKCFL = PCNT*0.2727-(WLVD*FCLV + WRTD*FCRT + WSTD*FCST + WIRD*FCIR + ...
162        RUBPLD*FCRU)-RUBPRO*FCRU
163  CKCRD= FUCCHK(CKCIN,CKCFL,TIME)
164
165  **LEAF AREA
166
167  ALVT= INTGRL(ALVI,GLA-LLA-RDTREE*ALVT)
168  GLA= GLV/(SLA + 1.E-10)
169  LLA= LLV/(SLA + 1.E-10)
170  ALV= AMAX1( 1.E-10,ALVT) + GSA
171  GSA= INTGRL(GSAI,GSAR)
172  GSAR= AMAX1(0.,0.5*GST*0.06/SSC)-GSA*(1.-RDTREE)*0.004-RDTREE*GSA
173  ** 0.004 assuming 50% of the green stem to loose
174  ** photosynthetic activity in 0.5 year time
175
176  ** PHENOLOGICAL DEVELOPMENT
177
178  DS= INTGRL(DSI,INSW(DS-1. ,DRV,DRPT))
179  DRPT= INSW(DS-2. ,DRPT1,DRPT2)
180  PLHT= AFGEN(PLHTT,DS)
181
182  **TRANSPIRATION, POTENTIAL AND ACTUAL
183
184  TRP  = EVCRR*(1.-EXP(-0.5*ALV)) + EVCRD*AMIN1(2.,ALV)
185  EVCRR,EVCRD= SUEVTR(RDTC,RDRL,0.25,DLA/24.,...

```

```

186          TPAV,1.00,VPA,RSLL,RSBL,RSTL)
187
188  TRA  = TRAL1 + TRAL2 + TRAL3
189  TRAL1 = TRRM*ZRT1*WSE1
190  TRAL2 = TRRM*ZRT2*WSE2
191  TRAL3 = TRRM*ZRT3*WSE3
192  TRRM  = TRP/(ZRT + 1.E-10)
193  TRAT  = INTGRL(0.,TRA)
194
195  **DIFFUSION RESISTANCES
196
197  RSLL  = LIMIT(RSLM, 2000., (CO2E-CO2I)/(PLNA + 1.E-10)* ...
198          (68.4*24.0/1.6) -RSBL-RSTL)
199  CO2I  = CO2E*FIEC
200  PLNA  = (PCGP/(DLA/24.)-RMLV*0.33)/(AMIN1(2.,ALV + 1.E-10))
201  RSLM  = (CO2E-CO2I)/(PLMX*0.9) *(68.4/1.6) -10.
202  RSTL,RSBL,RSTS,RSBS,RSTP,RSBP= ...
203          SURESI(PLHT,WDCL,2.,WDLV,ALV,WDSAV,WDSAD)
204
205  **ROOTING DEPTHS
206
207  ZRT   = INTGRL(ZRTI,INSW(ZRT-ZRTM,GZRT,0.))
208  ZRTM  = AMIN1(ZRTMC,ZRTMS)
209  GZRT  = GZRTC*WSERT*TERT
210  WSERT = INSW(ZRT-TKL1,WSE1, INSW(ZRT-TKL1-TKL2,WSE2,WSE3))
211  TERT  = AFGEN(PLMTT,TPS)
212
213  ZRT1  = LIMIT(0.,TKL1,ZRT)
214  ZRT2  = LIMIT(0.,TKL2,ZRT-TKL1)
215  ZRT3  = LIMIT(0.,TKL3,ZRT-TKL1-TKL2)
216
217  WSE1  = FUSDPF(WCL1,WCFC1,WCWP1,WCST1,TRPA,WSSC,WFSC)
218  WSE2  = FUSDPF(WCL2,WCFC2,WCWP2,WCST2,TRPA,WSSC,WFSC)
219  WSE3  = FUSDPF(WCL3,WCFC3,WCWP3,WCST3,TRPA,WSSC,WFSC)
220  TRPA  = TRP/(ALV + 1.E-10)
221
222  **AVAILABLE AND TOTAL SOIL WATER

```

```

223
224   WCL1 = WL1/(TKL1*10000.)
225   WCL2 = WL2/(TKL2*10000.)
226   WCL3 = WL3/(TKL3*10000.)
227
228   WL1 = INTGRL(WL1I,(WLFL1-WLFL2-EVSL1-TRAL1)*10.0)
229   WL2 = INTGRL(WL2I,(WLFL2-WLFL3-EVSL2-TRAL2)*10.0)
230   WL3 = INTGRL(WL3I,(WLFL3-WLFL4-EVSL3-TRAL3)*10.0)
231   WSLMM = (WL1 + WL2 + WL3)/10.0
232   WLFL1 = RAIN*(1.0-FRNOF)
233   WLFL2 = AMAX1(0.,WLFL1-(WCFC1*TKL1*1000.-WL1*0.10)/DELT)
234   WLFL3 = AMAX1(0.,WLFL2-(WCFC2*TKL2*1000.-WL2*0.10)/DELT)
235   WLFL4 = AMAX1(0.,WLFL3-(WCFC3*TKL3*1000.-WL3*0.10)/DELT)
236   DRSLT = INTGRL(0.,WLFL4)
237
238  ** SOIL EVAPORATION
239
240   EVSL1 = EVSL*FEVL1
241   EVSL2 = EVSL*FEVL2
242   EVSL3 = EVSL*FEVL3
243   FEVL1,FEVL2,FEVL3 = SUFEVL(WL1,WL2,WL3,EESL)
244
245   EVSL = INSW(DSLR-2.,EVSLA,EVSLW)
246   EVSLA = AMIN1(EVSLP,WLFL1 + (WL1*0.0001-WCAD1*TKL1)*1000./DELT)
247   EVSLW = AMIN1(EVSLP,EVSLC*(SQRT(DSLR)-SQRT(DSLR-1.)))
248   EVSLP = (EVSLR + EVSLD)*EXP(-0.5*ALV)
249   EVSLR,EVSLD = SUEVTR(RDTC,RDRL,RCSL,1.00,...
250   TPAV,TPS,EMS,VPA,0.00,RSBS,RSTS)
251
252   WDSS = FUWRED(WDLV,WDCL,ALV,PLHT,WDSAV)
253
254  ** WATER BALANCE CHECK
255
256   CKWRD = FUWCHK(CKWFL)
257   CKWFL = INTGRL(0.,(WLFL1-EVSL-TRA-WLFL4)*10)
258
259  ** WEATHER DATA AND TIME

```



```

260
261   TPS = INTGRL(TPSI,(TPAV-TPS)/10)
262   VPD = FUVP(TPAD)-VPA
263   WDSAD = 1.33*WDSAV
264   CO2E = 330*0.88** (ELV/1000)
265   IDATE = DATE
266   DATE = AMOD(DATEB + TIME + 364., 365.) + 1.
267
268   DSLR = INTGRL(1. ,INSW(RAINX-0.1,1. ,1.00001-DSLR))
269
270   PARAM HUAD = 5.
271   * parameter to indicate the dimensions of measured air humidity
272   * 1 ---> dewpoint temperature
273   * 2 ---> wet bulb temperature
274   * 3 ---> vapour pressure in mbar
275   * 4 ---> vapour pressure in mm Hg
276   * 5 ---> relative humidity (percentage)
277   * 6 ---> kPa
278
279
280   PROCED YEAR,RDTM,VPA,TPAD,TPAV,WSDAV,RAIN, ...
281       RAINX = PRWTHR(TIME,DLA,IDATE)
282   YEAR = TIME/365.
283   IYEAR = IFIX(YEAR) + 1
284   IF(IYEAR.GT.10) IYEAR = IYEAR-10
285   IF(IYEAR.GT.10) IYEAR = IYEAR-10
286   IF(IYEAR.GT.10) IYEAR = IYEAR-10
287   SUNH = TWOVAR(RDTMT,DATE,IYEAR)
288   RDTM = RDTC*(RADA + RADB*SUNH/DLA)
289   TMPLT = TWOVAR(TPL,DATE,IYEAR)
290   TMPHT = TWOVAR(TPH,DATE,IYEAR)
291   TPAV = (TMPLT + TMPHT)/2
292   TPAD = (TMPHT + TPAV)/2
293   HUAA = TWOVAR(HUAAT,DATE,IYEAR)
294   IF(HUAD.EQ.1.) VPA = FUVP(HUAA)
295   IF(HUAD.EQ.2.) VPA = FUVP(HUAA)-0.1*0.623*(TPAV-HUAA)
296   IF(HUAD.EQ.3.) VPA = 0.1*HUAA

```

```

297   IF(HUAD.EQ.4.) VPA = 0.1*4./3.*HUAA
298   IF(HUAD.EQ.5.) VPA = 0.01*HUAA*FUV(TPAV)
299   IF(HUAD.EQ.6.) VPA = 0.1*10.*HUAA
300   PARAM WDSAV = 1.5
301   IF(IYEAR.EQ.1.) THEN
302       RAIN = RAIN1(IDATE)
303       RAINX = RAIN1(IDATE + 1)
304   ELSEIF(IYEAR.EQ.2.) THEN
305       RAIN = RAIN2(IDATE)
306       RAINX = RAIN2(IDATE + 1)
307   ELSEIF(IYEAR.EQ.3.) THEN
308       RAIN = RAIN3(IDATE)
309       RAINX = RAIN3(IDATE + 1)
310   ELSEIF(IYEAR.EQ.4.) THEN
311       RAIN = RAIN4(IDATE)
312       RAINX = RAIN4(IDATE + 1)
313   ELSEIF(IYEAR.EQ.5.) THEN
314       RAIN = RAIN5(IDATE)
315       RAINX = RAIN5(IDATE + 1)
316   ELSEIF(IYEAR.EQ.6.) THEN
317       RAIN = RAIN6(IDATE)
318       RAINX = RAIN6(IDATE + 1)
319   ELSEIF(IYEAR.EQ.7.) THEN
320       RAIN = RAIN7(IDATE)
321       RAINX = RAIN7(IDATE + 1)
322   ELSEIF(IYEAR.EQ.8.) THEN
323       RAIN = RAIN8(IDATE)
324       RAINX = RAIN8(IDATE + 1)
325   ELSEIF(IYEAR.EQ.9.) THEN
326       RAIN = RAIN9(IDATE)
327       RAINX = RAIN9(IDATE + 1)
328   ELSEIF(IYEAR.EQ.10.) THEN
329       RAIN = RAIN10(IDATE)
330       RAINX = RAIN10(IDATE + 1)
331   ENDIF
332   ENDPRO
333

```

