

MÁRCIO SÔNAGO

ÍNDICES AGROMETEOROLÓGICOS E A PRODUÇÃO
DE DUAS GRAMÍNEAS TROPICAIS

551.52-1
0603 m
1988
ex. 08

Tese Apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como Parte das
Exigências do Curso de Meteorolo-
gia Agrícola para Obtenção do Títu-
lo de "Magister Scientiae".

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
JANEIRO - 1988

BIBLIOTECA
DEPTO. ENG. AGRÍCOLA

Ficha catalográfica preparada pela Área de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

S698i Sônego, Márcio.
1988 Índices agrometeorológicos e a produção de duas
gramíneas tropicais. Viçosa, UFV, 1988.
61p. ilustr.

Tese (M.S.) - UFV

1. Gramíneas tropicais - Produção de matéria se-
ca - Fatores climáticos. 2. Gramíneas tropicais -
Produção de matéria seca - Modelos matemáticos. 3.
Capim-quicuío - Produção de matéria seca - Modelos
matemáticos. 4. Hemárrhia - Produção de matéria se-
ca - Modelos matemáticos. 5. Pastagens. 6. Clima-
tologia agrícola. 7. Ecofisiologia vegetal. I. Uni-
versidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 18.ed.: 633.200913

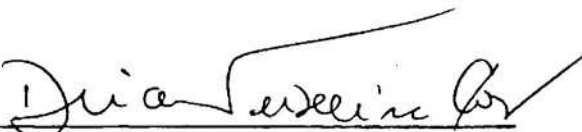
CDD 19.ed.: 633.200913

MÁRCIO SÔNEGO

ÍNDICES AGROMETEOROLÓGICOS E A PRODUÇÃO
DE DUAS GRAMÍNEAS TROPICAIS

Tese Apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como Parte das
Exigências do Curso de Meteorolo-
gia Agrícola para Obtenção do Títu-
lo de "Magister Scientiae".

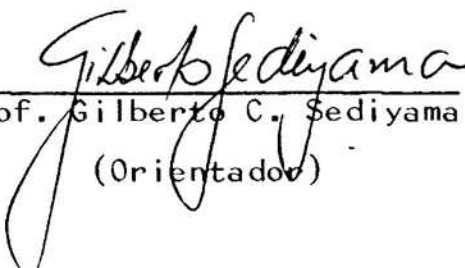
APROVADA: 03 de agosto de 1987


Prof. Dirceu Teixeira Coelho
(Conselheiro)


Prof. Helio Alves Vieira


Prof. Roberto Maciel Cardoso


Prof. Celestino Aspiazu


Prof. Gilberto C. Sedyama
(Orientador)

À Adriana, minha esposa,
A Mário e Iraydes, meus pais,
À minha família.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, por intermédio do Departamento de Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências Agrárias, pela oportunidade de realizar este Curso.

À Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária S.A., pelo auxílio financeiro e científico.

À CAPES-PICD, pela bolsa de estudos oferecida através da Associação Catarinense das Fundações Educacionais.

Ao Professor Gilberto Chohaku Sedyama, pelo incentivo, pela orientação segura e, acima de tudo, pela amizade sincera.

Aos Professores Dirceu Teixeira Coelho, Rubens Leite Vianello, Celestino Aspiazu, Hélio Alves Vieira e Roberto Maciel Cardoso, pelo apoio e pelo interesse.

Aos Pesquisadores da EMPASC Dieter Brandes e Edison Azambuja Gomes de Freitas, pela gentileza no fornecimento dos dados de suas pesquisas.

Aos Pesquisadores da EMPASC Hugo José Braga, Roque Paulo Kreutz e Névio João Nuernberg, pela constante colaboração.

Aos colegas do Curso de Meteorologia Agrícola, pela amizade e convívio íntegros.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, pela amizade.

Ao Sr. José Antônio Teodoro da Costa, pela composição da tese.

A todos que, direta ou indiretamente, estiveram presentes na execução deste trabalho.

BIOGRAFIA

MÁRCIO SÔNEGO, filho de Mário Sônego e de Iraydes Antônia Smânia Sônego, nasceu em Criciúma, Estado de Santa Catarina, em 09 de fevereiro de 1961.

Em outubro de 1984, graduou-se Engenheiro-Agrônomo pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Em fevereiro de 1985, ingressou na Pós-Graduação no Curso de Meteorologia Agrícola, a nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa.

Em agosto de 1987, foi contratado pela Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária S.A. (EMPASC).

CONTEÚDO

	Página
EXTRATO.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
3.1. Clima.....	12
3.2. Produção de Matéria Seca do Capim-Quicuío.....	14
3.3. Produção de Matéria Seca da Hemátria.....	16
3.4. Registros Meteorológicos.....	18
3.4.1. Temperatura Média do Ar.....	19
3.4.2. Umidade Relativa do Ar Média Diária...	19
3.4.3. Precipitação Pluvial Total Diária.....	20
3.4.4. Total Diário de Insolação.....	20
3.4.5. Velocidade Média Diária do Vento.....	20
3.5. Índice de Crescimento de Fitzpatrick e Nix	21
3.5.1. Índice de Luz.....	21
3.5.2. Índice de Temperatura.....	23
3.5.3. Índice de Umidade no Solo.....	25
3.6. Função-Temperatura.....	29

	Página
3.7. Correlações e Equações de Regressão.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1. Produção de Matéria Seca e Índices Agrome- teorológicos.....	33
4.1.1. Produção de Matéria Seca.....	33
4.1.2. Índice de Luz.....	39
4.1.3. Índice de Temperatura.....	40
4.1.4. Índice de Umidade no Solo.....	40
4.1.5. Função-Temperatura.....	41
4.1.6. Índice de Crescimento.....	41
4.1.7. Função de Crescimento.....	42
4.2. Coeficientes de Correlação.....	42
4.3. Equações de Regressão.....	45
4.4. Produções Observadas e Estimadas pelos Modelos.....	48
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	52
BIBLIOGRAFIA.....	57

EXTRATO

SÔNEGO, Márcio, M.S., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 1988. Índices Agrometeorológicos e a Produção de Duas Gramíneas Tropicais. Professor Orientador: Gilberto Chohaku Sedyama. Professores Conselheiros: Dirceu Teixeira Coelho e Rubens Leite Vianello.

Avaliou-se a influência da radiação solar global na superfície da temperatura do ar e da disponibilidade de água no solo sobre a produção mensal de matéria seca ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) de duas gramíneas tropicais, o capim-quicuío (Pennisetum clandestinum Hochst.) e a hemátria (Hemarthria altissima (Poir.) Stapf e Hubbard), em Lages, Santa Catarina, em condições naturais, com base no modelo de Fitzpatrick e Nix.

A resposta em crescimento das duas gramíneas foi associada a três índices agrometeorológicos, de tal forma que o produto dos índices resultou em um índice de crescimento (IC), ou seja, $\text{IC} = \text{IL} \times \text{IT} \times \text{IU}$, em que IL, IT e IU são, respectivamente, os índices de luz, de temperatura e de umidade no solo.

Estabeleceu-se ainda uma função de crescimento (FC), substituindo o índice de temperatura pela função-temperatura na expressão do índice de crescimento, de tal forma que $FC = IL \times FT \times IU$, em que FT é a função-temperatura.

Os dados de produção de matéria seca do capim-qui-cujo foram obtidos na Estação Experimental da Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária S.A. (EMPASC), em Lages, e os de hemátria, na fazenda Amola Faca, a 16 km da Estação Experimental da EMPASC de Lages. O intervalo entre cortes foi de 28 dias, perfazendo um total de 13 cortes para cada gramínea.

No verão, o índice de umidade no solo apresentou-se mais correlacionado com o crescimento de ambas as gramíneas, enquanto no outono, inverno e primavera, o índice e a função-temperatura mostraram-se mais correlacionados com a produção das duas forrageiras. O índice de luz também apresentou boa correlação com o crescimento, exceto no verão.

Foram formulados modelos matemáticos para estimar a produção mensal das duas gramíneas em função dos índices agrometeorológicos. Os modelos que apresentaram melhores resultados foram equações de regressão lineares e quadráticas, envolvendo o IC ou a FC, e equações de regressão múltiplas, envolvendo os IL, IT e IU ou os IL, FT e IU.

I. INTRODUÇÃO

A microrregião dos Campos de Lages, no Planalto Catarinense, tem a bovinocultura de corte como uma das principais atividades econômicas. Cerca de 25% do rebanho de corte do Estado de Santa Catarina é criado nesta microrregião, segundo registrou o Censo Agropecuário de 1980 (17).

O Estado de Santa Catarina importa anualmente em torno de 30% de suas necessidades de consumo interno de carne. A mudança desta situação depende, dentre outras medidas, de melhoria na alimentação do rebanho do Estado (28).

A Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária S.A. (EMPASC), através de sua Estação Experimental de Lages, vem fazendo pesquisas no sentido de melhorar os índices técnicos do rebanho bovino do Planalto Catarinense. Dentro dessa linha de pesquisa, está a avaliação qualitativa e quantitativa de forrageiras nas diversas épocas do ano, procurando melhorar a alimentação do rebanho bovino.

Sabe-se que no Planalto Catarinense as baixas temperaturas limitam a produção pastoril no inverno e que eventuais deficiências hídricas no verão podem reduzir essa

produção. Porém, não se tem um estudo detalhado sobre as relações clima-produção pastoril para essa região. Um conhecimento dos efeitos do ambiente sobre o crescimento de pastagens possibilitaria antever a produção forrageira, o que auxiliaria no planejamento da ocupação de poteiros e na prevenção das épocas com carência de pastagem natural, quando então seria ministrada alimentação suplementar ao rebanho.

Dentre os elementos do ambiente mais estudados na sua influência sobre o crescimento vegetal, estão a temperatura, a umidade do solo e a radiação solar. Além destes, outros elementos do ambiente, associados aos bióticos, interagem no crescimento das plantas. Porém, não é possível abranger todos eles em um estudo do efeito do ambiente sobre as plantas. Apesar disso, esse efeito pode ser avaliado, mesmo que de maneira grosseira, por meio dos modelos agrometeorológicos, os quais possibilitam também uma estimativa da produção vegetal. Comumente os modelos agrometeorológicos abrangem a resposta das plantas à temperatura, à umidade no solo e à radiação solar, além de algum fator tecnológico.

Em razão da importância da bovinocultura de corte no Planalto Catarinense e da escassez de pesquisas agrometeorológicas sobre crescimento estacional de pastagens nesta região, o presente estudo tem como objetivos:

. avaliar a influência dos regimes de luz, de temperatura e de umidade no solo sobre a produção de matéria seca mensal do capim-quicuío (Pennisetum clandestinum Hochst.) e da hemátria (Hemarthria altissima (Poir.) Stapf e Hubbard), em Lages, Santa Catarina, com base no modelo de FITZPATRICK e NIX (15);

. definir um modelo agrometeorológico que estime a produção de matéria seca mensal do capim-quicuío e da hemátria para Lages, Santa Catarina, com base no modelo de Fitzpatrick e Nix;

. introduzir no modelo de Fitzpatrick e Nix a função-temperatura (FT) proposta por COELHO(9), em substituição ao índice de temperatura (IT), e comparar os resultados obtidos em ambos os casos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A influência que os elementos do ambiente exercem sobre o crescimento vegetal vem sendo estudada há muito tempo. O estudo da relação clima-planta tomou caráter oficial a partir do século passado, com o surgimento das estações a groclimatológicas (2 e 31).

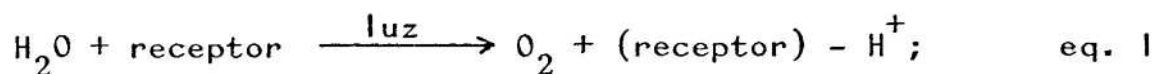
Vários autores afirmam que o centro das interações da planta com o ambiente atmosférico situa-se no processo fotossintético (8, 12 e 33).

A fotossíntese é o processo pelo qual o fluxo de energia solar é absorvido pelas plantas verdes e armazenado como energia química (33). Com o auxílio do pigmento clorofila, a energia da radiação solar é utilizada para produzir carboidratos a partir da água e do dióxido de carbono (8).

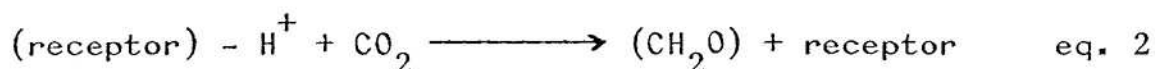
A produção de gramíneas consiste, essencialmente, da conversão, pela energia solar, do CO_2 atmosférico, dos nutrientes do solo e da água em material vegetal (12).

Segundo LOWRY (21), a fotossíntese pode ser resumida nas seguintes equações:

. reação clara:



. reação escura:



A reação clara é sensível à luz e à disponibilidade de água no solo, enquanto a reação escura depende da temperatura e da concentração de CO_2 próximo das folhas (21).

Os elementos do ambiente mais importantes influenciando o crescimento de uma pastagem são a temperatura, a luz, a água e o suprimento de nutrientes minerais (3, 11 e 15). Cowan e Milthorpe, citados por LINVILL *et alii* (20), argumentam que a arquitetura da planta e o dióxido de carbono também podem ser considerados como importantes na limitação do crescimento vegetal.

