

## ECOFISIOLOGIA DE PLANTAS FORRAGEIRAS

*Luís Roberto de Andrade Rodrigues<sup>(1)</sup>  
Terezinha de Jesus Deléo Rodrigues<sup>(2)</sup>*

### 1. INTRODUÇÃO

Os herbívoros, as plantas e as condições climáticas e edáficas que ocorrem numa determinada área constituem um sistema complexo e interdependente: o ecossistema de pastagem. Os processos que ocorrem neste sistema ecológico são bastante dinâmicos e decorrem das inter-relações existentes entre a planta, o animal, o solo e o clima. Conforme está ilustrado na Figura 1, cada componente do sistema afeta e é afetado pelos outros componentes. A magnitude das várias ações e reações entre os diferentes integrantes do sistema difere e, em alguns casos, é tão intensa que a distinção entre causa e efeito torna-se difícil.

Na verdade, os diferentes componentes do ecossistema das pastagens não necessitam interagir diretamente entre si para que sejam considerados interagentes. Desde que exista uma via através do sistema para conectar dois componentes, passa a existir a possibilidade de uma interação mútua.

Reconhecido o fato de que os vários componentes de um ecossistema de pastagem estão inextricavelmente ligados, é importante lembrar que o sucesso da exploração de forrageiras, sob condições de pastejo, pode ser conseguido através do

(1) Engenheiro Agrônomo, M.S., Ph.D., Professor de Forragicultura – FCAVJ, UNESP – Jaboticabal (SP).

(2) Bióloga, M.S., Ph.D., Professora de Fisiologia Vegetal – FCAVJ, UNESP – Jaboticabal (SP).

manejo adequado das pastagens (Figura 1). Portanto, vale a pena realçar que o desacoplamento destes dois grupos (plantas forrageiras e animais), quer seja conceitualmente ou experimentalmente, é artificial e, em muitos casos, nos conduz a situações irreais na prática.

A tolerância ao pastejo apresentada por muitas espécies forrageiras depende da combinação de mecanismos de adaptação resultantes de uma longa e íntima co-evolução entre essas plantas e os grandes ungulados. Esta evolução gerou variabilidade genética e a grande diversidade de espécies e ecótipos existentes nos dias de hoje.

Na verdade, as forrageiras utilizadas atualmente em pastagens são aquelas que se adaptaram morfológica e fisiologicamente às condições do meio ambiente e que adquiriram, ao longo do tempo, a capacidade de rebrotar após cortes ou pastejos sucessivos. Neste contexto, o conhecimento da reação das plantas à desfolha é básico para se conceber um sistema de manejo que propicie a maximização da produtividade das forrageiras com elevado valor nutritivo e que permita o ajuste do crescimento das forrageiras às necessidades dos animais, sem comprometer a perenidade da pastagem. Por esta razão, diz-se que o manejo adequado das pastagens exige ao mesmo tempo ciência e arte. O conhecimento é importante para se entender as interações que ocorrem na pastagem; porém, a perspicácia e a acuidade da observação pessoal são imprescindíveis para manter em equilíbrio o sistema animal-plantasolo-clima.

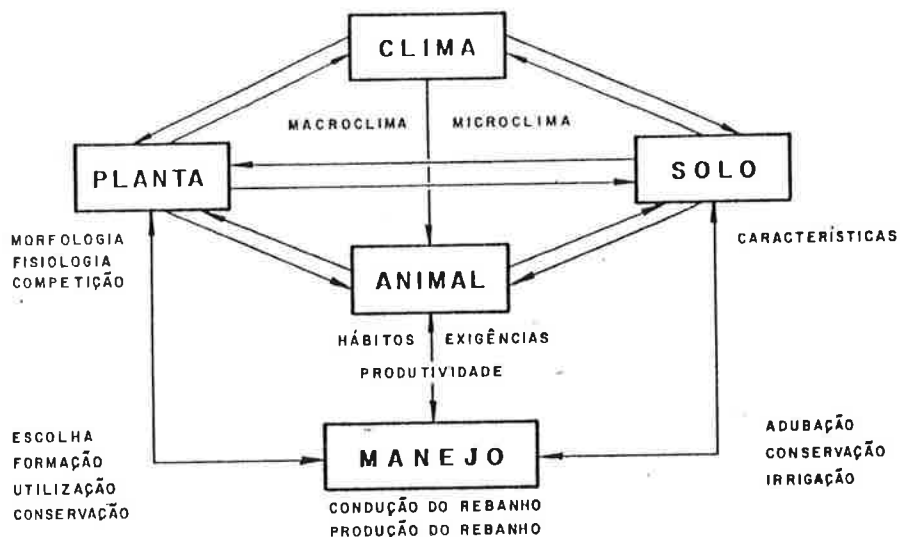


Figura 1. Representação esquemática das interações que ocorrem no ecossistema de pastagem.