```

334 ** ANNUAL MEANS
335 ANRUP=INTGRL(0.,GANRUP)
336 PROCED GANRUP=PRMEAN(YEAR,RUBPRO)
337 IF(DATE.NE.1.) THEN
338     GANRUP=TRUB
339 ELSE
340     GANRUP=TRUB-ANRUP
341     LYEAR=1.*IFIX(YEAR)
342 ENDIF
343 ENDPRO
344
345
346 ** RUN AND OUTPUT CONTROL
347
348 METHOD RECT
349 TIMER DELT=1. ,TIME=2190.,FINTIM=10950.,PRDEL=365.,OUTDEL=365.
350 PRINT YEAR,ANRUP,RUBPRO,GIRTH,ALV,TTAP,NPTREE,PCGA
351
352 FUNCTION CALVT = 0.,0.05, 170.,0.05, 179.,0.0, 196.,0., 226.,1., ...
353         256.,0.05, 366.,0.05
354 FUNCTION CASTT = 0.2 ,0.89 , 0.6 ,0.87 , 1. ,0.963 , 1.2 ,0.958 , ...
355     1.4 ,0.964 , 2.8 ,0.976 , 4.,0.98
356 FUNCTION CASST = 0. ,0.5 , 0.5 ,0.77 , 1. ,0.85 , 1.5 ,0.85 ,...
357     2.0 ,0.85 , 3.0 ,0.85 , 4.,0.85
358 PARAM GSORM =0.5 , FSTR=0.30
359
360 ** AGING (IN L1D )
361
362 FUNCTION LLVT = 0.,0.002, 170.,0.002, 181., 0.09, 196.,0.092, ...
363         197.,0.002, 366.,0.002
364 FUNCTION XTREET =0., 476., 1. ,357., 2. ,320., 3. ,300., 5.,238.
365 FUNCTION FRAPT= 0.,0., 0.999,0., 1.,0.5, 1.1, 0.80, 1.2,1.0, ...
366         2.0, 1., 5.,1.
367 FUNCTION LRTT = 0. ,0. , 3.1 , 0.0, 4.,0.
368
369 ** RUBBER SYNTHESIS AND PRODUCTION
370

```

```

371  PARAM PLINC =3.0 , FLOW =5.5 , DRCL = 0.35 ,RUBSTC=0.01
372  PARAM VOL =0.10, FRCHRU= 0.05 , MFRT= 0.8 , WTOLDC=1.0
373
374  ** WATER RELATIONS
375
376  PARAM WSSC =5. , WFSC =2. , FIEC =0.65
377  PARAM WDLV =0.10 , ZRTMC= 1.0 , GZRTC =9.13E-5
378  PARAM RTDMC =1.0 , GRTDC =0.05 , ZREF = 2.0
379
380  ** WEATHER DATA
381
382  PARAM RADA =0.29 , RADB =0.42
383  PARAM RDTC =3.57 , RDUFC =1.E7
384  ** PHOTOSYNTHESIS AND RESPIRATION
385
386  PARAM PLMXP =48.8 , PLEI =0.30
387  FUNCTION PLMTT =0. ,0.01 , 5. ,0.01 , 10. ,0.1 , 15. ,0.5,...
388      20. ,0.8 , 25. ,1.0 ,35. ,1.0 , 40. ,0.9 , 45. ,0.75
389  FUNCTION PLETT =0. ,1.0 ,40. , 1.0 , 50. ,0.
390  PARAM CRGLV =1.463 , CRGST =1.513 ,CRGRT = 1.444
391  PARAM CRGRU = 2.647
392  PARAM CPGLV =0.462 , CPGST =0.535 , CPGRT = 0.405
393  PARAM CPGRU = 0.647
394  PARAM FCLV =0.459 , FCST =0.459 , FCRT =0.467
395  PARAM FCRU =0.882 , FCIR = 0.444
396  PARAM Q10 =2. , TPR =25. , RMCLV =0.0089
397  PARAM RMCST=0.00015, RMCRT=0.00022
398
399  ** LEAF AREA
400
401  FUNCTION XAFI = 0.,0.,0.17,0.14,0.5,2.62,0.84,4.12, ...
402      1. ,6.30 ,1.4 ,9.91 , 2.8 ,8.94 , 4.,7.0
403  FUNCTION ALVTT = 0.,1.,1.,1. ,170.,0.90 , 181.,0.50 , 196.,0.25 , ...
404      226.,0.50 ,243.,0.9 ,365.,1.0
405  FUNCTION SLAR =0.,1.1,1.,1.1,170.,0.9,181.,0.9,196.,0.9,226.,0.9, ...
406      243.,1.0 , 365.,1.1
407

```