A radiação solar fornece a energia necessária para que haja a redução do dióxido de carbono, promovendo, assim, o crescimento da planta (8).

O efeito da energia solar sobre o crescimento da planta está relacionado a sua intensidade e duração (8, 11, 12, 19, 21 e 33). Assim é que as gramíneas tropicais apresentam aumento na taxa fotossintética até que a intensidade luminosa atinja 60.000 lux ou mais (12).

Em condições de saturação luminosa e concentração de CO_2 normal, a fotossíntese e o crescimento vegetal são afetados pela temperatura, porque os processos bioquímicos são por ela limitados (8, 12 e 21).

Segundo COOPER e TAINTON (12) e LUDLOW e WILSON (22), as gramíneas tropicais apresentam crescimento ótimo a temperaturas em torno de 35°C , e paralisam o crescimento a temperaturas abaixo de 15°C .

FITZPATRICK e NIX (15) apresentam como temperatura mínima para o crescimento de gramíneas tropicais 10°C , e como ótima, 39°C , aproximadamente.

IVORY (18) encontrou que a temperatura média diária crítica para o capim-quicuí foi de 8°C .

A água não só é matéria prima para a elaboração dos carboidratos na fotossíntese como também influi sobre o grau de abertura dos estômatos. A deficiência de água no solo provoca o fechamento dos estômatos, impedindo a entrada de CO_2 para a fotossíntese (21).

Segundo STAYLER (33), a deficiência hídrica é, provavelmente, o fator singular mais importante na redução da produtividade real abaixo de níveis potenciais na Austrália.

COLMAN e O'NEILL (10) observaram que a produção herbácea e a resposta ao nitrogênio pelo capim-quicuí (Pennisetum clandestinum) foram determinadas pelo clima. O crescimento e a resposta ao nitrogênio cessaram a temperaturas médias em torno de 10°C . O crescimento diário desta gramínea acompanhou linearmente o andamento da umidade no solo e da temperatura do ar, sendo que neste último caso consideraram-se períodos sem deficiência hídrica no solo.

MURTAGH (27) concluiu que os elementos do ambiente influenciaram mais no crescimento do capim-quicuí e da setária (Setaria anceps) do que os diferentes tipos de fertilizantes nitrogenados. Tanto a temperatura quanto o potencial de umidade no solo correlacionaram-se estreitamente com a resposta das plantas à adição de nitrogênio.

CAPIEL (7) estudou o efeito de vários índices meteorológicos sobre a produção de capim-nápiar (Pennisetum purpureum) em intervalos de corte de 45 e 60 dias, durante

um ano. Também observou que a relação entre os elementos climáticos e a produção foi direta. A temperatura do ar correlacionou-se direta e significativamente com a produção da forrageira, enquanto a radiação solar e outros componentes da demanda por evapotranspiração correlacionaram-se de forma significativa somente quando houve irrigação suplementar. A regressão múltipla da produção em função de mais de um elemento meteorológico melhorou significativamente a estimativa da produção em cada corte. Ainda segundo o autor supracitado, em condições tropicais o efeito da radiação solar sobre a temperatura é moderado, em grande parte, pela umidade do ar. Assim, a temperatura do ar integra-se à umidade e ao vento, contrabalançando o efeito da radiação solar no aquecimento do ar e das folhas.

SMITH e STEPHENS (30), estudando a importância da umidade do solo e da temperatura sobre o crescimento de pastagens temperadas no Sul da Austrália, concluíram que a temperatura foi mais influente no inverno, e a umidade do solo, no resto do ano, em um período de dois anos de experimento. Projetando o estudo para uma série de anos, observaram que a umidade do solo, mais do que a temperatura do ar, teve maior contribuição na variação do crescimento das pastagens durante esses anos. Estes autores ressaltam que esse tipo de estudo é muito importante do ponto de vista econômico, pois, mesmo que se fossem aplicadas altas doses de fertilizantes nas pastagens, o crescimento real estaria abaixo do potencial nas épocas de deficiência hídrica ou de temperaturas desfavoráveis.

Face a evidente influência dos elementos climáticos sobre a produção vegetal, a meteorologia agrícola tem preocupado-se em buscar relações entre elementos climáticos e produção, mas tal é a complexidade dos efeitos dos

elementos envolvidos que respostas simples não podem ser esperadas, senão resultados aproximados com aplicações estritamente locais (29).

Na derivação de modelos de crescimento de culturas, três elementos do ambiente têm recebido atenção especial: a temperatura, a radiação e a umidade do solo. Em climas continentais, a temperatura e a radiação estão altamente correlacionadas, tal que o uso da temperatura implica no uso da radiação solar como fator influente no crescimento vegetal. O crescimento pode ser lento ou até não existir, em ausência de adequada umidade no solo. Assim, a consideração de um fator energia deve ser associada ao teor de umidade no solo (29).

WIGHT e HANKS (35) estimaram o crescimento de pastagens perenes no Norte dos Estados Unidos em função apenas da razão entre transpiração real e potencial. As produtividades estimadas pelo modelo estiveram dentro da diferença de 10% daquela medida no campo, para 12 dos 15 anos testados. WIGHT e HANKS (35) concluíram que o modelo não teve versatilidade para estimar o crescimento em anos com períodos secos seguidos por períodos de boa disponibilidade hídrica no solo, quando então a produção estimada esteve acima daquela observada em até 30%.

HART e BURTON (16) encontraram equações de regressão lineares para estimar a produção forrageira de aveia, centeio e trigo, em função da precipitação, temperatura e radiação acumuladas nos meses de inverno, na costa Sul dos Estados Unidos, em oito anos de experimento. As produções apresentaram correlações negativas com a radiação solar, o que, segundo os autores, deveu-se à relação inversa entre precipitação e radiação solar. Os melhores coeficientes de correlação foram obtidos com equações de regressão

múltipla, levando em conta, além dos três elementos climáticos, a data de corte das forrageiras.

FITZPATRICK e NIX (15) desenvolveram um modelo de crescimento de pastagens, no qual define-se um índice de crescimento como sendo o resultado da multiplicação de três outros índices: de luz, de temperatura e de umidade no solo. Cada um destes índices reflete a resposta em crescimento relativo da pastagem a um certo elemento do ambiente. Com este modelo, fez-se uma caracterização de ambientes pastoris na Austrália, em termos de respostas biológicas aos regimes de radiação, de temperatura do ar e de umidade no solo.

SMITH e STEPHENS (30), utilizando o modelo de Fitzpatrick e Nix, estimaram a produção anual de pastagens na Austrália, para vários anos, encontrando boa aproximação com os valores observados.

CAPIEL (7) estimou a produção de capim-napier com respeito às temperaturas mínima e máxima e radiação solar, em Porto Rico, encontrando um coeficiente de determinação de 0,97 para a equação de regressão múltipla, em períodos de corte de 60 dias. O elemento umidade do solo não foi considerado, porque o experimento foi conduzido com irrigação suplementar.

COLMAN e O'NEILL (10) estimaram o crescimento diário do capim-quicuío em função da umidade disponível no solo, encontrando uma equação de regressão linear com um coeficiente de determinação de 0,72, com alta aplicação de nitrogênio, no Sul da Austrália. Quando a relação entre as evapotranspirações real e potencial era maior que 0,95, eles definiram uma equação de regressão linear do crescimento diário em função da temperatura média, obtendo um coeficiente de determinação de 0,76, com alta aplicação de nitrogênio.

MOTA et alii (23) estimaram o crescimento de pastagens naturais no Rio Grande do Sul com base no modelo de Fitzpatrick e Nix. A equação de regressão da produção pastoril em função do índice de crescimento foi do tipo exponencial, com coeficiente de determinação de 0,36.

Num trabalho posterior, MOTA e MAIA (25), baseando-se também no modelo de Fitzpatrick e Nix, estabeleceram uma equação de regressão da produção de pastagens naturais no Rio Grande do Sul em função do índice de crescimento. A equação de regressão foi do tipo linear, apresentando um coeficiente de determinação de 0,66. Estes autores concluíram que o modelo é apropriado para os períodos de primavera, verão e início de outono, sendo no inverno o erro de estimativa muito grande.

MOTA e VERONA (26) estabeleceram uma nova equação de regressão da produção de pastagens naturais no Rio Grande do Sul, em função do índice de crescimento de Fitzpatrick e Nix. Os ajustes que apresentaram melhores resultados foram curvas parabólicas, com um coeficiente de determinação de 0,86. Com base neste estudo, a Central de Alerta Agrometeorológico do Sul (24) difunde, diariamente, aos pecuaristas as quantidades de feno e a lotação das pastagens nativas de acordo com as condições meteorológicas em tempo real.

Desenvolvendo um modelo para estimar as taxas de crescimento de dois capins tropicais, colômbio (Panicum maximum) e pangola, de Taiwan (Digitaria pentzii), em Nova Odessa, São Paulo, SOTO (32) encontrou coeficientes de determinação de 0,86 e 0,92 para os capins colômbio e pangola, respectivamente. O modelo foi definido em função de um parâmetro climático ajustável, o qual é o resultado do produto de graus-dia médio, de um fator hídrico e de outro de ajuste, em função do fotoperíodo.

Apesar das pesquisas realizadas com pastagens na região do Planalto Catarinense, não existe uma que relacione a produção forrageira com os elementos do ambiente. Um modelo agrometeorológico que estime a produção forrageira para a região possibilitaria melhor orientação no manejo de pastagens, indicando também possíveis épocas de carência de pasto natural.

TCACENCO (34) observou que a hemátrria (Hemarthria altissima), cultivar Flórida 36-1863, apresentou resistência da folhagem à queima por frio ou geada, conservando as folhas verdes durante o outono/inverno, em Lages, Santa Catarina. As condições climáticas, no final do verão, foram mais favoráveis ao crescimento da gramínea do que aquelas observadas no início do outono. Temperaturas médias mais altas favoreceram o crescimento, enquanto a deficiência hídrica no solo contribuiu para baixa produção forrageira.

BRANDES (6), trabalhando com o capim-quicuío em Lages, Santa Catarina, em condições naturais, observou produções relativas de 34 a 51% no verão, de nove a 16% no inverno, de 24 a 31% na primavera e de 15 a 24% no outono.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Clima

O experimento com o capim-quicuío (Pennisetum clandestinum Hochst.) foi realizado na Estação Experimental da EMPASC de Lages, Santa Catarina, e o da hemátria (Hemarthria altissima (Poir.) Stapf e Hubbard) foi conduzido na Fazenda Amola Faca, a 16 km da Estação Experimental da EMPASC de Lages.

A Estação Experimental da EMPASC de Lages tem as seguintes coordenadas geográficas: latitude de 27°49'S, longitude de 50°20'W e altitude de 927 m.

O tipo climático na classificação de Köppen é Cfb, ou seja, temperado propriamente dito. No Quadro I estão listados os dados normais das temperaturas máximas, mínimas e médias mensais, das precipitações totais mensais e da radiação global na superfície (médias mensais), para Lages.

A menor temperatura média mensal ocorre em julho, e a maior, em janeiro. As precipitações são bem distribuídas durante todo o ano, tendo 29% ocorrido no verão, 22% no

QUADRO 1 - Dados Normais das Temperaturas Máximas e Mínimas e Médias Mensais das Precipitações Totais Mensais e da Radiação Solar Global na Superfície (Médias Mensais), para Lages, Santa Catarina (1931-1960)

Elemento	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano
<u>Climático</u>													
Temp. média das máx. (°C)	27,0	26,3	25,1	21,8	19,1	17,4	17,1	18,9	19,7	21,3	23,7	25,9	21,9
Temp. média das mín. (°C)	15,9	15,8	14,7	11,8	9,1	7,4	6,5	7,7	9,7	11,5	12,6	14,4	11,4
Temp. média (°C)	20,4	20,1	18,9	16,0	13,2	11,5	10,9	12,3	13,9	15,6	17,4	19,3	15,8
Prec. total (mm)	142,9	134,7	108,9	100,5	97,3	95,7	88,3	126,8	132,6	142,2	97,8	116,8	1384,5
Radiação global (cal cm ⁻² dia ⁻¹)	522	475	309	250	206	159	171	206	291	367	433	536	327

inverno e 27% na primavera. Por sua vez, a menor média mensal da radiação global na superfície ocorre no mês de junho, e a maior, no mês de dezembro (Quadro 1).

A Figura 1 ilustra a percentagem de ocorrência de excessos, equilíbrios e deficiências para o solo de Lages, em 20 anos, considerando uma capacidade de retenção de água no solo de 100 mm, conforme ALTHOFF (1), baseado no método do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather. Segundo ALTHOFF (1), o verão (dezembro e janeiro) é a estação com maiores deficiências hídricas em Lages, tendo a primavera (outubro e novembro), outono e inverno problemas com seca, porém, com menor gravidade do que na estação quente.

3.2. Produção de Matéria Seca do Capim-Quicuí

Os dados de produção de matéria seca do capim-quicuí foram obtidos de um experimento de campo realizado por BRANDES e FREITAS ^{1/}, na Estação Experimental da EMPASC de Lages, Santa Catarina.

Mediu-se, com auxílio de quatro gaiolas, excluídas por tratamento, o crescimento do capim-quicuí de duas, quatro, oito e 12 semanas de crescimento, em potes já estabelecidos e utilizados normalmente com bovinos, durante os anos de 1977 a 1981.

No presente estudo considerou-se apenas os cortes efetuados a cada quatro semanas, no período de 27/12/1979 a 22/12/1980, num total de 13 cortes. A densidade de plantas cobria completamente o solo.

^{1/} Comunicação Pessoal.

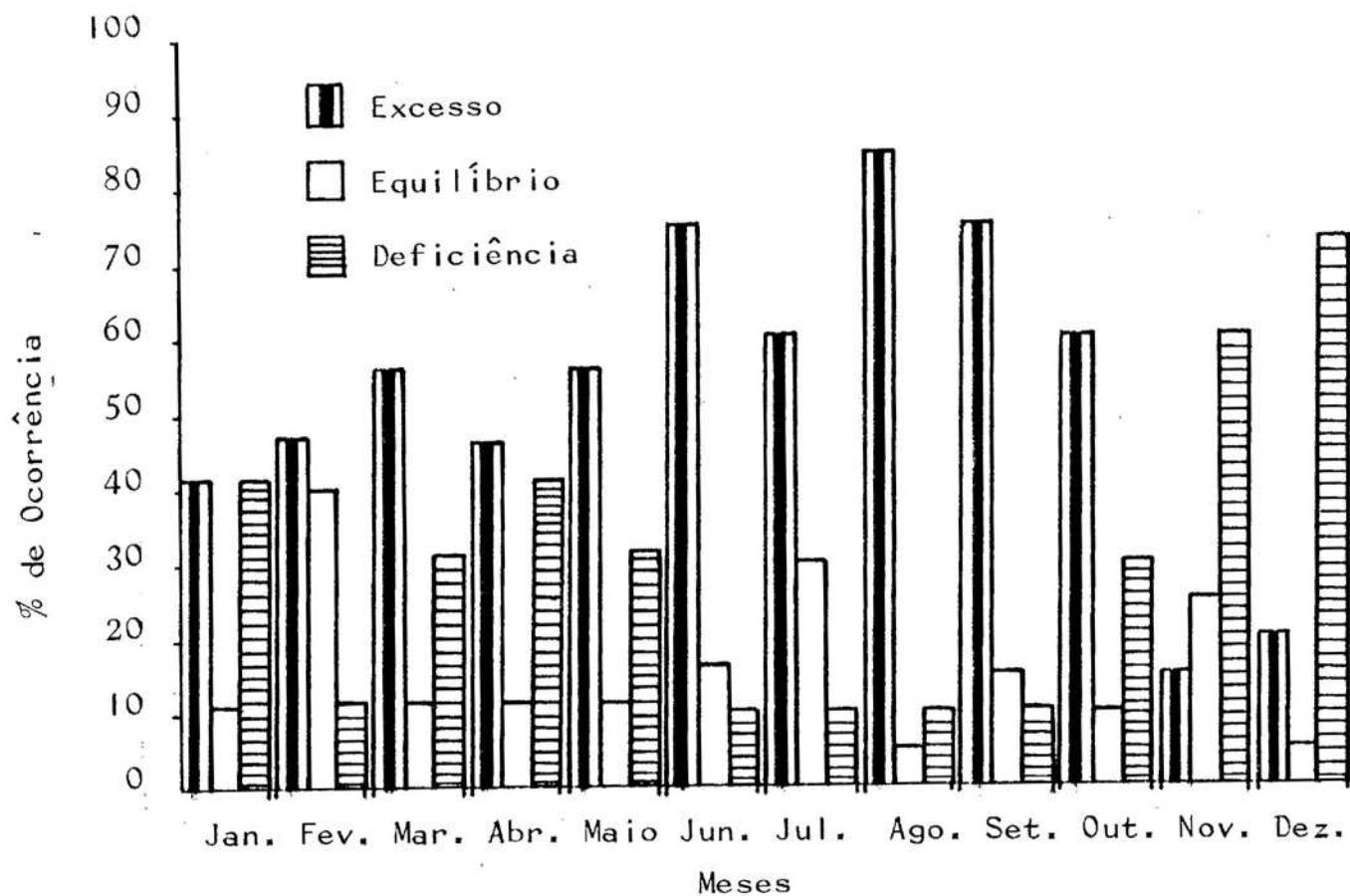


FIGURA 1 - Percentagem de Ocorrência de Excessos, Equilíbrios e Deficiências Hídricas, para Lages, Santa Catarina, para 20 Anos, Segundo ALTHOFF(1) (Capacidade de Retenção de Água no Solo = 100 mm).

Os cortes foram feitos com tesoura manual, a 1,5 cm de altura, sendo colhida uma área útil de 1 m^2 por gaiola (repetição), num total de quatro repetições. O material foi secado em estufa de circulação de ar forçada, a 60°C , durante 72 horas. A média da matéria seca obtida nas quatro repetições foi extrapolada para $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

O solo é um Cambissol Distrófico Álico, de origem sedimentar, pertencente à unidade de mapeamento Lages. Algumas características químicas e físicas desse solo são apresentadas no Quadro 2.

O solo não recebeu adubação inicial, nem mesmo de manutenção, sendo os animais mantidos no potreino durante todo o experimento.

3.3. Produção de Matéria Seca da Hemátria

Os dados de produção de matéria seca da hemátria foram obtidos de um experimento de campo realizado por BRANDES e FREITAS ^{1/}, na Fazenda Amola Faca, a 16 km da sede da Estação Experimental da EMPASC de Lages, Santa Catarina. Foi utilizado o cultivar Flórida 36-1863.

O relvado foi instalado em fins de novembro de 1981, em solo arado e gradeado, após receber $6 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ de calcário e adubação de $300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ da fórmula 10-30-10. Após cada corte, foi feita uma adubação de manutenção com nitrogênio na forma de uréia.

Mediu-se a produção de matéria seca para cortes com altura de quatro e 10 cm, com intervalos entre cortes de quatro, seis e oito semanas, durante os anos de 1982 a 1986.

^{1/} Comunicação Pessoal.

QUADRO 2 - Algumas Características Químicas e Físicas do Solo onde Foi Cultivado o Capim-Quicuo

Características Químicas		Características Físicas	
pH (H ₂ O)	5,3	Capacidade de Reten- ção de Água a 1/3 atm	24,1%
P	31,0 ppm		
K	173,0 ppm	Capacidade de Reten- ção de Água a 15 atm	14,8%
Matéria Orgânica	4,7%		
Al	0,7 me/100 g		
Ca + Mg	7,5 me/100 g	Densidade Aparente	1,38 g cm ⁻³

No presente estudo considerou-se apenas os cortes de quatro semanas, com altura de 4 cm, no período de 8/3/84 a 6/3/85, num total de 13 cortes. A densidade de plantas cobria completamente o solo.

Os cortes foram feitos com uma segadora de 1,4 m de largura, sendo colhida uma área útil de 3,90 m² por repetição, num total de cinco repetições. O material foi secado em estufa de circulação de ar forçada, a 60°C, durante 72 horas. A média de matéria seca obtida nas cinco repetições foi extrapolada para kg . ha⁻¹.

O solo é um Latossolo Bruno-Húmico Distrófico Álico, com textura muito argilosa, relevo ondulado, de substrato basáltico, pertencente à unidade de mapeamento Vacaria. Algumas características químicas e físicas desse solo são apresentadas no Quadro 3.

3.4. Registros Meteorológicos

Os dados meteorológicos foram tomados na Estação Agroclimatológica de Lages, situada na própria Estação Experimental da EMPASC, com excessão da precipitação pluvial e da temperatura do ar, que no experimento da hemátria foram tomados na Fazenda Amola Faca, a 16 Km da sede da Estação Experimental da EMPASC de Lages.

Os instrumentos e as metodologias empregados nas observações meteorológicas são descritos por BRAGA et alii (5).

3.4.1. Temperatura Média do Ar

Calculada pela expressão:

$$t_m = \frac{t_9 + t_{\text{máx.}} + t_{\text{mín.}} + 2.(t_{21})}{5} \quad \text{eq. 3}$$

em que:

t_m = temperatura média do ar diária, °C;

t_9 e t_{21} = temperatura do ar às nove e 21 horas, respectivamente, determinada pelo bulbo seco do psicrômetro comum, °C;

$t_{\text{máx.}}$ = temperatura máxima do ar, determinada pelo termômetro de máxima, °C;

$t_{\text{mín.}}$ = temperatura mínima do ar, determinada pelo termômetro de mínima, °C.

Na Fazenda Amola Faca, a temperatura média foi assim calculada:

$$t_m = \frac{\sum t_i}{12}, \quad \text{eq. 4}$$

em que:

t_i = temperatura do ar cotada de duas em duas horas, no diagrama do termoigrógrafo, °C.

3.4.2. Umidade Relativa do Ar Média Diária

Os registros da umidade relativa do ar média diária não foram considerados no presente estudo, pois, praticamente, o seu valor foi sempre superior a 70% para os locais do

experimento. Segundo os dados normais de umidade relativa do ar média mensal, houve variação de 73,6% em dezembro a 83,6% em junho, tendo um valor médio anual de 79,8%.

3.4.3. Precipitação Pluvial Total Diária

Obtida do pluviômetro tipo Ville, de Paris:

$$P_{total} = P_{15a} + P_{21a} + P_{9d'} \quad \text{eq. 5}$$

em que:

- P_{total} = precipitação total acumulada no dia, mm;
- P_{15a} = precipitações acumuladas entre as 9 e as 15 horas do dia anterior, mm;
- P_{21a} = precipitações acumuladas entre as 15 e as 21 horas do dia anterior, mm;
- P_{9d} = precipitações acumuladas entre as 21 horas do dia anterior e as 9 horas do dia, mm.

3.4.4. Total Diário de Insolação

Os dados de insolação diária foram obtidos da cotação dos diagramas do heliógrafo tipo Campbell-Stokes.

3.4.5. Velocidade Média Diária do Vento

Observada por catavento tipo Wild, a 10 m de altura:

$$V = \frac{V_9 + V_{15} + V_{21}}{3}, \quad \text{eq. 6}$$

em que:

V = velocidade média diária do vento, $m \cdot s^{-1}$;
 V_9, V_{15} e V_{21} = velocidade do vento às 9, 15 e 21 horas,
 $m \cdot s^{-1}$.

3.5. Índice de Crescimento de Fitzpatrick e Nix

Para avaliar o efeito da radiação solar global na superfície da temperatura do ar e da disponibilidade de água no solo sobre a produção do capim-quicuío e da hemátria, utilizou-se o modelo de Fitzpatrick e Nix, o qual é definido por um índice de crescimento determinado pelo seguinte produto:

$$IC = IL \cdot IT \cdot IU, \quad \text{eq. 7}$$

em que:

IC = índice de crescimento;

IL = índice de luz;

IT = índice de temperatura;

IU = índice de umidade no solo.

3.5.1. Índice de Luz

FITZPATRICK e NIX (15) relacionaram a produção de matéria seca fracional e a radiação solar global diária, assumindo um dossel pastoril com índice de área foliar igual

a cinco ($IAF = 5$). A Figura 2 é a representação gráfica do índice de luz, cuja equação está na forma exponencial:

$$IL = 1,0 - \exp(-0,0047 Q_g), \quad \text{eq. 8}$$

em que:

$$Q_g = \text{radiação solar global à superfície,} \\ \text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}.$$

O valor de Q_g foi estimado pela equação:

$$Q_g = Q_o \left(a + b \frac{n}{N} \right), \quad \text{eq. 9}$$

em que:

$$Q_o = \text{radiação solar no topo da atmosfera,} \\ \text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1};$$

a e b = parâmetros regionais, sendo os valores calculados por BRAGA et alii (4) para Lages, conforme mostrado no Quadro 4;

n = insolação real diária registrada pelo heliógrafo, h;

N = insolação teórica diária, h.

QUADRO 4 - Parâmetros a e b , Trimestrais, da Equação 9 para Lages, Santa Catarina, Segundo BRAGA et alii(4).

Estação	a	b	r^2
Verão	0,30	0,39	0,650
Outono	0,24	0,27	0,456
Inverno	0,21	0,25	0,548
Primavera	0,23	0,41	0,715

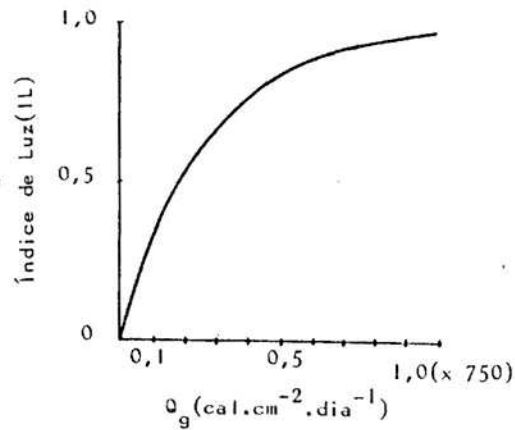


FIGURA 2 - Representação Gráfica do Índice de Luz (IL) em Função da Radiação Solar Global na Superfície (Q_g), Segundo FITZPATRICK e NIX(15).