```

408 ** PHENOLOGICAL DEVELOPMENT
409
410 PARAM DRV = 4566.E-7 , DRPT1 = 2739.E-7 , DRPT2 = 2739.E-7
411 FUNCTION PLHTT = 0. , 0.5 , 0.17 , 4.5 , 0.33 , 7.0 , 0.5 , 7.8 , ...
412             0.84 , 13.1 , 1.4 , 18.9 , 2.8 , 23.2 , 4. , 25.
413
414 PARAM SLC = 488. , SSC = 5613.
415
416 ** DATA FOR SOIL LAYERS
417
418 PARAM TKL1 = 0.2 , TKL2 = 0.3 , TKL3 = 0.4
419 INCON WCLI1 = 0.380 , WCLI2 = 0.380 , WCLI3 = 0.494
420 PARAM WCFC1 = 0.380 , WCFC2 = 0.380 , WCFC3 = 0.494
421 PARAM WCWP1 = 0.204 , WCWP2 = 0.204 , WCWP3 = 0.364
422 PARAM WCAD1 = 0.187 , WCAD2 = 0.187 , WCAD3 = 0.349
423 PARAM WCST1 = 0.453 , WCST2 = 0.453 , WCST3 = 0.540
424 PARAM ZRTMS = 1.54
425 PARAM EMS = 0.95
426
427 ** SURFACE AND TOP SOIL CHARACTERISTICS
428
429 PARAM FRNOF = 0.20 , RCSL = 0. , WDCL = 0.05
430 PARAM EVSLC = 2.0 , EESL = 10. , CLHT = 0.05
431 PARAM DATEB = 1.
432 * location : PINDORAMA
433 PARAM LAT = -21.13
434 PARAM ELV = 562.00
435 PARAM HUAD = 5.0
436
437 ** AVERAGE DAILY RAINFALL, PINDORAMA, 1979-1988, (mm/day)
438 ** last day of each year should be equal to first day of
439 ** next year (computational reasons), therefore each year should
440 ** have 366 data
441
442 ** (1979)
443 TABLE RAIN1(1-366) = ...
444 0.0, 6.7, 20.2, 0.2, 4.9, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, ...

```

445 0.0,20.9,24.8,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 446 15.7,1.2,0.0,0.0,0.0,11.5,0.0,8.0,21.7,5.3,...
 447 0.0,...
 448 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.9,8.5,0.0,3.7,...
 449 12.0,21.7,15.3,33.7,17.0,0.0,0.0,26.9,0.0,...
 450 0.0,0.0,0.0,33.3,0.2,0.0,0.0,0.0,...
 451 0.0,...
 452 0.0,14.7,3.1,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,13.3,0.0,...
 453 45.7,6.4,5.0,14.0,22.9,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 454 0.0,0.0,0.0,1.0,12.2,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 455 0.0,...
 456 0.0,0.0,0.0,16.8,17.5,1.2,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 457 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 458 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,9.2,...
 459 29.0,...
 460 5.7,0.0,0.0,2.3,31.2,0.0,0.0,26.5,0.0,0.0,...
 461 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 462 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,4.0,18.0,...
 463 0.0,...
 464 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 465 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 466 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 467 0.0,...
 468 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 469 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,15.4,...
 470 0.0,0.0,0.0,2.0,1.1,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 471 0.0,...
 472 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 473 0.0,0.0,0.5,0.0,0.0,0.0,0.0,3.2,11.3,2.7,...
 474 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,10.0,0.0,0.0,0.0,...
 475 0.0,...
 476 0.0,0.0,4.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.9,...
 477 15.2,5.4,0.0,27.0,60.0,24.0,0.0,0.0,0.0,...
 478 0.0,0.0,0.0,20.1,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 479 0.0,...
 480 38.2,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,6.1,19.8,0.0,...
 481 0.0,0.0,0.0,13.5,17.8,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...

482 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.4,10.9,0.0,0.0,0.0,...
 483 5.0,...
 484 20.5,0.0,15.9,0.3,0.0,0.0,31.0,58.3,42.7,...
 485 23.0,6.9,0.0,0.0,0.0,0.2,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 486 0.0,0.0,0.0,1.7,3.0,0.5,8.8,0.0,0.0,0.0,...
 487 0.0,...
 488 0.0,0.0,4.8,2.7,14.8,0.0,0.0,0.4,0.0,0.0,...
 489 5.6,11.8,46.4,21.7,8.0,5.3,10.1,0.0,0.0,5.9,...
 490 0.2,13.5,2.3,31.5,29.5,14.2,119.6,3.5,0.0,1.0,...
 491 2.8,4.9
 492 *(1980)
 493 TABLE RAIN2(1-366)=...
 494 4.9,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,26.7,0.0,3.4,...
 495 31.0,6.2,17.7,0.0,0.0,0.0,1.5,29.3,58.6,0.7,...
 496 0.0,3.9,7.5,0.0,17.3,4.5,11.4,2.6,0.0,0.0,...
 497 12.5,...
 498 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,4.9,9.4,0.7,...
 499 8.4,11.2,5.0,0.0,4.4,4.2,2.7,14.4,4.4,0.0,...
 500 0.0,0.0,6.6,32.9,6.9,17.0,13.5,40.0,...
 501 14.8,...
 502 29.1,7.3,0.0,18.2,0.0,0.0,0.5,0.0,0.0,0.0,...
 503 0.0,0.8,22.9,38.7,4.5,0.9,6.4,0.0,0.0,0.0,...
 504 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 505 0.0,...
 506 0.0,0.0,70.6,4.8,55.9,3.7,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 507 0.0,0.0,7.5,2.9,79.6,6.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 508 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 509 0.0,...
 510 0.0,4.2,0.1,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 511 2.7,1.5,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 512 0.0,29.9,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 513 0.0,...
 514 0.0,0.0,5.8,7.7,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 515 0.0,0.0,2.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.4,...
 516 0.0,0.0,1.5,59.7,2.5,0.0,0.0,...
 517 0.0,...
 518 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...

519 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 520 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 521 0.0,...
 522 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,3.9,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 523 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.2,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 524 0.0,0.0,0.0,10.4,0.8,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 525 0.0,...
 526 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.9,0.0,...
 527 0.0,7.1,2.6,0.0,1.1,0.0,1.4,7.5,3.0,21.7,0.6,...
 528 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,28.6,0.0,...
 529 0.0,...
 530 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.7,12.1,0.0,...
 531 2.5,24.7,0.4,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,2.5,0.0,...
 532 0.0,0.0,0.0,4.6,0.0,3.6,0.0,0.0,0.0,0.0,0.2,...
 533 3.4,...
 534 0.0,0.0,0.0,0.0,15.8,0.0,55.6,8.4,4.4,1.7,...
 535 0.6,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 536 12.3,0.0,4.2,6.9,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 537 55.0,...
 538 31.5,16.8,0.0,16.3,0.9,1.5,0.0,9.2,0.0,0.4,...
 539 0.0,6.2,23.5,1.6,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.3,0.0,2.0,...
 540 25.0,13.5,0.0,11.5,0.0,30.5,9.6,8.8,0.0,...
 541 43.0,0.0
 542 ** (1981)
 543 TABLE RAIN3(1-366) = ...
 544 0.0,0.0,0.0,0.2,5.3,0.0,16.0,7.4,0.0,7.1,21.4,...
 545 5.0,1.8,28.5,13.2,4.5,19.6,1.3,0.0,2.2,24.9,...
 546 25.8,7.7,0.0,16.0,6.6,5.4,0.0,0.0,0.0,...
 547 0.0,...
 548 11.4,0.7,0.0,0.0,11.4,0.0,13.0,23.2,0.0,...
 549 28.0,0.2,3.0,0.5,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 550 22.8,39.2,3.5,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 551 0.0,...
 552 0.0,0.0,0.0,0.0,43.5,0.0,0.4,28.2,57.6,...
 553 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.5,7.0,46.5,4.6,...
 554 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,3.7,8.3,9.3,28.8,0.4,...
 555 0.0,...

556 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 557 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.5,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 558 0.0,0.0,0.0,2.8,0.0,0.0,0.0,34.2,0.0,...
 559 0.0,...
 560 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 561 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.7,0.0,...
 562 2.5,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,6.8,7.3,0.0,...
 563 0.0,...
 564 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,61.5,0.0,0.0,0.0,...
 565 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,6.2,26.2,0.3,0.0,0.0,...
 566 0.1,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 567 0.0,...
 568 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 569 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 570 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 571 0.0,...
 572 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 573 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.4,0.0,0.0,...
 574 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 575 0.0,...
 576 0.0,0.0,0.0,0.1,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 577 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 578 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,8.6,0.0,0.0,0.1,...
 579 1.4,...
 580 0.0,0.0,2.5,8.7,0.0,0.0,16.7,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 581 0.7,19.7,19.1,0.0,0.0,40.6,0.0,0.0,29.8,...
 582 26.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,2.8,0.0,37.3,2.0,0.0,0.0,...
 583 0.0,...
 584 0.0,0.0,6.0,20.5,18.2,0.0,0.0,1.8,0.0,20.5,...
 585 2.2,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,21.5,20.0,11.9,...
 586 4.9,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,2.3,0.0,0.0,1.0,...
 587 22.7,...
 588 5.9,49.3,36.5,0.0,1.1,5.1,16.8,22.6,40.7,12.1,...
 589 0.0,12.8,1.0,0.0,0.0,3.7,17.5,10.2,0.0,0.0,0.0,...
 590 0.0,0.3,5.4,0.0,0.0,0.0,0.4,0.0,0.0,...
 591 0.0,0.0
 592 ** (1982)

593 TABLE RAIN4(1-366)=...

594 0.0,70.4,10.4,0.0,0.0,0.0,0.0,16.1,38.8,...
 595 43.0,40.0,94.3,2.4,0.0,0.0,0.0,0.0,5.6,...
 596 0.1,2.3,0.0,46.7,0.0,0.0,0.0,4.4,5.2,10.7,0.0,...
 597 0.0,...
 598 28.0,0.0,0.0,10.0,22.0,57.0,16.5,0.0,40.7,...
 599 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,2.0,...
 600 0.0,0.0,38.8,0.0,38.7,5.9,7.3,...
 601 67.3,...
 602 0.0,51.9,8.8,0.0,0.0,1.4,6.3,0.0,17.4,40.9,...
 603 8.5,44.5,14.4,48.0,4.2,27.6,18.3,9.9,5.5,...
 604 0.7,0.0,37.3,14.0,0.0,3.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 605 0.0,...
 606 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 607 0.0,0.0,12.4,12.0,9.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 608 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.1,0.0,0.0,...
 609 0.0,...
 610 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 611 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,19.0,3.7,...
 612 0.0,0.0,8.0,0.0,25.6,2.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 613 12.2,...
 614 0.0,0.0,0.0,0.0,0.2,4.5,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 615 0.0,0.1,10.9,0.0,0.0,0.0,2.3,0.0,0.0,0.0,...
 616 0.1,0.2,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.1,...
 617 0.0,...
 618 0.4,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 619 0.0,0.0,0.4,5.0,0.0,0.0,0.0,9.0,0.0,5.0,...
 620 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,3.1,...
 621 0.0,...
 622 0.0,0.0,0.0,0.0,18.5,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 623 12.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 624 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,2.2,24.5,0.0,0.0,...
 625 0.0,...
 626 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 627 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.5,0.0,...
 628 0.0,2.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,17.5,0.0,...
 629 0.0,...

630 0.0,0.0,27.2,0.0,0.0,0.8,17.8,25.9,23.0,...
 631 0.2,22.8,0.0,22.3,31.7,0.0,0.0,0.0,5.9,17.9,...
 632 0.0,16.6,21.8,0.0,0.0,0.0,3.2,0.0,7.7,1.2,12.9,...
 633 0.0,...
 634 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,7.9,0.0,0.4,0.0,0.0,0.0,...
 635 18.2,0.0,0.0,0.0,54.6,0.0,0.0,0.0,7.1,1.8,...
 636 18.4,0.0,0.0,0.4,25.0,19.3,6.2,0.1,...
 637 0.0,...
 638 33.4,0.6,5.0,0.0,0.0,0.0,46.5,0.1,0.0,0.1,...
 639 1.0,3.0,1.3,0.0,4.5,50.2,40.6,0.9,0.3,0.3,...
 640 0.2,1.5,36.4,24.9,0.9,0.0,0.5,10.3,61.8,15.5,...
 641 2.4,0.0
 642 * * (1983)
 643 TABLE RAIN5(1-366) = ...
 644 0.0,16.6,0.0,0.5,90.0,1.5,17.0,1.5,7.8,24.8,...
 645 18.6,38.5,120.2,17.4,37.4,19.6,17.4,60.7,43.6,...
 646 5.5,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,4.6,14.3,0.0,0.0,0.0,...
 647 1.0,...
 648 21.2,151.2,12.7,2.3,0.0,2.5,0.4,26.3,0.8,19.4,...
 649 14.6,0.1,5.0,21.7,1.5,0.0,0.0,0.0,0.0,9.6,0.0,...
 650 0.0,8.5,26.2,0.0,0.0,3.0,...
 651 30.1,...
 652 0.0,11.2,3.7,10.0,4.0,8.4,32.0,7.8,0.0,0.0,...
 653 0.0,0.0,7.0,6.5,3.3,0.0,0.0,0.0,16.0,12.6,...
 654 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,28.8,0.0,0.0,...
 655 0.0,...
 656 0.0,0.0,21.7,0.0,0.0,6.0,15.0,1.2,0.0,0.0,...
 657 0.0,2.6,0.4,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 658 10.2,0.0,0.0,0.0,79.3,46.5,0.3,0.0,0.0,...
 659 0.0,...
 660 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,7.4,0.0,...
 661 0.0,0.0,1.3,0.0,0.0,0.0,0.0,0.9,0.0,23.7,...
 662 12.2,0.0,12.0,14.1,0.0,0.0,0.0,0.0,24.4,30.6,...
 663 37.7,...
 664 1.2,12.8,8.4,1.0,0.0,0.0,0.2,0.0,0.9,4.8,...
 665 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 666 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...

667 0.0,...
 668 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 669 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,13.9,16.6,...
 670 19.9,5.8,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 671 0.0,...
 672 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 673 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 674 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 675 0.0,...
 676 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,21.5,24.5,34.7,2.1,...
 677 0.0,0.6,0.1,4.0,0.0,0.0,0.5,0.0,38.4,23.5,...
 678 7.5,0.0,0.0,0.0,15.0,10.5,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 679 0.0,...
 680 0.0,0.0,0.0,7.5,1.1,0.0,6.7,13.0,0.0,0.0,...
 681 0.0,0.0,3.1,1.6,40.5,0.0,0.0,54.4,2.0,0.0,...
 682 0.0,9.8,25.5,27.1,0.0,0.0,0.3,0.0,0.0,0.0,...
 683 0.0,...
 684 11.4,2.1,11.6,1.0,16.1,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 685 0.0,3.0,10.2,32.4,0.0,1.9,2.2,0.0,0.0,0.0,...
 686 38.2,0.0,25.3,0.6,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.2,...
 687 0.0,...
 688 0.0,0.0,1.6,0.0,0.0,0.0,0.0,52.4,0.0,11.7,...
 689 0.0,0.0,17.5,14.6,5.5,2.4,2.3,1.4,0.5,0.2,...
 690 2.0,14.7,17.8,29.2,8.0,0.0,10.3,5.2,28.7,5.8,0.0,13.0
 691 ** (1984)
 692 TABLE RAIN6(1-366)= ...
 693 13.0,1.2,1.4,0.8,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,...
 694 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,27.2,...
 695 35.7,0.2,5.2,13.0,6.6,63.5,37.3,0.0,0.0,...
 696 0.0,...
 697 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.2,10.2,1.0,0.0,...
 698 1.4,9.2,0.1,0.0,3.8,0.0,0.0,12.2,0.0,0.0,...
 699 9.2,0.0,43.4,0.4,0.0,9.2,5.0,0.0,...
 700 0.0,...
 701 0.0,16.7,0.0,9.2,0.0,16.0,22.4,11.5,7.9,...
 702 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,4.4,0.0,...
 703 18.4,0.0,18.2,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,4.8,7.4,...

704	0.2,...
705	0.0,0.0,10.8,0.0,0.0,0.0,0.0,17.2,0.0,0.0,...
706	0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,12.8,0.0,0.0,0.0,...
707	0.0,0.0,0.0,0.0,5.1,0.0,0.8,0.0,0.4,...
708	4.4,...
709	4.2,3.7,21.6,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
710	0.0,0.0,0.4,0.2,0.7,0.0,0.0,15.1,0.0,0.0,...
711	0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
712	0.0,...
713	0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
714	0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
715	0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
716	0.0,...
717	0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
718	0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
719	0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
720	0.0,...
721	0.0,0.0,30.5,29.5,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
722	0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,9.6,...
723	25.5,6.4,21.4,0.0,0.0,1.5,0.0,0.0,0.0,0.0,...
724	2.2,...
725	0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,3.9,2.1,0.0,...
726	0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,19.8,0.0,0.0,0.0,...
727	9.7,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,31.2,0.0,0.0,...
728	0.0,...
729	0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.2,...
730	0.0,0.0,0.0,0.0,1.3,0.0,0.0,22.6,0.4,0.0,...
731	0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
732	0.0,...
733	0.4,0.0,0.0,0.0,0.0,1.1,0.0,0.0,0.0,0.3,...
734	0.0,11.4,15.3,0.0,0.0,0.0,26.0,35.4,0.3,...
735	0.0,20.4,0.0,0.7,0.0,0.0,0.0,97.4,0.0,0.0,...
736	0.0,...
737	1.3,15.4,0.0,0.0,0.0,0.0,2.0,10.1,20.7,...
738	0.0,0.0,0.0,1.1,31.2,25.0,0.0,13.1,1.1,0.0,...
739	0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.1,1.4,0.0,...
740	2.5,8.0

741 ** (1985)

742 TABLE RAIN7(1-366) = ...

743 8.0,35.4,0.0,0.0,5.4,2.1,0.8,38.3,57.2,0.0,...

744 0.0,0.0,11.2,0.0,0.0,26.3,0.2,16.0,1.0,4.0,...

745 14.0,5.9,2.2,18.5,12.5,37.5,0.3,0.0,0.0,0.0,...

746 0.0,...

747 1.9,22.5,0.0,0.0,0.0,0.6,0.0,0.0,20.3,0.0,...

748 0.0,26.9,5.8,0.7,0.8,0.0,0.2,1.3,0.0,0.0,...

749 0.0,3.3,3.8,0.0,0.0,1.6,1.8,...

750 22.3,...

751 13.2,3.8,22.8,0.2,1.0,0.8,1.2,13.9,0.0,...

752 0.0,9.1,1.2,0.0,0.0,2.2,20.1,1.1,21.8,0.0,...

753 0.0,6.8,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,2.7,...

754 0.0,...

755 2.4,0.1,0.0,14.7,0.5,3.3,0.0,1.5,0.0,0.1,...

756 3.2,0.0,0.0,21.0,5.0,0.6,30.0,28.9,0.0,0.7,...

757 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,6.1,0.0,0.0,0.0,...

758 0.4,...

759 1.2,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.1,0.0,...

760 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,20.5,...

761 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...

762 0.0,...

763 0.0,0.0,2.7,2.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...

764 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...

765 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...

766 0.0,...

767 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,2.5,1.0,0.0,0.0,0.0,...

768 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...

769 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...

770 0.0,...

771 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...

772 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...

773 0.0,0.0,2.5,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...

774 0.0,...

775 1.3,5.3,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...

776 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...

777 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.2,...

778 2.9,...
 779 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,3.4,...
 780 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,5.0,0.0,0.0,...
 781 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.8,0.0,0.0,9.4,0.0,0.0,...
 782 0.0,...
 783 0.0,4.6,50.5,37.2,0.6,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 784 0.0,4.8,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,12.2,0.0,...
 785 0.0,0.0,4.3,22.7,1.6,35.4,6.5,0.8,0.0,...
 786 0.0,...
 787 0.0,0.0,3.0,53.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 788 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,17.0,0.0,0.0,0.0,...
 789 10.2,26.4,0.0,8.3,0.9,0.1,0.3,0.0,1.4,0.0,...
 790 0.0,0.0
 791 ** (1986)
 792 TABLE RAIN8(1-366) = ...
 793 0.0,2.1,0.0,0.0,0.3,2.9,0.0,9.6,0.0,37.7,...
 794 1.2,83.2,11.0,1.0,0.0,0.0,1.6,1.5,0.0,0.0,...
 795 2.4,1.2,0.0,0.0,0.0,0.0,39.0,0.0,0.0,11.8,...
 796 0.0,...
 797 0.0,0.0,9.4,1.5,2.1,0.0,0.0,6.6,0.0,9.4,...
 798 0.0,23.6,0.4,0.0,31.8,3.0,29.5,0.2,19.2,...
 799 34.9,12.9,11.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 800 4.9,...
 801 8.1,22.2,0.0,16.5,20.5,0.3,41.2,50.5,2.2,...
 802 0.5,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,33.8,...
 803 0.0,0.0,0.0,38.2,0.6,0.0,0.0,0.2,0.0,0.0,11.5,...
 804 0.0,...
 805 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 806 0.0,0.0,0.0,0.0,7.2,9.8,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 807 0.0,19.8,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 808 0.0,...
 809 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,8.4,3.2,29.2,5.6,...
 810 7.4,0.0,6.9,9.6,0.0,0.0,0.0,0.3,46.5,0.0,...
 811 6.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 812 1.0,...
 813 0.2,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 814 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...

815 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 816 0.0,...
 817 0.0,0.0,0.0,0.0,0.4,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 818 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 819 0.0,0.0,35.5,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 820 1.1,...
 821 1.1,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 822 0.2,0.0,0.0,0.0,9.7,11.0,4.1,0.0,0.0,0.0,...
 823 0.0,21.9,20.7,2.1,17.3,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 824 0.0,...
 825 0.0,0.0,0.0,0.0,1.7,0.2,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 826 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 827 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,6.8,0.0,0.0,2.3,...
 828 0.0,...
 829 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.4,...
 830 8.5,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,12.5,2.0,...
 831 9.7,11.0,0.0,0.0,0.0,0.0,10.9,0.0,0.0,0.0,...
 832 0.0,...
 833 0.0,0.0,1.6,0.0,0.0,0.1,1.6,0.0,0.0,0.0,...
 834 21.6,13.4,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 835 4.1,0.0,0.0,1.1,0.0,0.0,0.0,0.5,17.7,...
 836 0.0,...
 837 57.5,37.7,4.7,0.0,0.1,0.0,0.3,12.9,19.5,8.1,...
 838 9.5,0.0,0.0,0.0,12.3,7.0,17.5,0.0,2.9,0.0,...
 839 0.0,0.3,6.1,2.2,10.7,55.8,0.8,1.8,16.9,4.8,...
 840 0.0,0.0
 841 ** (1987)
 842 TABLE RAIN9(1-366)=...
 843 0.0,0.0,1.0,15.4,25.4,2.4,6.7,0.0,0.0,0.0,...
 844 0.5,0.0,16.3,0.0,0.0,17.8,0.0,5.2,0.0,0.0,...
 845 0.0,0.2,5.2,24.4,17.2,4.0,23.3,56.0,64.2,8.2,...
 846 16.4,...
 847 0.6,7.2,1.5,21.4,0.2,33.5,0.9,0.0,18.7,0.0,...
 848 0.0,7.5,14.7,25.8,56.0,27.2,0.0,5.0,1.5,9.1,...
 849 1.7,0.0,0.0,0.0,10.2,0.0,0.2,...
 850 0.8,...
 851 8.1,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,10.6,15.0,14.4,20.4,...

852 0.2,0.0,0.0,0.0,0.0,1.6,0.0,0.8,10.2,2.9,0.0,...
 853 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 854 0.0,...
 855 0.0,0.0,0.0,5.4,4.8,0.0,0.0,0.0,0.0,0.2,...
 856 5.6,0.0,1.3,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 857 2.0,1.5,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 858 2.3,...
 859 0.0,0.0,3.0,0.0,0.0,9.8,0.0,6.7,14.9,0.0,...
 860 0.0,58.3,0.0,0.0,0.0,29.0,0.0,0.0,0.0,0.7,...
 861 0.3,6.8,0.0,1.8,12.8,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 862 0.0,...
 863 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 864 0.0,0.0,0.0,0.5,0.0,3.2,0.4,0.0,0.0,0.0,...
 865 0.0,0.0,15.0,2.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 866 0.0,...
 867 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,18.5,0.0,...
 868 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 869 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.9,...
 870 0.0,...
 871 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.8,6.0,0.0,0.0,0.0,...
 872 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 873 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 874 0.0,...
 875 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,4.0,4.2,0.4,0.0,...
 876 1.0,5.9,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,5.7,0.0,...
 877 0.0,6.0,17.0,7.2,0.0,0.0,0.0,6.1,0.0,...
 878 0.0,...
 879 0.0,37.0,0.0,0.0,0.0,0.0,25.5,0.0,0.0,0.0,...
 880 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 881 0.3,0.0,0.0,0.0,4.5,6.8,0.0,0.0,5.8,0.3,0.0,...
 882 0.0,...
 883 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,28.9,48.1,0.0,0.0,1.8,...
 884 0.0,4.3,2.2,6.4,59.5,27.5,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
 885 0.4,0.0,0.0,0.0,24.0,0.3,0.9,0.0,0.0,0.0,...
 886 0.0,...
 887 0.0,0.0,0.0,4.8,8.6,6.9,0.0,0.0,0.5,0.0,...
 888 0.0,3.3,3.1,7.3,0.0,0.0,23.6,6.7,5.9,0.0,...