3.5.2. Índice de Temperatura

Segundo Mitchell, Kawabe e Whiteman, citados por FITZPATRICK e NIX (15), existem distintas curvas de resposta térmica para os grandes grupos seguintes:

- (1) gramíneas e leguminosas temperadas;
- (2) leguminosas tropicais;
- (3) gramíneas tropicais.

Considerando-se uma temperatura de crescimento ótimo para cada grupo de plantas, as curvas de resposta térmica podem ser expressas matematicamente, relacionando-se a produção de matéria seca com as respectivas temperaturas acima ou abaixo daquela ótima. A Figura 3 representa a curva de resposta térmica para gramíneas tropicais, cujas equações são:

• para $t_m \leq 10,0^{\circ}\text{C}$: $IT = 0,$ eq. 10

• para $10,0^{\circ}\text{C} < t_m \leq 19,6^{\circ}\text{C}$:

$$IT = 0,139049 - 0,032001 t_m + 0,0018243 t_m^2,$$
 eq. 11

• para $19,6^{\circ}\text{C} < t_m \leq 28,8^{\circ}\text{C}$:

$$IT = -0,853771 + 0,054235 t_m,$$
 eq. 12

em que:

t_m = temperatura média do ar à sombra, $^{\circ}\text{C}$.

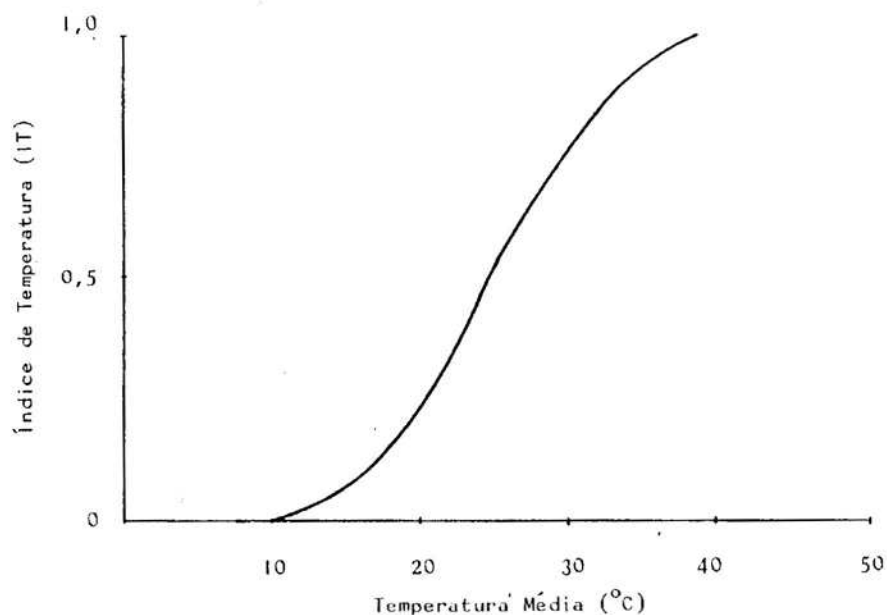


FIGURA 3 - Representação Gráfica do Índice de Temperatura (IT) em Função da Temperatura Média do Ar (t_m), Segundo FITZPATRICK e NIX(15).

No presente estudo não foram consideradas temperaturas médias diárias acima de $28,8^{\circ}\text{C}$, pois a maior temperatura média diária foi de 26°C .

3.5.3. Índice de Umidade no Solo

No modelo de Fitzpatrick e Nix, foi usada a relação entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração potencial (ETR/ETP), para derivar um escalar ambiental da resposta das pastagens, em produção de matéria seca, ao regime hídrico. Assumiu-se uma relação linear 1:1 entre a produção de matéria seca e a razão ETR/ETP. O índice de umidade pode ser escrito como:

$$IU = \frac{ETR}{ETP}, \quad \text{eq. 13}$$

em que:

ETR = evapotranspiração real, $\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1}$;

ETP = evapotranspiração potencial, $\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1}$.

A evapotranspiração potencial foi calculada pelo método de radiação, segundo DOORENBOS e PRUITT (13).

$$ETP = C \cdot (W \cdot Q_g), \quad \text{eq. 14}$$

em que:

C = fator de ajuste tabelado e dependente da umidade relativa do ar e das condições de vento diurno a 2 m de altura;

W = fator que depende da temperatura e da altitude;

Q_g = radiação solar global na superfície, $\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1}$.

Como a velocidade do vento foi determinada na altura de 10 m, fez-se a conversão dessa velocidade para a altura de 2 m, multiplicando-a por 0,77. Para encontrar a

velocidade média do vento, no período diurno, considerou-se que esta seja 1,33 vezes maior que a velocidade média diária. Assim:

$$V_2 = V_{10} \cdot 0,77 \cdot 1,33, \quad \text{eq. 15}$$

em que:

V_2 = velocidade média dos ventos diurnos a 2 m de altura, $m \cdot s^{-1}$;

V_{10} = velocidade média diária do vento a 10 m de altura, $m \cdot s^{-1}$.

No presente trabalho assumiu-se que a razão ETR/ETP relaciona-se de forma linear com o teor de umidade no solo, sendo seu valor igual à unidade quando a tensão de retenção de água no solo for de 0,3 atm (capacidade de campo), e seu valor é zero quando a tensão de retenção de água no solo for de 15,0 atm (ponto de murchamento). Tal relação pode ser escrita como:

$$K = \frac{\theta - \theta_{pm}}{\theta_{cc} - \theta_{pm}}, \quad \text{eq. 16}$$

em que:

K = coeficiente de umidade no solo, segundo EAGLEMAN (14);

θ = lâmina de água no solo, mm;

θ_{pm} = lâmina de água no solo no ponto de murchamento, correspondendo ao teor de umidade a 15 atm de tensão, mm;

θ_{cc} = lâmina de água no solo na capacidade de campo, correspondendo ao teor de umidade a 0,3 atm de tensão, mm.

Como os valores do ponto de murchamento e da capacidade de campo foram determinados em laboratório, em porcentagem de água no solo, houve necessidade de transformá-los para lâmina de água em milímetros, o que foi feito segundo as expressões:

$$\theta_{pm} = \frac{PM}{100} \cdot da \cdot H \quad \text{eq. 17}$$

$$\theta_{cc} = \frac{CC}{100} \cdot da \cdot H, \quad \text{eq. 18}$$

em que:

PM = teor de umidade no solo no ponto de murchamento, % em peso;

CC = teor de umidade no solo na capacidade de campo, % em peso;

da = densidade aparente do solo, $g \cdot cm^{-3}$;

H = altura do perfil do solo, a qual compreende, no mínimo, 80% do sistema radicular das duas gramíneas, ou seja, 600 mm.

O Quadro 5 mostra os valores de θ_{pm} e θ_{cc} para os solos onde foram cultivadas as duas gramíneas.

A evapotranspiração real foi calculada como:

$$ETR = K \cdot ETP. \quad \text{eq. 19}$$

QUADRO 5 - Valores de θ_{pm} e de θ_{cc} para os Solos onde Foram Cultivados o Capim-Quicuío e a Hemátria, Considerando uma Camada de Solo de 600 mm

Capim-Quicuío		Hemátria	
θ_{pm}	θ_{cc}	θ_{pm}	θ_{cc}
123 mm	200 mm	143 mm	203 mm

O conteúdo de umidade no solo foi determinado pelo balanço hídrico modificado a partir de EAGLEMAN (14).

$$\theta = \theta_i - ETR + PE, \quad \text{eq. 20}$$

em que:

θ = lâmina de água no solo no final do dia, mm;

θ_i = lâmina de água no solo no início do dia, que é igual à lâmina de água no final do dia anterior, mm;

ETR = evapotranspiração real, calculada pela Equação 19, mm;

PE = precipitação efetiva, mm.

O valor de θ_i para o primeiro dia do balanço hídrico foi considerado igual ao conteúdo de umidade em capacidade de campo, após um período chuvoso. Dessa maneira, considerou-se que o conteúdo de umidade no solo do capim-quicuío estava em capacidade de campo no dia 17/12/1979, após quatro dias com precipitação, totalizando 64 mm. Para o solo da hemátria, isso aconteceu no dia 1/3/1984, após seis dias com precipitação, totalizando 90 mm.

Na precipitação efetiva (PE) foi considerada apenas a altura de precipitação para que o θ atingisse a capacidade de campo. Quando θ não atingia a capacidade de campo, toda a precipitação era considerada como efetiva.

3.6. Função-Temperatura

Com o intuito de encontrar um escalar que reflita de maneira satisfatória a resposta em crescimento das gramíneas à temperatura do ar, utilizou-se também a função-temperatura descrita por COELHO (9), a qual representa a resposta da planta de milho (*Zea mays*) à temperatura do ar. A função-temperatura varia de 0 a 1, da mesma forma que os índices agrometeorológicos de FITZPATRICK e NIX (15).

No presente estudo, adaptou-se a função-temperatura para gramíneas tropicais, considerando-se que as temperaturas mínima, ótima e máxima para o crescimento dessas plantas sejam 10, 30 a 35, e 50°C, respectivamente. A Figura 4 é a representação gráfica da função-temperatura para gramíneas tropicais, expressa pelas equações:

$$\bullet \text{ para } 10^{\circ}\text{C} < t < 30^{\circ}\text{C}, \quad FT_n = \frac{t - 10}{20}; \quad \text{eq. 21}$$

$$\bullet \text{ para } 30^{\circ}\text{C} \leq t \leq 35^{\circ}\text{C}, \quad FT_n = 1; \quad \text{eq. 22}$$

$$\bullet \text{ para } 35^{\circ}\text{C} < t < 50^{\circ}\text{C}, \quad FT_n = \frac{50 - t}{15}; \quad \text{eq. 23}$$

em que:

FT_n = resposta da planta à temperatura máxima
 ($FT_{\text{máx.}}$) ou mínima ($FT_{\text{mín.}}$) do dia;
 t = temperatura máxima ou mínima do dia, para
 $FT_{\text{máx.}}$ e $FT_{\text{mín.}}$, respectivamente, °C.

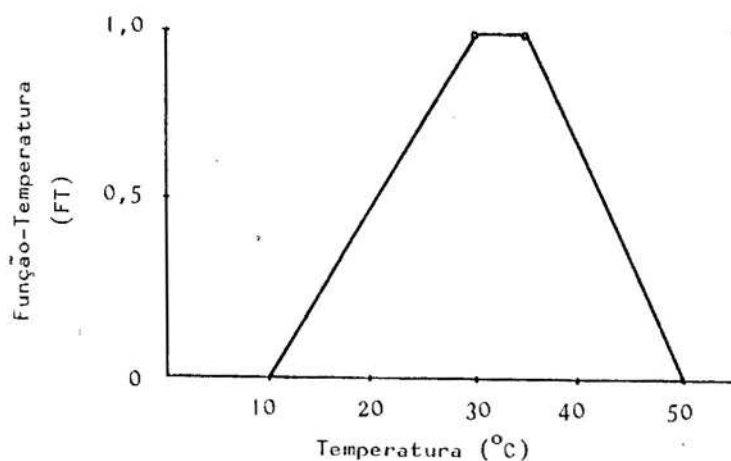


FIGURA 4 - Representação Gráfica da Função-Temperatura (FT) para Gramíneas Tropicais, em Função da Temperatura do Ar (t).

Para temperaturas abaixo de 10°C ou acima de 50°C, a função-temperatura foi considerada igual a 0.

O valor diário da função-temperatura foi estimado como:

$$FT = \frac{FT_{\text{máx.}} + FT_{\text{mín.}}}{2}, \quad \text{eq. 24}$$

em que:

FT = função-temperatura média diária;

$FT_{\text{máx.}}$ = resposta da planta à temperatura máxima do dia;

$FT_{\text{mín.}}$ = resposta da planta à temperatura mínima do dia.

Estabeleceu-se uma função de crescimento, substituindo-se na Equação 7 o índice de temperatura pela função-temperatura:

$$FC = IL \cdot FT \cdot IU, \quad \text{eq. 25}$$

em que:

FC = função de crescimento;

IL = índice de luz, calculado pela Equação 8;

FT = função-temperatura, calculada pela Equação 24;

IU = índice de umidade no solo, calculado pela Equação 13.

Compararam-se os resultados obtidos com o IC e a FC em relação ao crescimento das duas gramíneas.

3.7. Correlações e Equações de Regressão

Após a obtenção diária dos IL, IT, IU e FT e dos IC e FC foram calculados os seus valores médios para um número de dias correspondendo ao intervalo entre cortes das duas gramíneas. De posse desses valores, calculou-se o coeficiente de correlação da produção de matéria seca de cada gramínea com estes índices agrometeorológicos médios. Esse procedimento visou determinar qual a relação entre o

crescimento das forrageiras estudadas e os regimes de radiação solar global à superfície de temperatura do ar e de umidade no solo. Determinou-se, assim, qual a importância de cada um desses elementos do ambiente sobre o crescimento das duas gramíneas nas condições locais.

Determinaram-se equações de regressão nas formas linear, quadrática e múltipla da produção de matéria seca de cada gramínea, em função dos índices agrometeorológicos. Esse procedimento visou encontrar as expressões matemáticas que melhor estimassem o crescimento das duas forrageiras em função dos índices agrometeorológicos e suas combinações.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Produção de Matéria Seca e Índices Agrometeorológicos

Os valores médios das produções mensais de matéria seca ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), dos índices de luz (IL), de temperatura (IT), de umidade no solo (IU), da função temperatura (FT), do índice de crescimento (IC) e da função de crescimento (FC) são apresentados nos Quadros 6 e 7, para o capim-quicuío e para a hemátria, respectivamente. Os mesmos resultados são apresentados, graficamente, nas Figuras 5 a 8.

4.1.1. Produção de Matéria Seca

O capim-quicuío apresentou uma produção total de matéria seca de $10.325 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, com a seguinte distribuição sazonal: 41,7% no verão, 21,9% no outono, 9,6% no inverno e 26,8% na primavera. Estes resultados evidenciam que as condições climáticas ocorridas no verão favoreceram o

QUADRO 6 - Produções Mensais de Matéria Seca e os Valores do IL, IT, IU, FT, IC e FC para o Capim-Quicuí, em Lages, SC

Observação	Período	Mat. Seca (kg.ha ⁻¹)	IL	IT	IU	FT	IC	FC
01	27/12/79-21/1/80	1373	0,9171	0,1738	0,7187	0,4660	0,1146	0,3071
02	22/1 -18/2	978	0,8935	0,2454	0,5477	0,5520	0,1201	0,2701
03	19/2 -17/3	1958	0,7970	0,2374	0,9326	0,5513	0,1764	0,4098
04	18/3 -14/4	1049	0,7331	0,2373	0,6752	0,5529	0,1175	0,2737
05	15/4 -12/5	855	0,6495	0,0930	0,8709	0,3465	0,0526	0,1960
06	13/5 - 9/6	362	0,6080	0,0629	0,9026	0,3005	0,0345	0,1649
07	10/6 - 7/7	118	0,5092	0,0162	0,9182	0,1609	0,0076	0,0752
08	8/7 - 4/8	172	0,5654	0,0327	0,9467	0,2122	0,0175	0,1136
09	5/8 - 1/9	496	0,5792	0,0324	0,9524	0,2078	0,0179	0,1147
10	2/9 -29/9	201	0,7325	0,0207	0,9351	0,1845	0,0142	0,1264
11	30/9 -27/10	636	0,7637	0,0896	0,8694	0,3215	0,0595	0,2135
12	28/10 -24/11	991	0,8177	0,1220	0,8210	0,4045	0,0819	0,2716
13	25/11 -22/12	1136	0,8689	0,1875	0,8482	0,4768	0,1382	0,3514

QUADRO 7 - Produções Mensais de Matéria Seca e os Valores do IL, IT, IU, FT, IC e FC para a Hemátria, em Lages, SC

Observação	Período	Mat. Seca (kg.ha ⁻¹)	IL	IT	IU	FT	IC	FC
01	8/3/84- 4/4/84	201	0,7051	0,1339	0,8622	0,3536	0,0814	0,2149
02	5/4 - 2/5	184	0,6547	0,0666	0,8732	0,2732	0,0381	0,1562
03	3/5 -30/5	112	0,5423	0,0666	0,9458	0,2562	0,0342	0,1314
04	31/5 -27/6	27	0,4782	0,0269	0,9719	0,1625	0,0125	0,0755
05	28/6 -25/7	21	0,5156	0,0205	0,9701	0,1393	0,0102	0,0697
06	26/7 -22/8	53	0,5381	0,0096	0,9259	0,0929	0,0048	0,0463
07	23/8 -20/9	28	0,6884	0,0159	0,7709	0,1552	0,0084	0,0823
08	21/9 -17/10	186	0,7435	0,0433	0,8651	0,2250	0,0279	0,1447
09	18/10 -14/11	635	0,7833	0,2219	0,7227	0,5045	0,1256	0,2856
10	15/11 -12/12	671	0,8432	0,2417	0,8152	0,5187	0,1661	0,3566
11	13/12 - 9/1/85	616	0,9019	0,2887	0,7705	0,5768	0,2006	0,4008
12	10/1 - 6/2	243	0,9107	0,3624	0,4406	0,6545	0,1454	0,2626
13	7/2 - 6/3	640	0,8487	0,3346	0,7681	0,6214	0,2182	0,4051

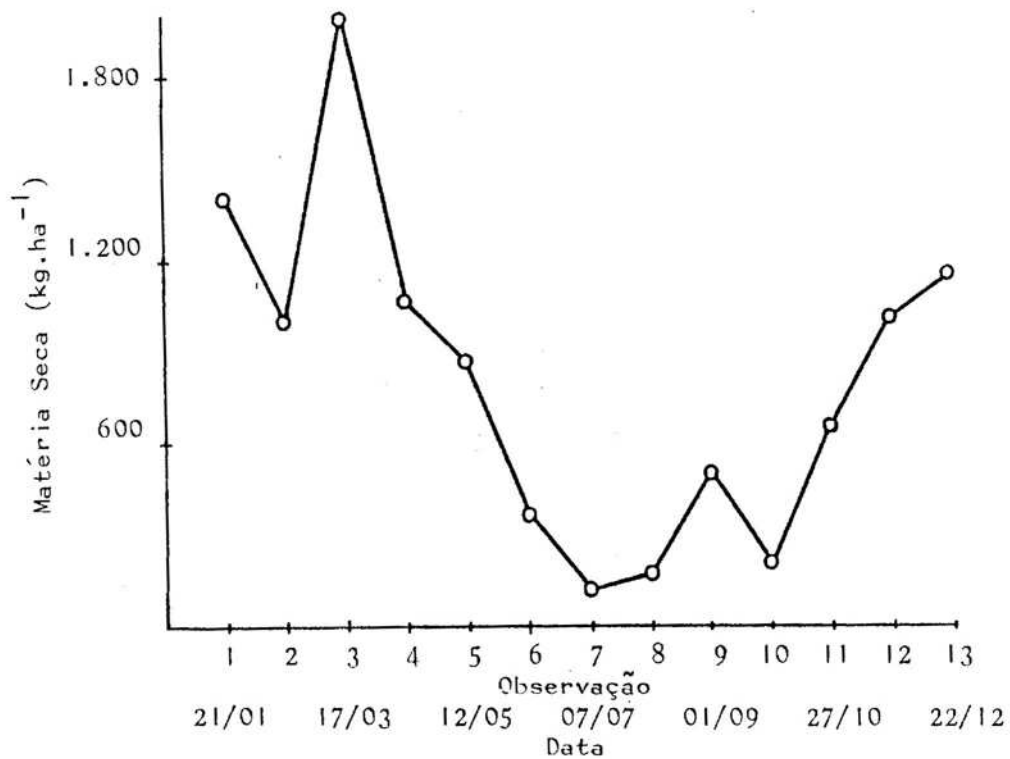


FIGURA 5 - Produção de Matéria Seca do Capim-Quicuiu, para Lages, SC.

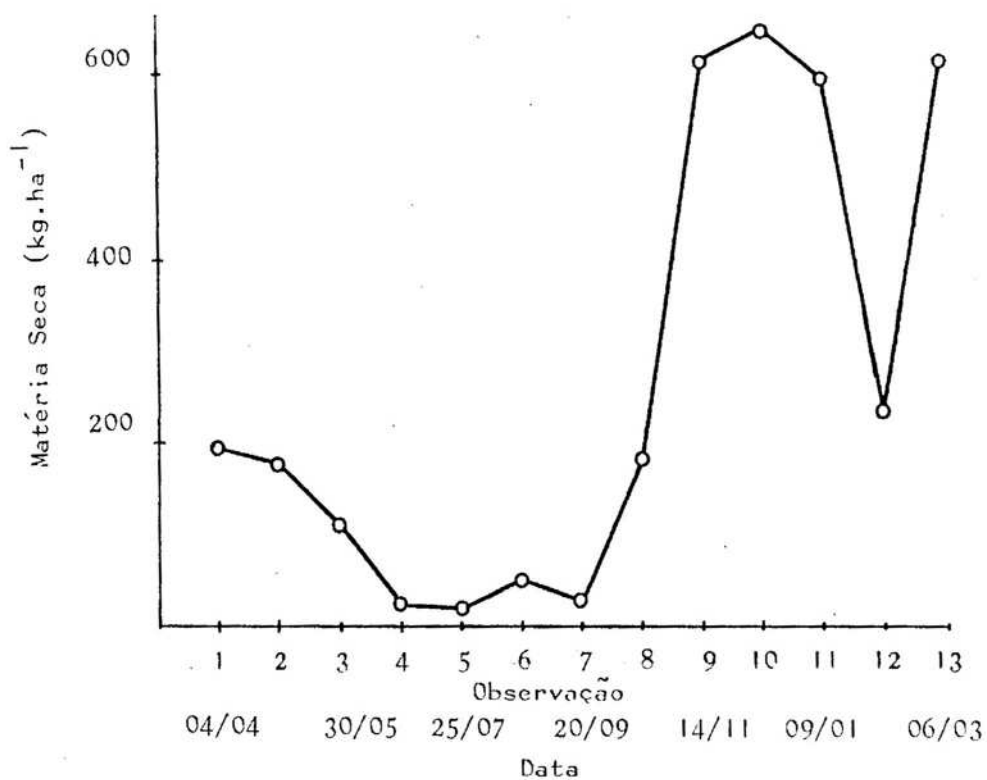


FIGURA 6 - Produção de Matéria Seca da Hemária, para Lages, SC.

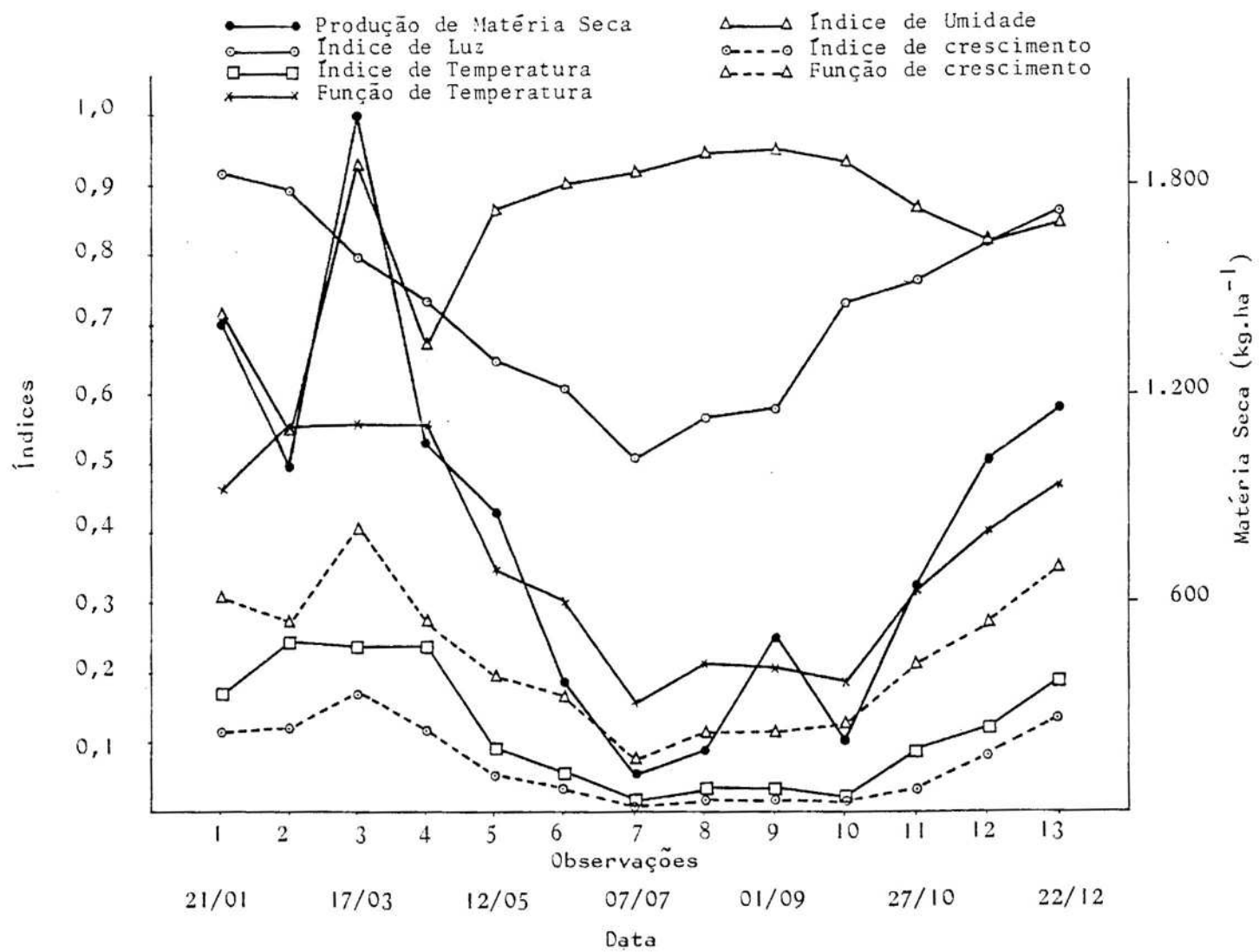


FIGURA 7 - Produção de Matéria Seca e Valores dos Índices Agrometeorológicos para o Capim-Quicuiu.