```

889 0.0,2.6,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,3.1,0.0,4.0,...
890 0.3,9.3
891 * * (1988)
892 TABLE RAINTO(1-366) = ...
893 9.3,0.0,0.0,0.0,2.0,27.2,17.0,39.2,84.8,...
894 0.0,10.8,0.0,0.0,0.0,3.6,0.0,0.0,0.0,0.0,...
895 2.7,12.8,0.0,0.0,12.6,6.0,0.0,0.0,0.0,4.2,67.0,...
896 0.0,...
897 0.0,6.8,0.0,0.0,1.9,9.4,7.7,12.1,12.0,2.4,...
898 0.0,0.0,0.0,5.0,18.8,0.3,10.7,0.0,0.2,3.2,...
899 19.2,0.0,0.0,23.0,0.0,10.9,6.1,0.0,...
900 0.0,0.2,6.0,0.0,8.4,15.2,63.2,0.0,0.0,0.0,...
901 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,5.0,40.7,8.1,0.0,...
902 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,8.0,0.0,...
903 0.0,...
904 0.0,10.1,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,2.3,32.2,0.0,...
905 0.0,28.0,9.5,0.1,0.0,0.0,2.8,0.0,0.0,0.3,...
906 0.3,0.7,0.0,0.0,0.0,0.0,0.7,0.0,0.0,...
907 0.0,...
908 0.0,0.0,0.0,0.6,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
909 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,27.1,0.0,0.0,...
910 0.0,2.4,0.0,0.0,0.3,0.0,0.0,0.0,0.0,16.1,...
911 8.2,...
912 0.0,0.0,0.0,2.3,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
913 0.0,0.0,0.0,0.7,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
914 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
915 0.0,...
916 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
917 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
918 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
919 0.0 ,...
920 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
921 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
922 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
923 0.0,...
924 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
925 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...

```