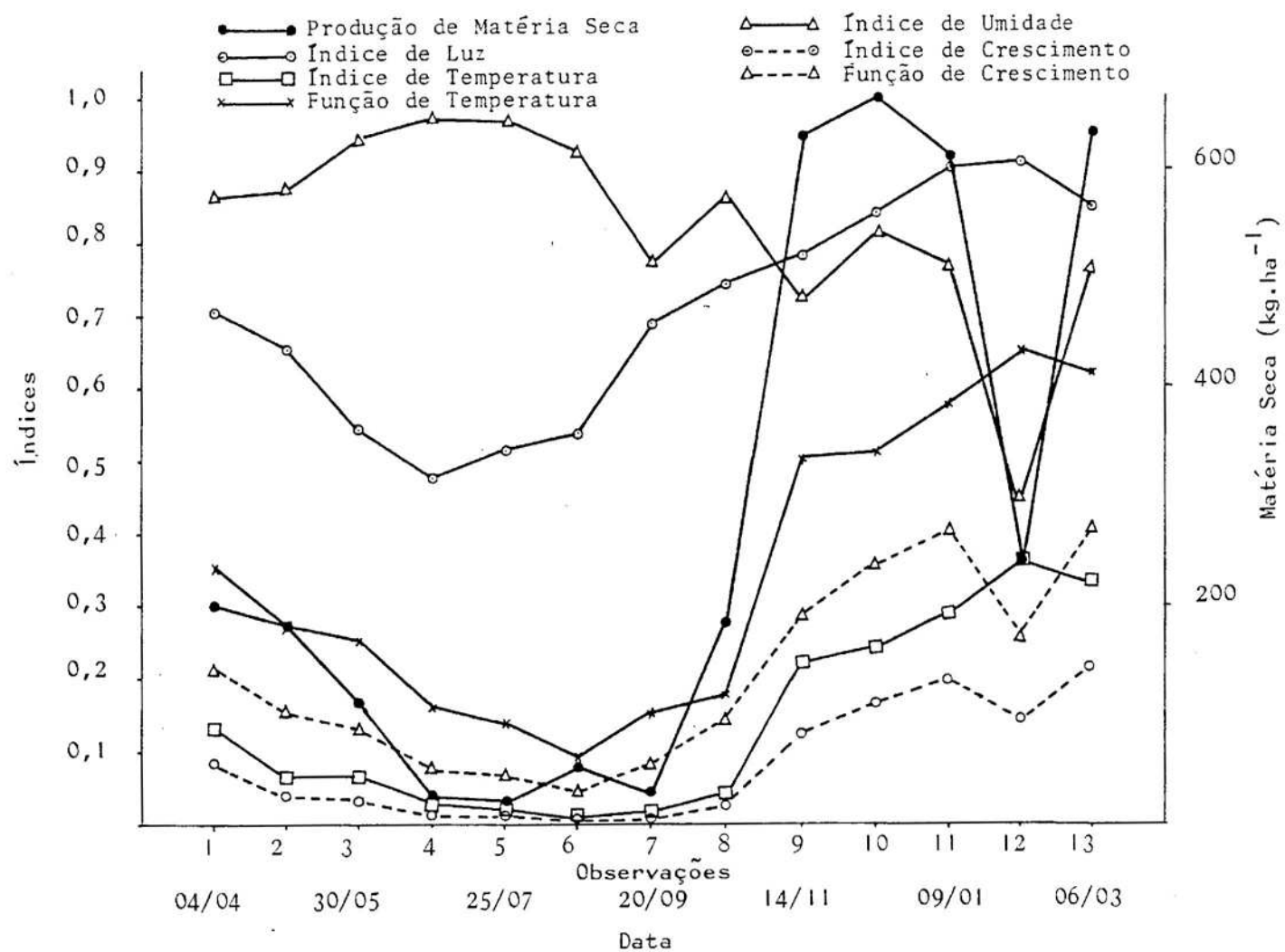


FIGURA 8 - Produção de Matéria Seca e Valores dos Índices Agrometeorológicos para a Hemátria.

crescimento desta gramínea, enquanto no inverno essas condições foram mais limitantes para o crescimento.

A hemártria apresentou uma produção total de matéria seca de $3.617 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, com a seguinte distribuição sazonal: 41,4% no verão, 14,5% no outono, 2,9% no inverno e 41,4% na primavera. Estes resultados evidenciam que as condições climáticas ocorridas no verão e na primavera favoreceram o crescimento desta gramínea, enquanto as ocorridas no inverno foram limitantes para o seu crescimento.

A produção mensal de matéria seca do capim-quicuío iniciou seu decréscimo a partir de 17/3 (final do verão), tendo seu valor mínimo em 7/7 (inverno), retomado sua ascensão após 29/9 (início da primavera). Em pleno verão observou-se queda brusca na produção de 22/1 a 18/2, o que é visto mais claramente na Figura 5.

A produção mensal de matéria seca da hemártria esteve em declínio desde o primeiro corte, em 4/4 (outono), tendo seu valor mínimo em 25/7 (inverno), retomando sua ascensão após 20/9 (início da primavera). Em pleno verão observou-se queda brusca na produção no período de 10/1 a 6/2, devido à baixa disponibilidade de água no período.

4.1.2. Índice de Luz

No experimento do capim-quicuío o IL teve seu valor mínimo de 0,5092, no período de 10/6 a 7/7, e máximo de 0,9171, no período de 27/12 a 21/01 (Quadro 6).

Para o experimento da hemártria, a mesma tendência foi observada. Com um valor mínimo de 0,4782 no período de 31/5 a 27/6, o IL alcançou valor máximo de 0,9107, no período de 10/01 a 6/2.

4.1.3. Índice de Temperatura

O IT apresentou comportamento semelhante ao IL, o que se explica pela correlação que há entre a radiação solar e a temperatura.

No experimento do capim-quicuío, o IT apresentou valor máximo de 0,2454, no período de 22/1 a 18/2, e valor mínimo de 0,0162, no período de 10/6 a 7/7.

Para a hemátria, o valor máximo foi de 0,3624, entre 10/1 e 6/2, e o mínimo de 0,0096, entre 26/7 e 22/8.

4.1.4. Índice de Umidade no Solo

Para o capim-quicuío, o IU apresentou valores altos durante quase todo o ano considerado, exceto entre 22/1 e 12/5, quando observaram-se duas quedas acentuadas no IU, uma entre 22/1 e 18/2 e a outra de 18/3 a 14/4. No período de 12/5 a 22/12, o comportamento do IU foi mais regular, apresentando leve declínio a partir de 29/9.

Para o experimento da hemátria, o IU apresentou valores altos e regulares entre 5/4 e 22/8, tornando-se mais variável a partir de então. No período de 10/1 a 6/2, o IU apresentou também queda acentuada, a exemplo do ocorrido com o experimento do capim-quicuío.

Estas informações coincidem com as apresentadas por ALTHOFF (1), o qual afirma que o verão é a estação com maiores deficiências hídricas em Lages.

4.1.5. Função-Temperatura

A FT apresentou o mesmo comportamento mostrado pelo IT para ambas as gramíneas. Seus valores, porém, foram sempre maiores do que os de IT. Isto é explicado pela consideração de que a temperatura ótima para o crescimento de gramíneas tropicais é de 30 a 35°C na definição da FT, enquanto para o IT isso ocorre em torno dos 39°C.

4.1.6. Índice de Crescimento

Para ambas as gramíneas, o IC apresentou maiores valores no verão e menores valores no inverno. Isso deve-se aos baixos valores do IL e do IT no inverno.

Para o capim-quicuío, o IC variou de 0,1764, entre 19/2 e 17/3, a 0,0076, entre 10/6 e 7/7. O valor máximo foi encontrado logo após um período de seca, quando o IU retomou valores altos e IL e IT também eram elevados. Portanto, o valor máximo foi mais dependente do IU do que do IL ou do IT. Por sua vez, o valor mínimo foi mais dependente do IL e do IT, já que no inverno o IU manteve-se sempre elevado.

Para a hemátria, o IC variou de 0,2182, entre 7/2 e 6/3, a 0,0048, entre 26/7 e 22/8. Como no caso do quicuío, o valor máximo foi mais dependente do IU do que do IL ou do IT, pois ocorreu após um período seco. O menor valor do IC foi mais dependente do IT do que do IL, enquanto o IU mantinha-se alto.

4.1.7. Função de Crescimento

Como a FC é uma variante do IC, em que se substituiu o IT pela FT, o comportamento da FC foi semelhante ao do IC, valendo-lhe as mesmas considerações. Porém, como a FT apresentou maiores valores do que o IT, da mesma maneira a FC apresentou maiores valores em relação ao IC.

4.2. Coefficientes de Correlação

O Quadro 8 mostra os coeficientes de correlação (r) do crescimento em produção mensal de matéria seca das duas gramíneas e cada um dos índices agrometeorológicos e suas combinações.

Tanto para o capim-quicuí quanto para a hemátria, os índices individuais que apresentaram os maiores valores de r com o crescimento foram, em ordem decrescente, a FT, o IT, o IL e o IU.

Isso deveu-se, basicamente, às baixas temperaturas médias que freqüentemente atingiram valores inferiores a 15 °C, que, segundo COOPER e TAINTON (12) e LUDLOW e WILSON (22), é a temperatura mínima para o crescimento de gramíneas tropicais. Conforme o Quadro 1, é normal que isso aconteça nos meses de maio a setembro.

Apenas o IU apresentou correlação negativa com o crescimento, o que é explicado pelo baixo rendimento das duas gramíneas nas épocas mais frias do ano, apesar de existir boa disponibilidade hídrica no solo (Figuras 7 e 8).

A FT apresentou maior r com o crescimento do que o IT, mostrando sua eficiência e a possibilidade de uso no

QUADRO 8 - Coeficientes de Correlação da Produção Mensal de Ma
téria Seca com os Índices Agrometeorológicos e suas
Combinações

Crescimento com	Coeficiente de Correlação (r)	
	Capim-Quicuío	Hemátria
IL	0,72	0,78
IT	0,86	0,80
IU	-0,38	-0,41
FT	0,87	0,84
IC	0,94	0,91
FC	0,95	0,94
IL . IT	0,85	0,78
IL . FT	0,87	0,82
IL . IU	0,52	0,68
IT . IU	0,94	0,92
FT . IU	0,94	0,94

modelo de Fitzpatrick e Nix, para o caso estudado.

Os menores r alcançados pelo IL em comparação àqueles alcançados pelo IT ou pela FT podem ser explicados pelo efeito da altitude na temperatura do ar, contrabalançando o aquecimento da biosfera, que seria causado pela radiação solar. Sabe-se que a pouco mais de uma centena de quilômetros de Lages, em altitudes inferiores a 100 m e na mesma latitude, as temperaturas do ar são superiores àquelas registradas em Lages. CAPIEL (7) obteve um resultado semelhante em Costa Rica, onde a temperatura do ar correlacionou-se melhor com o crescimento do capim-napier do que a radiação solar. CAPIEL (7) explica que isto deveu-se ao efeito integrado da umidade do ar e do vento, que em regiões tropicais interferem no aquecimento do ar pela radiação solar.

Quando se associou os efeitos da radiação e da temperatura pela multiplicação do IL pelo IT ou do IL pela FT, obteve-se melhores correlações do que quando se usou apenas o IL.

A associação dos efeitos da radiação e da umidade no solo, representada pelo produto do IL e do IU, apresentou baixos valores de correlação. Porém, quando se associou os efeitos da temperatura e da umidade no solo através do produto do IU pelo IT ou pela FT, obteve-se os maiores valores de correlação.

Integrando o efeito dos três elementos do ambiente no IC ou na FC, obteve-se também os maiores valores de correlação.

Estes resultados confirmam a afirmação de SMITH(29) de que a consideração de um fator energia deve ser regulado pelo teor de umidade no solo quando se estuda a influência dos elementos do ambiente sobre o crescimento vegetal.

4.3. Equações de Regressão

Os Quadros 9 e 10 apresentam as equações de regressão lineares, quadráticas e múltiplas da produção mensal de matéria seca do capim-quicuío e da hemátria, respectivamente, em função dos índices agrometeorológicos.

Para o capim-quicuío, as equações de regressão lineares e quadráticas, empregando a FC, apresentaram os maiores coeficientes de determinação. Em seguida, está a equação de regressão múltipla envolvendo IL, FT e IU e depois aquela envolvendo IL, IT, IU e também as equações de regressão lineares e quadráticas envolvendo IC. As equações de regressão múltiplas envolvendo IT e IU e FT e IU também apresentaram altos valores de R^2 . Quando se emprega IL e IT ou IL e FT, os valores de R^2 são menores. A equação de regressão múltipla envolvendo IL e IU foi a que apresentou menor R^2 , a exemplo da baixa correlação apresentada pela associação IL . IU com o crescimento.