```

926 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
927 0.0,...
928 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,12.7,0.0,0.0,0.0,0.0,...
929 0.0,0.6,5.3,2.5,0.0,0.0,0.0,0.0,0.4,11.3,...
930 18.7,0.0,37.2,18.0,0.0,25.9,0.8,0.0,4.6,1.4,...
931 2.5,...
932 6.7,8.4,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,6.9,0.0,0.0,...
933 0.0,19.7,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,23.5,...
934 10.0,1.4,0.5,0.0,0.0,0.0,2.8,0.0,0.0,...
935 0.0,...
936 1.5,0.5,2.9,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,...
937 0.3,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.2,33.7,7.6,...
938 0.2,19.0,0.0,39.4,24.2,0.0,0.7,0.0,61.8,...
939 0.0
940
941 ** MONTHLY SUNSHINE HOURS AVERAGE,PINDORAMA,1979-1988,(HOURS/DAY)
942
943 FUNCTION RDTMT,1. = 1.,2.72,32.,5.27,60.,5.95,91.0,4.75,121.,5.26,...
944 151.,2.98,181.,2.56,213.,4.59,244.,5.76,...
945 274.,3.22,305.,3.35,334.,4.73,366.,2.27
946 FUNCTION RDTMT,2. = 1.,2.27,32.,3.43,60.,1.94,91.0,4.64,121.,6.50,...
947 151.,7.77,181.,7.69,213.,7.91,244.,7.16,...
948 274.,7.06,305.,8.92,334.,8.56,366.,7.60
949 FUNCTION RDTMT,3. = 1.,7.60,32.,5.29,60.,8.95,91.0,7.82,121.,8.39,...
950 151.,8.75,181.,6.47,213.,8.19,244.,8.45,...
951 274.,8.05,305.,6.94,334.,8.13,366.,5.71
952 FUNCTION RDTMT,4. = 1.,5.71,32.,6.48,60.,8.01,91.0,5.02,121.,8.46,...
953 151.,8.02,181.,8.55,213.,8.54,244.,7.71,...
954 274.,7.48,305.,7.52,334.,7.95,366.,5.01
955 FUNCTION RDTMT,5. = 1.,5.01,32.,5.49,60.,6.77,91.0,7.19,121.,6.95,...
956 151.,5.89,181.,6.31,213.,7.70,244.,8.92,...
957 274.,5.66,305.,6.30,334.,7.92,366.,5.69
958 FUNCTION RDTMT,6. = 1.,5.69,32.,9.11,60.,10.03,91.0,8.25,121.,6.50,...
959 151.,7.25,181.,8.68,213.,8.48,244.,7.48,...
960 274.,8.13,305.,9.32,334.,8.08,366.,5.86
961 FUNCTION RDTMT,7. = 1.,5.86,32.,6.00,60.,7.63,91.0,6.58,121.,7.36,...
962 151.,8.63,181.,7.85,213.,9.05,244.,8.57,...

```

963 274.,8.36,305.,9.34,334.,8.56,366.,9.79
 964 FUNCTION RDTMT,8. = 1.,9.79,32.,8.18,60.,6.55,91.0,7.11,121.,8.80,...
 965 151.,6.50,181.,9.06,213.,8.10,244.,6.24,...
 966 274.,7.84,305.,9.33,334.,7.92,366.,4.72
 967 FUNCTION RDTMT,9. = 1.,4.72,32.,6.31,60.,6.08,91.0,8.24,121.,7.05,...
 968 151.,5.96,181.,7.95,213.,8.92,244.,8.77,...
 969 274.,7.15,305.,8.33,334.,8.83,366.,7.86
 970 FUNCTION RDTMT,10. = 1.,7.86,32.,8.53,60.,6.14,91.0,8.05,121.,7.35,...
 971 151.,7.39,181.,8.09,213.,9.05,244.,9.39,...
 972 274.,8.20,305.,6.95,334.,8.45,365.,7.57
 973
 974 ** RELATIVE HUMIDITY - MONTHLY AVERAGE,PINDORAMA,1979-1988), (%).
 975 FUNCTION HUAAT, 1. = 1.,79.,32.,78.,60.,80.,91.,76.,121.,73.,....
 976 152.,78.,181.,66.,213.,67.,244.,62.,....
 977 274.,71.,305.,68.,334.,72.,366.,83.
 978 FUNCTION HUAAT, 2. = 1.,83.,32.,80.,60.,81.,91.,74.,121.,78.,....
 979 152.,72.,181.,69.,213.,67.,244.,63.,....
 980 274.,64.,305.,63.,334.,70.,366.,80.
 981 FUNCTION HUAAT, 3. = 1.,80.,32.,84.,60.,75.,91.,78.,121.,72.,....
 982 152.,67.,181.,72.,213.,58.,244.,52.,....
 983 274.,48.,305.,74.,334.,78.,366.,81.
 984 FUNCTION HUAAT, 4. = 1.,81.,32.,81.,60.,77.,91.,86.,121.,74.,....
 985 152.,72.,181.,78.,213.,67.,244.,67.,....
 986 274.,60.,305.,76.,334.,76.,366.,83.
 987 FUNCTION HUAAT, 5. = 1.,83.,32.,87.,60.,83.,91.,83.,121.,82.,....
 988 152.,81.,181.,79.,213.,67.,244.,59.,....
 989 274.,77.,305.,78.,334.,75.,366.,82.
 990 FUNCTION HUAAT, 6. = 1.,82.,32.,74.,60.,74.,91.,79.,121.,79.,....
 991 152.,76.,181.,66.,213.,59.,244.,67.,....
 992 274.,64.,305.,59.,334.,68.,366.,80.
 993 FUNCTION HUAAT, 7. = 1.,80.,32.,84.,60.,79.,91.,83.,121.,80.,....
 994 152.,69.,181.,62.,213.,56.,244.,51.,....
 995 274.,53.,305.,51.,334.,65.,366.,71.
 996 FUNCTION HUAAT, 8. = 1.,71.,32.,78.,60.,82.,91.,82.,121.,74.,....
 997 152.,79.,181.,63.,213.,65.,244.,70.,....
 998 274.,61.,305.,59.,334.,63.,366.,82.
 999 FUNCTION HUAAT, 9. = 1.,82.,32.,82.,60.,81.,91.,77.,121.,77.,....

1000 152.,83.,181.,72.,213.,63.,244.,56.,...
 1001 274.,68.,305.,66.,334.,70.,366.,78.
 1002 FUNCTION HUAAT,10. = 1.,78.,32.,77.,60.,84.,91.,77.,121.,82.,...
 1003 152.,78.,181.,70.,213.,59.,244.,47.,...
 1004 274.,49.,305.,67.,334.,67.,365.,69.
 1005
 1006 ** MINIMUM AVERAGE TEMPERATURE,PINDORAMA,1978-1988.
 1007
 1008 FUNCTION TPL, 1. = 1.,18.60,32.,17.90,60.,19.20,91.0,18.00,121.,15.90,...
 1009 151.,14.90,181.,11.80,213.,11.50,244.,14.70,...
 1010 274.,15.40,305.,18.20,334.,17.50,366.,20.00
 1011 FUNCTION TPL, 2. = 1.,20.00,32.,18.70,60.,19.30,91.0,19.20,121.,17.70,...
 1012 151.,15.10,181.,11.70,213.,13.80,244.,15.40,...
 1013 274.,14.20,305.,17.50,334.,18.20,366.,19.50
 1014 FUNCTION TPL, 3. = 1.,19.50,32.,19.90,60.,19.40,91.0,19.20,121.,15.90,...
 1015 151.,14.90,181.,12.10,213.,10.40,244.,13.70,...
 1016 274.,16.20,305.,16.60,334.,19.10,366.,18.70
 1017 FUNCTION TPL, 4. = 1.,18.70,32.,18.60,60.,19.60,91.0,19.20,121.,15.40,...
 1018 151.,13.30,181.,15.30,213.,13.60,244.,15.10,...
 1019 274.,15.50,305.,17.70,334.,19.30,366.,18.70
 1020 FUNCTION TPL, 5. = 1.,18.70,32.,19.80,60.,19.80,91.0,18.20,121.,17.70,...
 1021 151.,16.90,181.,14.40,213.,14.30,244.,12.80,...
 1022 274.,15.50,305.,17.10,334.,17.30,366.,18.70
 1023 FUNCTION TPL, 6. = 1.,18.70,32.,19.70,60.,20.30,91.0,19.50,121.,17.40,...
 1024 151.,16.40,181.,13.20,213.,13.20,244.,13.40,...
 1025 274.,13.80,305.,17.80,334.,18.50,366.,18.90
 1026 FUNCTION TPL, 7. = 1.,18.90,32.,18.80,60.,20.10,91.0,19.30,121.,18.10,...
 1027 151.,13.50,181.,9.90,213.,10.60,244.,14.00,...
 1028 274.,15.70,305.,17.30,334.,18.50,366.,19.20
 1029 FUNCTION TPL, 8. = 1.,19.20,32.,19.90,60.,19.60,91.0,19.10,121.,17.80,...
 1030 151.,15.90,181.,12.30,213.,14.70,244.,11.40,...
 1031 274.,15.00,305.,16.40,334.,19.10,366.,19.50
 1032 FUNCTION TPL, 9. = 1.,19.50,32.,19.90,60.,19.00,91.0,18.00,121.,18.10,...
 1033 151.,14.90,181.,12.50,213.,14.60,244.,13.10,...
 1034 274.,15.50,305.,18.10,334.,18.60,366.,19.80
 1035 FUNCTION TPL,10. = 1.,19.80,32.,20.50,60.,20.00,91.0,19.30,121.,18.80,...
 1036 151.,15.60,181.,11.90,213.,10.40,244.,13.60,...

```

1037          274.,16.70,305.,17.40,334.,17.60,365.,19.50
1038
1039 ** MAXIMUM AVERAGE TEMPERATURE,PINDORAMA,1978-1988.
1040
1041 FUNCTION TPH, 1. = 1.,28.80,32.,29.30,60.,30.30,91.0,29.80,121.,28.70,...
1042          151.,26.60,181.,26.60,213.,25.30,244.,29.50,...
1043          274.,27.60,305.,30.50,334.,29.60,366.,29.30
1044 FUNCTION TPH, 2. = 1.,29.30,32.,29.30,60.,29.40,91.0,31.40,121.,28.70,...
1045          151.,28.00,181.,25.50,213.,27.70,244.,29.00,...
1046          274.,28.10,305.,31.20,334.,30.50,366.,29.70
1047 FUNCTION TPH, 3. = 1.,29.70,32.,29.30,60.,31.40,91.0,30.60,121.,29.10,...
1048          151.,28.40,181.,24.20,213.,24.60,244.,29.20,...
1049          274.,31.60,305.,28.90,334.,30.10,366.,28.90
1050 FUNCTION TPH, 4. = 1.,28.90,32.,28.60,60.,30.40,91.0,28.30,121.,28.10,...
1051          151.,26.00,181.,26.20,213.,26.80,244.,28.30,...
1052          274.,29.90,305.,29.50,334.,31.10,366.,28.80
1053 FUNCTION TPH, 5. = 1.,28.80,32.,28.80,60.,30.10,91.0,29.20,121.,28.60,...
1054          151.,27.10,181.,25.40,213.,27.10,244.,28.00,...
1055          274.,26.40,305.,27.60,334.,29.00,366.,28.70
1056 FUNCTION TPH, 6. = 1.,28.70,32.,31.70,60.,32.30,91.0,30.70,121.,28.10,...
1057          151.,28.40,181.,28.00,213.,28.40,244.,27.00,...
1058          274.,27.90,305.,32.40,334.,31.40,366.,29.00
1059 FUNCTION TPH, 7. = 1.,29.00,32.,28.90,60.,30.80,91.0,29.40,121.,29.10,...
1060          151.,27.70,181.,25.20,213.,25.90,244.,29.90,...
1061          274.,31.20,305.,34.00,334.,31.60,366.,31.30
1062 FUNCTION TPH, 8. = 1.,31.30,32.,30.90,60.,30.00,91.0,30.00,121.,30.10,...
1063          151.,21.50,181.,26.90,213.,25.50,244.,26.60,...
1064          274.,28.90,305.,31.40,334.,31.90,366.,29.60
1065 FUNCTION TPH, 9. = 1.,29.60,32.,30.00,60.,29.70,91.0,29.80,121.,29.40,...
1066          151.,26.00,181.,25.80,213.,29.10,244.,28.90,...
1067          274.,29.00,305.,31.80,334.,31.00,366.,30.30
1068 FUNCTION TPH,10. = 1.,30.30,32.,31.40,60.,29.80,91.0,30.50,121.,29.40,...
1069          151.,27.60,181.,25.70,213.,29.40,244.,30.00,...
1070          274.,32.80,305.,29.70,334.,30.00,365.,31.20
1071 END RERUN
1072 FUNCTION XTREET = 0., 476., 1. ,449., 2. ,404., 3. ,363., 5.,294.
1073 FUNCTION FRAPT= 0.,0., 0.999,0., 1.,0.74, 1.1, 0.89, ...

```

```

1074          1.2, 0.92, 1.3, 0.95, 1.5, 1.0, 2.0, 1., 5.,1.
1075 END RERUN
1076 FUNCTION XTREET = 0., 625., 1. ,562., 2. ,506., 3. ,455., 5.,369.
1077 FUNCTION FRAPT= 0.,0., 0.999,0., 1.,0.71, 1.1, 0.84, ...
1078          1.2, 0.88, 1.3, 0.92, 1.5, 0.95, 2.0, 1., 5.,1.
1079 END RERUN
1080 FUNCTION XTREET = 0., 1111., 1. ,999., 2. ,899., 3. ,809., 5.,655.
1081 FUNCTION FRAPT= 0.,0., 0.999,0., 1.,0.47, 1.1, 0.64, ...
1082          1.2, 0.68, 1.3, 0.72, 1.4, .75, 2.0, 0.8, 5.,1.
1083 END
1084 STOP
1085
1086 ** SUBROUTINES AND FORTRAN FUNCTIONS USED IN THE MAIN PROGRAM
1087
1088 FUNCTION FUCCHK(CKCIN,CKCFL,TIME)
1089 C FUNCTION TO CHECK CROP CARBON BALANCE
1090 FUCCHK = (CKCIN-CKCFL)/(CKCIN + CKCFL + 1.E-10)
1091 IF(ABS(FUCCHK).GT.0.01) WRITE (6,1) FUCCHK, CKCIN, CKCFL, TIME
1092 1 FORMAT(//'* * * * * ERROR IN CARBON BALANCE, PLEASE CHECK * * * * *',
1093 $'/'* * * * * ERROR IN CARBON BALANCE, PLEASE CHECK * * * * *',/,
1094 $' CKCRD=',F6.3,' CKCIN=',F8.2,' CKCFL=',F8.2,' AT TIME=',F6.1,/,
1095 $'* * * * *')
1096 RETURN
1097 END
1098
1099 FUNCTION FUWCHK(QW)
1100 C FUNCTION TO CHECK SOIL WATER BALANCE
1101 COMMON
1102 CKWRSL= WL1 + WL2 + WL3-(WL1I+ WL2I+ WL3I)
1103 FUWCHK = (CKWRSL-CKWFL)/(CKWRSL + CKWFL + 1.E-10)
1104 IF(ABS(FUWCHK).GT.0.01) WRITE (6,1) FUWCHK, CKWRSL, CKWFL, TIME
1105 1 FORMAT(//'* * * * * ERROR IN WATER BALANCE, PLEASE CHECK * * * * *',
1106 $'/'* * * * * ERROR IN WATER BALANCE, PLEASE CHECK * * * * *',/,
1107 $' CKWRD=',F6.3,' CKWRSL=',F8.2,' CKWFL=',F8.2,' AT TIME=',F6.1,/,
1108 $'* * * * *')
1109 RETURN
1110 END

```

```

1111
1112     FUNCTION FUVP(TP)
1113 C VAPOUR PRESSURE (kPa) RELATION TO TEMPERATURE
1114     FUVP = 0.100*6.11*EXP(17.47*TP/(TP + 239.))
1115     RETURN
1116     END
1117
1118     FUNCTION FURSC1(WDS,ALV)
1119 C CALCULATION CANOPY RESISTANCE, SIMPLE EQUATION
1120     FURSC1 = 30./WDS*AMIN1(2.,ALV)
1121     RETURN
1122     END
1123
1124     FUNCTION FURSC2(WDS,ALV,PLHT,ZREF)
1125 C CALCULATION CANOPY RESISTANCE, MORE ELABORATE VERSION
1126     IMPLICIT REAL (A-Z)
1127     ZR   = AMAX1(ZREF,PLHT + 1.)
1128     D    = AMAX1(0.1,0.63*PLHT)
1129     ZNOT = AMAX1(0.05,0.1*PLHT)
1130     WDSX = AMAX1(0.1,WDS)
1131     FURSC2 = 0.74*(ALOG((ZR-D)/ZNOT))**2/(0.16*WDSX)*ALV
1132     RETURN
1133     END
1134
1135     FUNCTION FUWRED(WDLV,ALV,PLHT,WDSAV)
1136 C CALCULATION OF WINDSPEED NEAR SOIL SURFACE
1137     IMPLICIT REAL (A-Z)
1138     PLHTX = AMAX1(0.05,PLHT)
1139     WDSX   = AMAX1(0.1,WDSAV)
1140     MIXL   = SQRT(1.2732*WDLV/(ALV + 1.E-10/PLHTX))
1141     A      = SQRT(0.2*ALV*PLHTX/(2.*MIXL*0.5) + (1.E-10))
1142     FUWRED = WDSX*EXP(-A*(1.0-0.05/PLHTX))
1143     RETURN
1144     END
1145
1146     FUNCTION FUSDPF(WVL,WCF,WCW,WCS,TRPA,WSSC,WFSC)
1147 C CALCULATION OF DEGREE WATER STRESS

```



```

1148     DIMENSION A(5), B(5)
1149     DATA A/1.04, 0.80, 0.79, 0.78, 0.77/
1150     DATA B/0.57, 0.41, 0.27, 0.21, 0.15/
1151     IF(WSSC.LT.1.0 .OR. WSSC.GT.5.0) WRITE (6,1)
1152 1  FORMAT(10X,'* * *WSSC NOT PROPERLY SPECIFIED* * *')
1153     IF(WVL .GT. WCF) GO TO 2
1154     IWSSC = WSSC
1155     SDPF = 1.0/(A(IWSSC) + 5.*B(IWSSC)*TRPA)
1156     IF(SDPF .GT. 0.99) SDPF=0.99
1157     WCX = WCW + (1.00-SDPF)*(WCF-WCW)
1158     FUSDPF=(WVL-WCW)/(WCX-WCW + 1.E-10)
1159     IF(FUSDPF .GT. 1.0) FUSDPF = 1.0
1160     IF(FUSDPF .LT. 0.0) FUSDPF = 0.0
1161     GO TO 4
1162 2 IF(WFSC .LT. 1. .OR. WFSC .GT. 3.) WRITE (6,3)
1163 3  FORMAT(10X,'* * *WFSC NOT PROPERLY SPECIFIED* * *')
1164     FUSDPF= 1.-0.5*(WFSC-1.)*(WVL-WCF)/(WCS-WCF + 1.E-10)
1165 4  CONTINUE
1166     FUSDPF= AMIN1(FUSDPF,50./AMAX1(1.E-10,TRPA))
1167     RETURN
1168     END
1169
1170     SUBROUTINE SUASTR(DATE,LAT,DAYL,DAYLP,RDTC)
1171 C subroutine to compute daylength and extraterrestrial radiation
1172     IMPLICIT REAL (A-Z)
1173     DATA INSP /-4./
1174     DATA PI/3.1415926/
1175     RAD=PI/180.
1176     DEC=-ASIN(SIN(23.45*RAD)*COS(2.*PI*(DATE + 10.)/365.))
1177     COSLD=COS(DEC)*COS(LAT*RAD)
1178     SINLD=SIN(DEC)*SIN(LAT*RAD)
1179     AOB=SINLD/COSLD
1180     DAYL = 12.*(1. + 2.0*ASIN(AOB)/PI)
1181 C daylength
1182     DAYLP= 12.*(PI + 2.*ASIN((-SIN(INSP*RAD) + SINLD)/COSLD))/PI
1183 C daylength of period that sun is above -INSP degrees,
1184 C providing enough light for photosensitive processes

```

```

1185      DSINB=3600.*(SINLD*DAYL+24./PI*COSLD*SQRT(1.-AOB**2))
1186 C integral of solar elevation over day
1187      SOLC=1370.*(1.0+0.033*COS(2.*PI*DATE/365.))
1188 C solar constant
1189      RDTC=SOLC*DSINB
1190 C daily extraterrestrial radiation
1191      RETURN
1192      END
1193
1194      SUBROUTINE SUPHOT(AMAX,EFF,LAI,RDTM,RDTC,DATE,LAT,PCGA,RDRL)
1195 C SUBROUTINE TO COMPUTE POTENTIAL PHOTOSYNTHESIS
1196 C using Gaussian integration (after Goudriaan, 1985)
1197      IMPLICIT REAL(A-Z)
1198      INTEGER IT,I
1199      DATA KDIF /0.7155/
1200      DATA SCV /0.200/
1201      DATA PI/3.1415926/
1202      RAD =PI/180.
1203      SOLC =1370.*(1.0+0.033*COS(2.*PI*DATE/365.))
1204 C solar constant
1205      RDRL =RDTM/(RDTC*0.86)
1206 C radiation as fraction of radiation received at sea level on
1207 C a very clear day
1208      ATMTR =RDTM/RDTC
1209 C atmospheric transmission
1210      IF(ATMTR.GT.0.75) FRDIF =0.23
1211      IF(ATMTR.LE.0.75.AND.ATMTR.GT.0.35) FRDIF =1.33-1.46*ATMTR
1212      IF(ATMTR.LE.0.35.AND.ATMTR.GT.0.07) FRDIF =1.-2.3*(ATMTR-0.07)**2
1213      IF(ATMTR.LE.0.07) FRDIF =1.
1214 C FRDIF is fraction diffuse light
1215      DEC =-ASIN(SIN(23.45*RAD)*COS(2.*PI*(DATE+10.)/365.))
1216      COSLD =COS(DEC)*COS(LAT*RAD)
1217      SINLD =SIN(DEC)*SIN(LAT*RAD)
1218      AOB =SINLD/COSLD
1219      DAYL =12.*(1.+2.0*ASIN(AOB)/PI)
1220      DSINBE=3600.*(DAYL*(SINLD+0.4*(SINLD*SINLD+COSLD*COSLD*0.5))+
1221      $      12.0*COSLD*(2.0+3.0*0.4*SINLD)*SQRT(1.-AOB*AOB)/PI)

```