Para a hemátria, obtiveram-se resultados semelhantes. As equações de regressão que apresentaram maiores coeficientes de determinação foram a linear e a quadrática, envolvendo a FC, seguida da equação de regressão múltipla, envolvendo IL, FT e IU e daquela envolvendo IL, IT e IU. As equações de regressão envolvendo o IC vem logo a seguir. Resultados satisfatórios foram também encontrados com a equação de regressão múltipla envolvendo FT e IU.

De maneira geral, tanto para o capim-quicuío quanto para a hemátria, a associação dos três índices agrometeorológicos em equações de regressão para estimar a produção mensal de matéria seca das duas gramíneas apresentou resultados satisfatórios. Quando se empregou a FT em lugar do

QUADRO 9 - Equações de Regressão Lineares, Quadráticas e Múltiplas da Produção de Matéria Seca em Função dos Índices Agrometeorológicos, para o Capim-Quicuío, em La ges, SC, no Período de 27/12/1979 a 22/12/80

Índices Envolvidos	Modelo	Equações de Regressão ($Y = \text{kg.matéria seca.ha}^{-1}.\text{mês}^{-1}$)	Coefficientes de Determinação (r^2 e R^2)
IC	Q ₁	$Y = 126,724 + 9111,420.IC$	0,89
	Q ₂	$Y = 157,871 + 7809,430.IC + 7829,74.IC^2$	0,89
FC	Q ₃	$Y = -317,161 + 5002,840.FC$	0,91
	Q ₄	$Y = -107,323 + 2822,720.FC + 4656,830.FC^2$	0,91
IL e IT	Q ₅	$Y = -215,089 + 650,773.IL + 4501,420.IT$	0,75
IL e FT	Q ₆	$Y = -565,612 + 418,164.IL + 2898,620.FT$	0,77
IL e IU	Q ₇	$Y = -2090,730 + 3258,040.IL + 618,480.IU$	0,53
IT e IU	Q ₈	$Y = -1968,710 + 7516,560.IT + 2217,890.IU$	0,86
FT e IU	Q ₉	$Y = -2631,190 + 4466,180.FT + 2136,570.IU$	0,88
IL, IT e IU	Q ₁₀	$Y = -2846,160 + 1124,360.IL + 6436,450.IT + 2444,050.IU$	0,89
IL, FT e IU	Q ₁₁	$Y = -3224,580 + 886,529.IL + 3938,420.FT + 2305,710.IU$	0,90

QUADRO 10 - Equações de Regressão Lineares, Quadráticas e Múltiplas da Produção de Matéria Seca em Função dos Índices Agrometeorológicos, para a Hemártria, em Lages, SC, no Período de 8/3/1984 a 6/3/1985

Índices Envolvidos	Modelo	Equações de Regressão ($Y = \text{kg.matéria seca} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mês}^{-1}$)	Coefficientes de Determinação (r^2 e R^2)
IC	H ₁	$Y = 28,020 + 3030,060 \cdot \text{IC}$	0,83
	H ₂	$Y = 6,254 + 4018,450 \cdot \text{IC} - 4780,690 \cdot \text{IC}^2$	0,83
FC	H ₃	$Y = -110,618 + 1920,750 \cdot \text{FC}$	0,89
	H ₄	$Y = -78,858 + 1518,950 \cdot \text{FC} + 882,075 \cdot \text{FC}^2$	0,89
IL e IT	H ₅	$Y = -271,429 + 576,138 \cdot \text{IL} + 1021,33 \cdot \text{IT}$	0,67
IL e FT	H ₆	$Y = -233,304 + 279,405 \cdot \text{IL} + 902,366 \cdot \text{FT}$	0,71
IL e IU	H ₇	$Y = -2176,790 + 2186,590 \cdot \text{IL} + 1111,900 \cdot \text{IU}$	0,74
IT e IU	H ₈	$Y = -838,626 + 2387,330 \cdot \text{IT} + 947,792 \cdot \text{IU}$	0,75
FT e IU	H ₉	$Y = -1044,530 + 1584,100 \cdot \text{FT} + 935,676 \cdot \text{IU}$	0,81
IL, IT e IU	H ₁₀	$Y = -1950,300 + 1272,920 \cdot \text{IL} + 1455,240 \cdot \text{IT} + 1369,030 \cdot \text{IU}$	0,86
IL, FT e IU	H ₁₁	$Y = -1862,200 + 1037,350 \cdot \text{IL} + 1061,490 \cdot \text{FT} + 1263,030 \cdot \text{IU}$	0,87

IT, os coeficientes de determinação foram sempre melhores. Equações de regressão lineares envolvendo o IC ou a FT resultaram em valores de r^2 iguais aos valores de R^2 encontrados em equações de regressão quadráticas. Equações de regressão múltiplas envolvendo IL, IT e IU ou IL, FT e IU também resultaram em valores de R^2 satisfatórios.

4.4. Produções Observadas e Estimadas pelos Modelos

Nas Figuras 9 a 12 estão representadas, graficamente, as produções mensais de matéria seca obtidas no campo e as estimadas pelos modelos Q_4 e H_4 e Q_{10} e H_{10} , cujas equações são apresentadas nos Quadros 9 e 10.

Os resultados obtidos com a FC, tanto em equações de regressão lineares quanto quadráticas, foram melhores do que aqueles obtidos com o IC, para ambas as gramíneas.

Os modelos utilizando o IC e a FC resultaram em melhores estimativas da produção mensal de matéria seca para o capim-quicuí do que para a hemátria. Isso pode ser visto quando se comparam as Figuras 9 e 10. Na Figura 9 (capim-quicuí) nota-se que a curva de produção estimada acompanhou melhor a curva da produção observada, em comparação ao que é mostrado na Figura 10 (hemátria). Essa melhor estimativa para o capim-quicuí pode ter sido causada pelo efeito dos sucessivos cortes no mesmo local, no experimento da hemátria. No caso do capim-quicuí, os locais de corte nunca foram repetidos, pois a área cultivada com a pastagem era maior. Deve-se também salientar que todos os registros meteorológicos para a elaboração dos índices agrometeorológicos do capim-quicuí foram tomados no local do

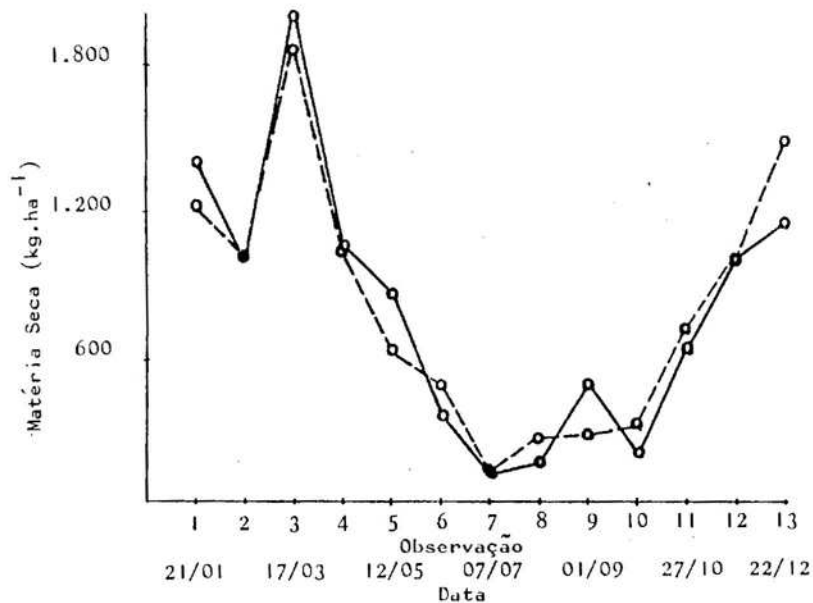


FIGURA 9 - Produção de Matéria Seca Observada (—) e Estimada (---), pelo Modelo Q₄, para o Capim-Quicui em Lages, SC, no Período de 27/12/1979 a 22/12/1980.

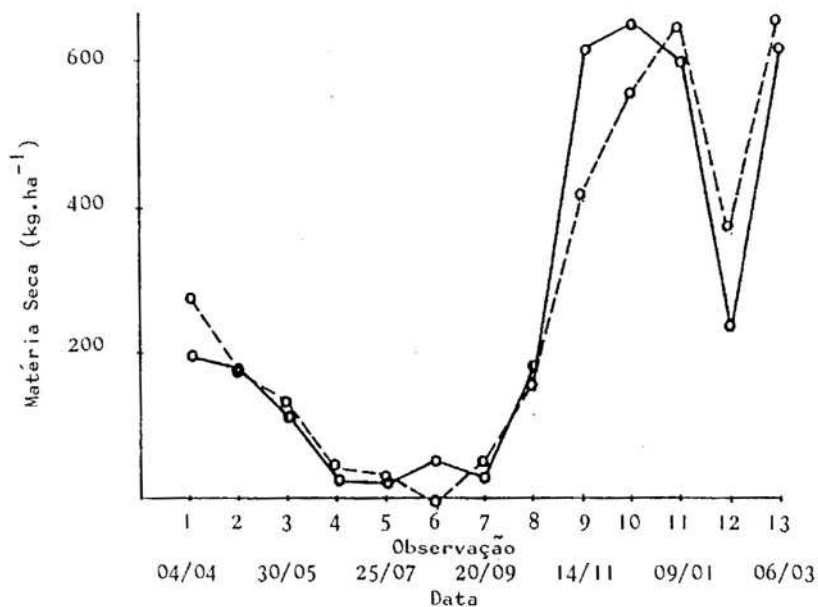


FIGURA 10 - Produção de Matéria Seca Observada (—) e Estimada (---), pelo Modelo H₄, para Hemátria, em Lages, SC, no Período de 8/3/1984 a 5/3/85.

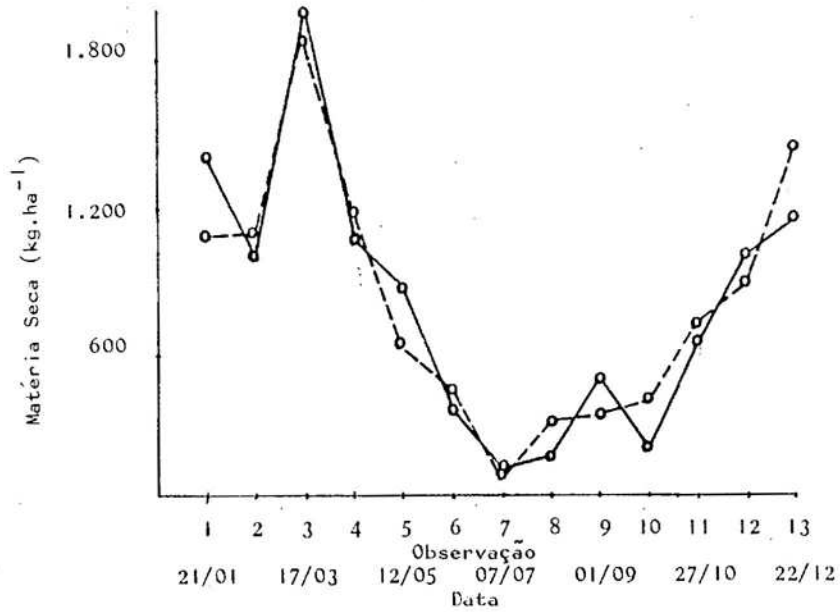


FIGURA 11 - Produção de Matéria Seca Observada (—) e Estimada (---), pelo Modelo Q₁₀, para o Capim-Quicuí em Lages, SC, no Período de 27/12/1979 a 22/12/1980.

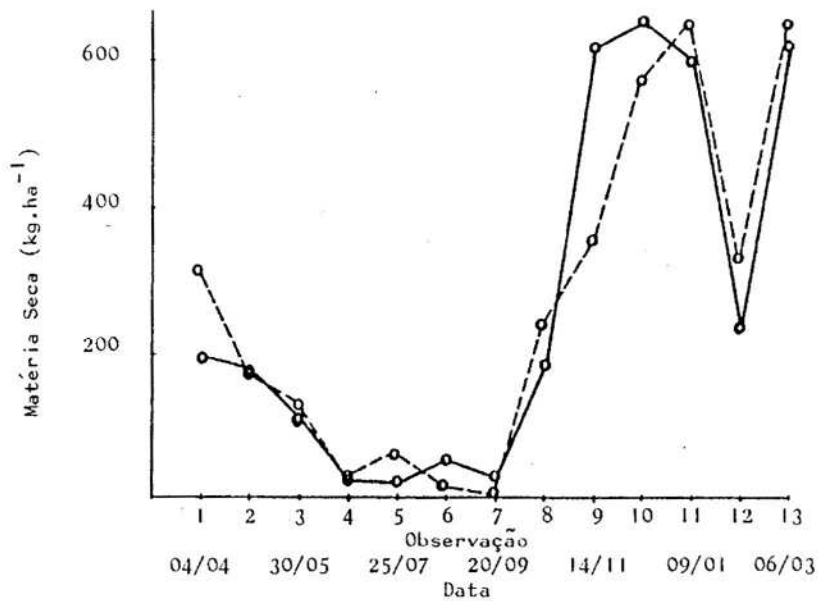


FIGURA 12 - Produção de Matéria Seca Observada (—) e Estimada (---), pelo Modelo H₁₀, para Hemátria, em Lages, SC, no Período de 8/3/1984 a 5/3/1985.

experimento, enquanto para a hemátria apenas a precipitação e a temperatura do ar é que o foram.