```

1222 C integral of solar elevation over day, with correction for lower
1223 C atmospheric transmission at low solar elevations
1224     IF ((AMAX.LT.1.E-3).OR.(LAI.LT.1.E-3).OR.(EFF.LT.1.E-3)) GOTO 10
1225     GAUSR = SQRT(0.15)
1226     GDFG = 0.
1227     REFH = (1.-SQRT(1.0-SCV))/(1. + SQRT(1.-SCV))
1228     DO 1 IT= 1,3
1229     HOUR = 12.0 + DAYL*0.5*(0.5 + (IT-2)*GAUSR)
1230     SINB = AMAX1(0.,SINLD + COSLD*COS(2.*PI*(HOUR + 12.)/24.))
1231     REFS = REFH*2./(1. + 1.6*SINB)
1232     PAR = 0.5*RDTM*SINB*(1.0 + 0.4*SINB)/DSINBE
1233     PARDIF= AMIN1(PAR,SINB*FRDIF*ATMTR*0.5*SOLC)
1234     PARDIR= PAR-PARDIF
1235     KDIRBL=(0.5/SINB)*KDIF/(0.8*SQRT(1.-SCV))
1236     KDIRT =KDIRBL*SQRT(1.-SCV)
1237     FGROS = 0.
1238     DO 2 I= 1,3
1239     LAIC = 0.5*LAI+ GAUSR*(I-2)*LAI
1240     VISDF = (1.-REFS)*PARDIF*KDIF*EXP(-KDIF*LAIC)
1241     VIST = (1.-REFS)*PARDIR*KDIRT*EXP(-KDIRT*LAIC)
1242     VISD = (1.-SCV)*PARDIR*KDIRBL*EXP(-KDIRBL*LAIC)
1243     VISSHD= VISDF + VIST-VISD
1244     FGRSH = AMAX*(1.-EXP(-VISSHD*EFF/AMAX))
1245     VISPP = (1.-SCV)*PARDIR/SINB
1246     IF (VISPP.LE.0.) GO TO 3
1247     FGRSUN= AMAX*(1.-(AMAX-FGRSH)*(1.-EXP(-VISPP*EFF/AMAX)))/
1248     $     (EFF*VISPP))
1249     GO TO 4
1250 3 FGRSUN=FGRSH
1251 4 CONTINUE
1252     FSSLA = EXP(-KDIRBL*LAIC)
1253     FGL = FSSLA*FGRSUN + (1.-FSSLA)*FGRSH
1254     IF(I.EQ.2) FGL = FGL*1.6
1255     FGROS = FGROS + FGL
1256 2 CONTINUE
1257     FGROS = FGROS*LAI/3.6
1258     IF(IT.EQ.2) FGROS = FGROS*1.6

```

```

1259      GDFG = GDFG + FGROS
1260      1  CONTINUE
1261      PCGA = GDFG*DAYL/3.6
1262      C potential gross photosynthesis, daytime total
1263      GOTO 11
1264      10 CONTINUE
1265      PCGA = 0.
1266      11 CONTINUE
1267      RETURN
1268      END
1269
1270      SUBROUTINE SUEVTR(RDTC,RDRL,RC,FRAC,TPAD,TPAV,EPS,VPA,
1271      $RSL,RSB,RST,EVCRR,EVCRD)
1272      C CALCULATION OF EVAPOTRANSPIRATION RATES FOR CROP, SOIL AND FREE WATER
1273      C internal units: mbar rather than kPa
1274      SLOPE = 4158.6*10.*FUVV(TPAD)/(TPAD + 239.)*2
1275      APSCH = 0.63*(RSB + RST + RSL)/(RSB + RST)
1276      RLWI = 4.8972E-3*(TPAV + 273.)*4*(0.618 + 0.0365*SQRT(10.*VPA))
1277      RLWO = 4.8972E-3*EPS*(TPAD + 273.)*4
1278      RLW = (RLWO-RLWI)*RDRL *FRAC
1279      RDTN = (RDTC*0.86)*RDRL*(1.-RC) -RLW
1280      EVCRR = 0.001*RDTN*SLOPE/((SLOPE + APSCH)*2390.)
1281      DRYP = (FUVV(TPAD)-VPA)*10.*1200./(RSB + RST) *FRAC
1282      EVCRD = 86400.*0.001*DRYP/((SLOPE + APSCH)*2390.)
1283      RETURN
1284      END
1285
1286      SUBROUTINE SUFEVL(SWL1,SWL2,SWL3,SEESL,FEV1,FEV2,FEV3)
1287      C CALCULATION OF EVAPORATION PARTITIONING OVER LAYERS
1288      COMMON
1289      VAR1 = AMAX1(SWL1-WCA1*TCK1*1.E4,0.)*EXP(-SEESL*
1290      $ (0.25*TCK1))
1291      VAR2 = AMAX1(SWL2-WCA2*TCK2*1.E4,0.)*EXP(-SEESL*
1292      $ (TCK1 + (0.25*TCK2)))
1293      VAR3 = AMAX1(SWL3-WCA3*TCK3*1.E4,0.)*EXP(-SEESL*
1294      $ (TCK1 + TCK2 + (0.25*TCK3)))
1295      VAR = VAR1 + VAR2 + VAR3

```

```

1296     FEVL1 = VAR1/(VAR + 1.E-10)
1297     FEVL2 = VAR2/(VAR + 1.E-10)
1298     FEVL3 = VAR3/(VAR + 1.E-10)
1299     RETURN
1300     END
1301
1302     SUBROUTINE SURES(PLHT,CLHT,ZREF,WDLV,ALV,WDSAV,WDSAD,RSTL,RSBL,
1303     $RSTS,RSBS,RSTPE,RSBPE)
1304 C COMPUTATION OF BOUNDARY LAYER AND TURBULENCE RESISTANCE FOR LEAVES,
1305 C SOIL AND PENMAN
1306     WDSAVX = AMAX1(0.1,WDSAV)
1307     WDSADX = AMAX1(0.1,WDSAD)
1308     RSBPE = 0.93*185.*0.5*SQRT(0.02/WDSADX)
1309     RSTPE = FURSC2(WDSADX,5.,0.1,ZREF)
1310     IF(PLHT.GT.CLHT) GO TO 1
1311 C crop and soil values if crop small or absent
1312     RSTS = FURSC2(WDSAVX,1.,CLHT,ZREF)
1313     RSTL = FURSC2(WDSADX,1.,CLHT,ZREF)
1314     RSBS = 0.93*185.*1.*SQRT(CLHT/WDSAVX)
1315     RSBL = 0.93*185.*0.5*SQRT(WDLV/WDSADX)
1316     GO TO 2
1317     1 CONTINUE
1318 C crop and soil values if crop not very small
1319     WDSS = FUWRED(WDLV,ALV,PLHT,WDSAVX)
1320     RSTS = FURSC2(WDSS,1.,0.1*PLHT,0.63*PLHT)
1321     RSTL = FURSC2(WDSADX,ALV,PLHT,ZREF)
1322     RSBS = 0.93*185.*1.*SQRT(CLHT/WDSS + 1.E-10)
1323     RSBL = 0.93*185.*0.5*SQRT(WDLV/WDSADX)
1324     2 CONTINUE
1325     RETURN
1326     END
1327
1328 ENDJOB
1329 _

```

APÊNDICE 2

ALV(I)	area leaves (initial) plus photosynthetic active stems	ha/ha
ALVT	area of leaves	ha/ha
ANRUP	annual rubber yield	kg/ha/annum
CACCR	carbohydrates available for growth of crop after rubber biosynthesis	kg/ha/d
CAGCRT	total carbohydrates available for growth and rubber production	kg/ha/d
CAGLV	carbohydrates available for growth of leaves	kg/ha/d
CAGRT	carbohydrates available for growth of roots	kg/ha/d
CAGSS	carbohydrates available for growth of shoot plus storage organ	kg/ha/d
CAGST	carbohydrates available for growth of stems	kg/ha/d
CALVT	relation of relative fraction of CAGLV to DS	-
CASST	relation of relative fraction of CAGSS to DS	-
CASTT	relation of relative fraction of CAGST to DS	-
CKCFL	sum of carbon fluxes into and out of the crop	kg C/ha

CKCIN	carbon in the crop accumulated since simulation started	kg C/ha
CKCRD	difference between carbon added to the crop since beginning of simulation and the net total of carbon fluxes, relative to their sum	-
CKWFL	total of water fluxes into and out of soil layers	m ³ /ha
CKWRD	relative difference between two water balance computations	-
CO2E	CO ₂ concentration ambient air	vpm
CO2I	CO ₂ concentration in stomatal cavity	vpm
CPGLV	CO ₂ production during glucose transformation into leaf biomass	kg CO ₂ /kg biomass
CPGRT	CO ₂ production during formation of roots	kg/kg
CPGST	CO ₂ production during formation of stems	kg/kg
CPGRU	CO ₂ production during formation of latex	kg/kg
CRGLV	relative carbohydrates requirements for leaf growth	kg glucose/kg biomass
CRGRT	relative carbohydrates requirements for growth of roots	kg/kg

CRGRU	relative carbohydrates requirements for rubber growth	kg/kg
CRGST	relative carbohydrates requirements for growth of stems	kg/kg
DARUT	daily quantity drawn from the rubber pool	kg/ha/d
DATE	julian date	-
DATEB	julian date of beginning of simulation	-
DGIRTH	rate of increase of girth	cm/d
DLA	daylength, astronomical	h
DLP	daylength effective for photoperiodism	h
DR	development rate crop	1/d
DRC	development rate constant	1/d
DRCL	dry rubber content of the latex	%
DRCV	development rate constant in vegetative period	1/d
DRDT	relation of DRED to daylength	-
DRPT	DR after tapping	-
DRPT1	DRPT during tapping panel "A"	-
DRPT2	DRPT during tapping panel "B"	-
DRSLT	water drained from lower soil layer, totaled	mm
DRTT	relation of DRED to temperature	-
DRV	DR before tapping	1/d
DS(I)	development stage crop (initial)	-

DSLR	number of days since last rain	-
DTREE	number of dead trees during time step	-
EESL	extinction coefficient of evaporation in soil	1/m
ELV	elevation of growth site above sea level	m
EVCRD	transpiration canopy due to drying power of the air	mm/d
EVCRR	transpiration canopy due to absorbed radiation	mm/d
EVPE	evaporation according to Penman	mm/d
EVSL	evaporation rate from the soil (actual value)	mm/d
EVSL(1-NL)	EVSL for individual soil layers	mm/d
EVSLA	evaporation soil on rainy day	mm/d
EVSLC	constant to derive EVSLD	mm/d
EVSLD	potential evaporation soil due to drying power the air	mm/d
EVSLP	evaporation rate soil on raining day (potential value)	mm/d
EVSLR	potential evaporation soil due to radiation	mm/d
EVSLW	evaporation rate soil on a day without rain	mm/d
FCIR	fraction carbon in reserves	kg/kg
FCLV	fraction carbon in leaf dry matter	kg/kg

FCRT	fraction carbon in root	kg/kg
FCRU	fraction carbon in rubber	kg/kg
FCSO	fraction carbon in storage organ	kg/kg
FCST	fraction carbon in stem	kg/kg
FEV(1-3)	fraction of EVSL coming from soil layer 1-3	fraction
FIEC	ratio of CO ₂ I vs CO ₂ E	fraction
FLOW	initial latex flow rate per cm of tapping	ml/min
FRCHRA	actual fraction of carbohydrates going for rubber	fraction
FRCHRU	potential fraction of carbohydrates going for rubber	fraction
FRNOF	fraction of precipitation that is intercepted or runs off	fraction
FRTTAP	fraction of stand at tappable size	fraction
FSTR	fraction stem weight remobilizable	kg/kg biomass
FUCCHK	function to check crop carbon balance	-
FURSC1	function to compute RST in a simple manner	-
FUVP	function quantifying saturation vapour pressure curve	-
FUWRED	function quantifying wind speed at soil surface	-
FUWCHK	function to check soil water balance	-
CGR	growth rate of the crop	kg/ha/d

GIRTH(I)	average girth of the rubber stand (initial)	cm
GLA	growth rate leaf area	ha/ha/d
GLV	growth rate of leaves	kg/ha/d
GRT	growth rate of roots	kg/ha/d
GRUB	growth rate of rubber pool	kg/ha/d
GSA	photosynthetically active stem area	ha/ha
GSAR	growth rate of photosynthetically active stem area (initial)	ha/ha/d
GST	growth rate of stems	kg/ha/d
GZRT	growth rate ZRT	m/d
GZRTC	standardized value of GZRT	m/d
HUAAT	table of values of VPA during year	KPa
IDATE	integer value of DATE	-
IMP	logical variable determining frequency of tapping	-
LAT	latitude	degree
LIR	loss rate of reserves (starch)	kg/ha/d
LLA	rate of loss of leaf area	ha/ha/d
LLV	rate of loss of leaf weight	kg/ha/d
LLVA	rate of loss of leaves due to aging	kg/ha/d
LLVT	relation of relative loss rate of leaves to DVS	-
LRT	relative rate of loss of roots	kg/ha/d
LRUBPL	loss rate of rubber pool	kg/ha/d

LST	loss rate of stems	kg/ha/d
LSTR	loss rate of stem reserves	kg/ha/d
MFLV	coefficient controlling partition of carbohydrates for leaves according to DS	-
MFRT	maximum tappable fraction of rubber pool	fraction
MRUBPL	maximum size of rubber pool	kg/ha
NP TREE	number of tappable trees	trees/ha
NTREE	actual rubber stand	trees/ha
PCGA	photosynthesis canopy, gross, actual value (CO ₂)	kg/ha/d
PCGC	photosynthesis canopy, daily total gross, for clear sky	kg/ha/d
PCGD	PCGA expressed as rate per 24 h	kg/ha/d
PCGO	photosynthesis canopy, daily total gross, for overcast skies	kg/ha/d
PCGP	photosynthesis canopy, unrestricted by water shortage	kg/ha/d
PCGT	gross canopy photosynthesis, totaled over time	kg/ha
PCNLT	net photosynthesis of mature leaves totaled	kg/ha
PCNT	net canopy photosynthesis totaled over time	kg/ha

PLEA	PLEI at actual temperature	kg CO ₂ /ha/h/J/m ² /s
PLEI	initial efficiency of absorbed light by leaves at opt. temperature	as PLEA
PLETT	relation of PLEI to temperature	-
PLHT	plant height	m
PLHTT	table of PLHT vs DS	-
PLIN	clonal plugging index modified by water stress	-
PLINC	clonal plugging index	-
PLMTT	relation of PLMXP to temperature	-
PLMX	maximum rate of photosynthesis of single leaves (CO ₂) in current conditions	kg/ha/h
PLMXP	PLMX for SLC in optimal conditions	kg/ha/h
Q10	Q10 of maintenance respiration sensitivity to temperature	-
RAIN	precipitation	mm/d
RAINT	table of daily precipitation during the year	-
RCRT	respiration crop totaled (for CO ₂)	kg/ha
RDRL	RDTM relative to RDTC	fraction
RDTC	radiation, daily total global, measured above atmosphere (400-1.400 nm)	J/m ² /d

RDTREE	rate of dying trees	tree/ha/d
RDTM	radiation, daily total global, measured (400-1.400 nm)	J/m ² /d
RDTMT	table of measured daily total global radiation during year	variable
RDUCF	radiation units conversion factor	-
RGCR	gross respiration crop (CO ₂)	kg/ha/d
RGLV	gross respiration leaves	kg/ha/d
RGRT	gross respiration roots	kg/ha/d
RGRU	gross respiration of latex	kg/ha/d
RGSR	gross respiration shielded reserves	kg/ha/d
RGST	gross respiration stems	kg/ha/d
RLSR	respiration caused by remobilizatrion (loss) shielded reserves	kg/ha/d
RMCLV	maintenance respiration coefficient leaves	-
RMCR	maintenance respiration crop	kg/ha/d
MCRT	maintenance respiration coefficient roots	-
MCST	maintenance respiration coefficient stems	-
RMCT	maintenance respiration of the crop totaled	kg/ha/d
RMLV	maintenance respiration leaves	kg/ha/d
RMMA	maintenance respiration due to metabolic activity	kg/ha/d
RMRT	maintenance respiration roots	kg/ha/d
RMST	maintenance respiration stems	kg/ha/d

RSB(L,P,S,W,)	boundary layer resistance for water vapour diffusion from average leaf (L), Penman grass (P), soil (S) or free water surface (W)	s/m
RSL	leaf resistance for water vapour diffusion for average leaf	s/m
RSLM	minimum value of RSL	s/m
RST(L,P,S,W,)	resistance to diffusion for water vapour, CO ₂ and heat due to turbulence in the canopy from average leaf (L), Penman (P), soil surface (S) or free water (W)	s/m
RUBPL(I)	(rubber pool) actual rubber weight available in the rubber stand (initial)	kg/ha
RUBPLD	weight of dead rubber pool	kg/ha
RUBPRO	rubber production	kg/ha
RUBSTC	rubber content of the trunk	%
SLA	specific leaf weight, actual value	kg/ha
SLC	specific leaf weight constant	kg/ha
SLN	SLA for new leaves	kg/ha
SLT	relation of SLA to DS	-
SSC	specific stem weight constant (SLC analogy)	kg/ha
SUASTR	subroutine to compute astronomical data for photosynthesis	-

SUEVTR	subroutine to compute evaporation of soil, crop and Penman	-
SUFEVL	subroutine to compute FEVL(1-3)	-
SUPHOT	subroutine used to compute canopy photosynthesis from astronomical data	-
TAP	logical variable representing one tapping(0=no tapping, IMP=tapping)	-
TERT	effect of temperature on root water uptake	fraction
TKL(1-NL)	thickness soil layers 1-NL	m
TPAD	temperature air in daytime	degree C
TPAV	temperature air, 24h average	degree C
TPEM	temperature effect on maintenance respiration	-
TPH	table of minimum day temperature during the year	degree C
TPL	table of minimum night temperature during the year	degree C
TPR	reference temperature for maintenance respiration	degree C
TPS(I)	temperature of the soil (initial)	degree C
TRA	transpiration rate whole canopy, actual value	mm/d
TRAL(1-NL)	TRA differentiated over individual layers	mm/d

TRAT	TRA totaled over season	mm
TRP	transpiration rate whole canopy, potential value	mm/d
TRRM	transpiration rate expressed per unit root length	mm/m
TRUB	tapping rate of rubber	kg/ha/d
TTAP	accumulated number of tapping	-
VOL	volumetric fraction of trunk loaded by rubber	fraction
VPA	humidity of the air, early morning value	KPa
VPD	vapour pressure deficit, daytime average	KPa
WAR(I)	(initial) weight of available carbohydrate (glucose)	kg/ha
WARR	WAR relative to WLW	fraction
WCAD	relative volumetric soil water content when air dry	m ³ /m ³
WCFC	relative volumetric soil water content at field capacity	m ³ /m ³
WCR	weight crop, including roots	kg/ha
WCST	relative total pore space (water content at saturation)	m ³ /m ³
WCWP	relative volumetric soil water content at wilting point	m ³ /m ³

WDCL	width of soil cloth (WDLV analogue)	m
WDLV	width of leaves	m
WDS	wind speed	m/s
WCL(I) (1-NL)	relative soil water content per layer (initial)	m ³ /ha
WIR	weight increment of reserves since start, expressed as starch	kg/ha
WIRD	weight of dead reserves	kg/ha
WL(1-NL)(I)	volumetric soil water content per layer (initial)	m ³ /ha
WLFL(1-NL+1)	fluxes of water into layers 1-NL and out of layer N	mm/d/layer
WLMM	soil water content of combined soil layers	mm
WLV(I)	weight leaves (initial)	kg/ha
WLVD	weight dead leaves	kg/ha
WRS(I)	(initial) weight of shielded reserves (starch) in roots/stem	kg/ha
WRSL	change in water content soil layers during simulation period	m ³ /ha
WRT(I)	weight roots (initial)	kg/ha
WRTD	weight of dead roots	kg/ha
WSERT	relation of relative root water uptake and water stress	-
WSLMM	total water in soil profile	mm

WSS	weight shoot plus storage organs	kg/ha
WSSC	water stress sensitivity coefficient (1:low;5:high)	-
WST(I)	weight stems (initial) minus WRS contained in it	kg/ha
WSTD	weight of dead stems	kg/ha
WTOLDC	water deficit tolerance coefficient	-
WTREE	average weight of a tree	kg
WUCT	WUC totaled of season	kg/kg
ZRT(I)	rooting depth (initial)	m
ZRT(1-NL)	ZRT differentiated per layer	m
ZRTMC	maximum rooting depth, crop characteristic	m
ZRTMS	maximum rooting depth, soil characteristic	m
ZRTT	relation of rooting depth to root weigh	-