Os modelos que não utilizaram o fator umidade no solo, ou seja, o IU, apresentaram boas estimativas nos períodos frios, mas não nos quentes. As equações empregando o IL e o IT ou o IL e a FT não acompanharam de maneira satisfatória a variação no crescimento do capim-quicuío entre 27/12 a 12/5 (verão e outono), enquanto para a hemátria isto também aconteceu entre 18/10 a 6/3 (primavera e verão). Foi nestas épocas que a umidade no solo, representada pelo IU, apresentou maiores variações.

A associação dos três índices (IL, IT e IU ou IL, FT e IU) em equações de regressão múltiplas resultou em R^2 semelhante ao obtido pelo IC e pela FC. Para ambas as gramináceas, os resultados foram melhores utilizando-se IL, FT e IU do que utilizando-se IL, IT e IU. Isso mostra que a FT representou melhor a resposta das plantas à temperatura do ar. A Figura 11 evidencia que a curva estimada acompanhou melhor a curva observada no caso do capim-quicuío do que no caso da hemátria (Figura 12).

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Estudou-se a influência da radiação solar global na superfície da temperatura do ar e da umidade no solo sobre a produção mensal de matéria seca ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) do capim-qui-cujo (*Pennisetum clandestinum* Hochst.) e da hemátria (*Hemarthria altissima* (Poir.) Stapf e Hubbard), em Lages, Santa Catarina.

A produção mensal de matéria seca do capim-qui-cujo foi obtida de um experimento de campo realizado na Estação Experimental da EMPASC de Lages. Consideraram-se cortes realizados a cada quatro semanas, a uma altura de 1,5 cm, entre 27/12/1979 e 22/12/1980, perfazendo total de 13 cortes. O material foi seco em estufa de circulação de ar forçada, a 60°C , durante 72 horas, e a média da matéria seca obtida em quatro repetições, foi extrapolada para $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

A produção mensal de matéria seca da hemátria foi obtida de um experimento de campo realizado na Fazenda Amola Faca, a 16 km da sede da Estação Experimental da EMPASC de Lages. Consideraram-se cortes realizados a cada quatro

semanas, a uma altura de 4,0 cm, entre 8/3/1984 e 6/3/1985, num total de 13 cortes. O material foi seco em estufa de circulação de ar forçada, a 60°C, durante 72 horas, e a média da matéria seca obtida em cinco repetições, foi extrapolada para $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Os registros meteorológicos foram coletados na Estação Agroclimatológica na própria Estação Experimental da EMPASC de Lages, com exceção das temperaturas média, máxima e mínima do ar e da precipitação pluvial, que, para o experimento da hemátria, foram obtidas na Fazenda Amola Faca.

Para avaliar a influência dos três elementos do ambiente sobre o crescimento das duas gramíneas e posteriormente elaborar um modelo matemático para estimar esse crescimento em função dos três elementos, utilizou-se a metodologia de FITZPATRICK e NIX (15). Estes dois autores conceituaram um índice de crescimento (IC) como sendo a resposta das plantas aos regimes de luz, de temperatura e de umidade no solo. O índice de crescimento é o resultado da multiplicação de outros três: os índices de luz (IL), de temperatura (IT) e de umidade no solo (IU). Cada um destes índices reflete a resposta das plantas em produção de matéria seca a um determinado elemento do ambiente. Assim: $\text{IC} = \text{IL} \times \text{IT} \times \text{IU}$.

Testou-se também o uso de uma função-temperatura (FT), definida por COELHO (9), na avaliação da resposta das plantas em produção de matéria seca à temperatura do ar. A partir daí, substituiu-se no índice de crescimento (IC) o índice de temperatura (IT) pela função-temperatura (FT), estabelecendo-se a função de crescimento (FC) pela forma: $\text{FC} = \text{IL} \times \text{FT} \times \text{IU}$.

Após definidos os índices agrometeorológicos diários, obteve-se o valor médio para o período de crescimento

das duas gramíneas. Encontraram-se os coeficientes de correlação da produção de matéria seca com os índices agrometeorológicos. Foram definidas as equações de regressão das produções mensais de matéria seca das duas gramíneas, em função dos índices agrometeorológicos, visando estimar essa produção em função dos três elementos do ambiente. Essas equações constituem os modelos agrometeorológicos.

Com base nos resultados obtidos, podem ser feitas as seguintes conclusões:

. o índice de temperatura (IT) e a função-temperatura (FT) foram os índices que melhor se correlacionaram com o crescimento. O índice de luz (IL) apresentou também boa correlação com o crescimento. Por sua vez, o índice de umidade no solo (IU) apresentou correlação negativa com o crescimento das duas gramíneas, especialmente no inverno;

. apesar da temperatura do ar ser função da radiação solar, ela também foi afetada pela altitude do local do experimento (927 m). Assim é que o IT e a FT apresentaram maiores coeficientes de correlação com o crescimento do que o IL. A correlação da FT com o crescimento foi maior que a obtida pelo IT;

. a temperatura do ar foi o elemento mais limitante para o crescimento das duas forrageiras no outono, inverno e primavera, quando as baixas temperaturas inibiram o crescimento;

. a umidade no solo foi mais limitante para o crescimento das duas gramíneas no verão, pois quando ocorreram períodos de deficiência hídrica no solo houve redução do crescimento nestes períodos;

. o índice de crescimento (IC) e a função de crescimento (FC) mostraram-se eficazes na estimativa da produção mensal de matéria seca das duas gramíneas;

. as equações de regressão lineares e quadráticas envolvendo FC apresentaram os melhores coeficientes de determinação;

. quando não se utilizou o índice de umidade (IU) em equações múltiplas e utilizaram-se apenas os índices de luz (IL) e o de temperatura (IT) ou o de luz (IL) e a função-temperatura (FT), o modelo explicou as produções de outono, inverno e primavera, porém, não explicou as produções de verão, em razão da grande variação da umidade no solo nesta estação;

. equações de regressão múltipla da produção mensal de matéria seca em função dos índices de luz (IL), de temperatura (IT) e de umidade no solo (IU) ou em função dos índices de luz (IL), de umidade no solo (IU) e da função-temperatura (FT) apresentaram boas estimativas do crescimento mensal das duas gramíneas;

. os modelos que utilizaram a função-temperatura (FT) ao invés do índice de temperatura (IT) apresentaram maiores coeficientes de determinação.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. ALTHOFF, D.A. Balanço hídrico seriado de Santa Catarina. 2.ed. Florianópolis, EMPASC, 1983. 62 p. (EMPASC. Boletim Técnico, 7)
2. AZZI, G. Ecologia agrária. Città di Castello, Dante Alighieri, 1944. 204 p.
3. BOGDAN, A.V. Tropical pasture and fodder plants. New York, Longman, 1977. 475 p.
4. BRAGA, H.J.; LEITE, G.B.; SILVA, L.M. Determinação preliminar dos parâmetros a e b da equação de Angström para seis localidades de Santa Catarina. (no prelo)
5. BRAGA, H.J.; SILVA, L.M.; HAYMUSSI, H.; VIEIRA, V.F.; SZALACHITA, A.; SILVEIRA, R.C. 1 Treinamento e reciclagem de observadores meteorológicos da EMPASC. Florianópolis, EMPASC, 1986. 72 p. (Apostila)
6. BRANDES, D. Efeito da idade do rebrote sobre a distribuição estacional e qualidade do capim-quicuío (Pennisetum clandestinum Hochst.). In: Reunião Anual da SBZ, 22, Balneário Camboriú, 1985. Anais ... Florianópolis, SBZ, 1985. p. 187.

7. CAPIEL, M. Effect of various meteorological indices on the yield and nutrient composition of napiergrass (Pennisetum purpureum L.). Journal of Agriculture of University Puerto Rico, Rio Piedras, 62(1):76-89, 1978.
8. CHANG, Jen-Hu. Climate and agriculture; an ecological survey. Chicago, Aldine, 1968. 304 p.
9. COELHO, D.T. The consideration of temperature in corn (Zea mays L.) growth and development models. West Lafayette, Purdue University, 1978. 71 p. (Tese Ph.D.)
10. COLMAN, R.L. & O'NEIL, G.H. Seasonal variation in the potential herbage production and response to nitrogen by kikuyu grass (Pennisetum clandestinum). The Journal of Agriculture Science, London, 91:81-90, 1978.
11. COOPER, J.P. Potential production and energy conversion in temperate and tropical grasses. Herbage Abstracts, London, 40(1):1-15, 1970.
12. COOPER, J.P. & TANTON, N.M. Light and temperature requirements for the growth of tropical and temperate grasses. Herbage Abstracts, London, 38(3):167, 1968.
13. DOORENBOS, J. & PRUITT, W.O. Guidelines for predicting crop water requirements. Rome, FAO, 1974. 144 p. (Irrigation and Drainage - Paper nº 24).
14. EAGLEMAN, J.R. An experimentally derived model for actual evapotranspiration. Agricultural Meteorology, Amsterdam, 8(4/5):385-94, 1971.
15. FITZPATRICK, E.A. & NIX, H.A. The climate factor in Australian grassland ecology. In: MOORE, R.M.(ed.). Australian Grassland. Australian Natl. University Press, 1970 (Copia Xerográfica).

16. HART, R.H. & BURTON, G.W. Effect of weather on forage yields of winter oats, rye, and wheat. Agronomy Journal, Madison, 57(6):588-91, 1965.
17. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo agropecuário. Rio de Janeiro, IBGE, 1983. (Recenseamento Geral do Brasil, 1980, 9.:v.2, t.3).
18. IVORY, D.A. The effect of temperature on the growth of tropical pasture grasses. The Journal of Australian Institute of Agricultural Science, Melbourne, 42(2):113-4, 1976.
19. LANGER, R.H.M. How grasses grow. London, Edward Arnold, 1972. 60 p.
20. LINVILL, D.E.; DALE, R.F.; HODGES, H.F. Solar radiation weighting for weather and corn growth models. Agronomy Journal, Madison, 70(2):257-63, 1978.
21. LOWRY, W.P. Weather and life; and introduction to biometeorology. New York, Academic Press, 1974. 305 p.
22. LUDLOW, M.M. & WILSON, G.L. Growth of some tropical grasses and legumes at two temperatures. The Journal of the Australian Institute of Agricultural Science, 36(1):43-5, 1970.
23. MOTA, F.S. da; BERNY, Z.B.; MOTA, J.F.A.S. da. Índice climático de crescimento de pastagens naturais no Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, 16(4):453-72, 1981.
24. MOTA, F.S. da; HERTER, F.; AGENDES, M.O. de O.; CASARIN, D.P.; INFELD, J.A. A central de alerta agrometeorológico do sul. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE METEOROLOGIA, 1, CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 4, Brasília, 1986. Anais ... Belo Horizonte, SBM, 1986. p. 205-51.

25. MOTA, J.F.A.S. da & MAIA, M.S. Verificação experimental do índice climático de crescimento de pastagens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2, Pelotas, 1981. Anais ... Pelotas, SBA, 1981. p. 185-7.
26. MOTA, J.F.A.S. da & VERONA, L.A. Utilização do índice climático de crescimento de pastagens em agrometeorologia operativa-I; pastagem nativa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 4, Londrina, 1985. Anais ... Londrina, SBA, 1985. p. 186.
27. MURTAGH, G.J. Environmental effects on the short-term response of tropical grasses to nitrogen fertilizer. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, Victoria, 15(76):679-88, 1985.
28. PIANA, Z. & ZANINI NETO, J.A. Produção de mudas básicas de hemátrria em Santa Catarina. Florianópolis, EMPASC, 1986. 7 p. (Comunicado Técnico nº 98).
29. SMITH, L.P. Methods in agricultural meteorology. Oxford, Elsevier, 1975. 210 p.
30. SMITH, R.C.G. & STEPHENS, M.J. Importance of soil moisture and temperature on the growth of improved pasture on the Northern Tablelands of New South Wales. Australian Journal of Agriculture Research, 27(1):63-70, 1976.
31. SMITH, W.J. Agricultural meteorology; the effect of weather on crops. New York, McMillan, 1920. 304 p.
32. SOTO, H.A.H. Um modelo simples de estimativa de produção de forragem para colônia (Panicum maximum Jacq.) e pangola A-24 (Digitaria pentzii Stent.) usando parâmetros climáticos. Piracicaba, ESALQ, 1981. 58 p. (Tese M.Sc.).

33. STAYLER, R.O. Water and energy; conerstones of productivity. The Journal of the Australian Institute of Agricultural Science. Melbourn, 36(1):2-8, 1970.

34. TCACENCO, F.A. Hemarthria altissima - uma opção forrageira para o Planalto Catarinense. Florianópolis, EMPASC, 1981. 12 p. (Comunicado Técnico nº 50).

35. WIGHT, J.R. & HANKS, R.J. A water-balance, climate model for range herbage production. Journal of Range Management, Denver, 34(4):307-11, 1981.