## 2. INTERAÇÕES BIÓTICAS E ABIÓTICAS NO SISTEMA ECOLÓGICO DAS PASTAGENS

Os herbívoros, as plantas, os insetos e os microrganismos são os principais componentes bióticos que interagem no ecossistema de pastagem. Assim, por exemplo, os animais afetam o crescimento das plantas através da desfolhação, do pisoteio e do retorno de nutrientes contidos nos excrementos e na urina. Por outro lado, as plantas afetam os animais através da quantidade e da qualidade da forragem disponível, que variam em função da produção estacional das forrageiras.

Os microrganismos interagem, direta e indiretamente, com as plantas e com os animais. Neste caso, as interações podem ser benéficas ou prejudiciais. Os microrganismos simbiotes, como as bactérias fixadoras de nitrogênio, as micorrizas e a microflora do rúmen, estimulam o crescimento das plantas e dos animais, enquanto os microrganismos patogênicos podem levá-los a um depauperamento, e às vezes até à morte.

O aspecto dinâmico das interações bióticas pode ser visualizado ao longo do tempo pela atuação de microrganismos saprófitas que, decompondo resíduos de plantas e animais, liberam nutrientes para o sistema.

Os componentes bióticos da pastagem podem ainda interagir com os componentes abióticos do sistema, os quais, por conveniência desta discussão, são divididos em clima e solo.

Os fatores climáticos como temperatura, chuvas e radiação, podem afetar o crescimento das forrageiras. Da mesma forma, as plantas podem alterar o microclima da pastagem, dependendo do manejo que lhes é imposto, através da maior ou menor circulação de ar e penetração de luz na comunidade vegetal.

As características físicas e a fertilidade dos solos podem afetar o crescimento e a composição das forrageiras. Por outro lado, a extração de água e de nutrientes pelas raízes, e a devolução de resíduos vegetais ao solo, afetam as condições químicas do mesmo. De forma similar, os animais podem afetar as condições físicas e químicas dos solos, através do pisoteio e da deposição de excrementos na pastagem.

## 3. EFEITOS DO MEIO AMBIENTE SOBRE O CRESCIMENTO DAS PASTAGENS

As pastagens tropicais e subtropicais estão constituídas principalmente por espécies pertencentes às famílias Gramineae e Leguminosae. Os efeitos do clima e do solo sobre a distribuição de gramíneas e leguminosas são marcantes, mas não serão abordados neste capítulo, uma vez que os mesmos têm sido amplamente discutidos por vários autores (MOTT & POPENOE, 1977; WHITEMAN, 1980; CROWDER & CHHEDA, 1982).

Em termos de produtividade de pastagens, é interessante salientar que as gramíneas tropicais apresentam o metabolismo  $C_4$  de fotossíntese, enquanto as gramíneas e leguminosas temperadas e as leguminosas tropicais apresentam o metabolismo  $C_3$ . Algumas características contrastantes entre plantas  $C_3$  e  $C_4$  são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características contrastantes entre plantas  $C_3$  e  $C_4$ .

Características	Plantas	
	$C_3$	$C_4$
Produtos iniciais da fotossíntese	Compostos com 3 átomos de C	Compostos com 4 átomos de C
Taxas fotossintéticas ( $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \text{CO}_2$ )	Baixa :20	Alta :40
Temperatura ótima para fotossíntese ( $^{\circ}\text{C}$ )	20-25	30-35
Ponto de compensação de $\text{CO}_2$ (ppm)	50	5
Relação isotópica do C ( $^{13}\text{C}$ , 0/00)	-29	-14
Dimorfismo nos cloroplastos	Ausente	Presente
Anatomia Kranz	Não	Sim
Fotorrespiração aparente	Alta	Baixa
Eficiência no uso da água	Baixa (x)	Alta (2-3x)

Fonte: Adaptado de BLACK (1971).

As produções mais elevadas de matéria seca encontradas em plantas  $C_4$ , quando comparadas com plantas  $C_3$ , têm sido atribuídas ao período de crescimento mais longo, decorrente de condições ambientais mais favoráveis nas regiões tropicais (Tabela 2). Na verdade, o potencial de produção mais elevado apresentado pelas espécies  $C_4$  em baixa latitude é praticamente eliminado entre 40 e 50° de latitude (Figura 2). Este fato sugere que a vantagem real da via metabólica  $C_4$  reside na melhor adaptação das plantas às condições de maior insolação e temperatura e, conseqüentemente, numa melhor eficiência do uso da água.

### 3.1. Efeitos da radiação e da luminosidade

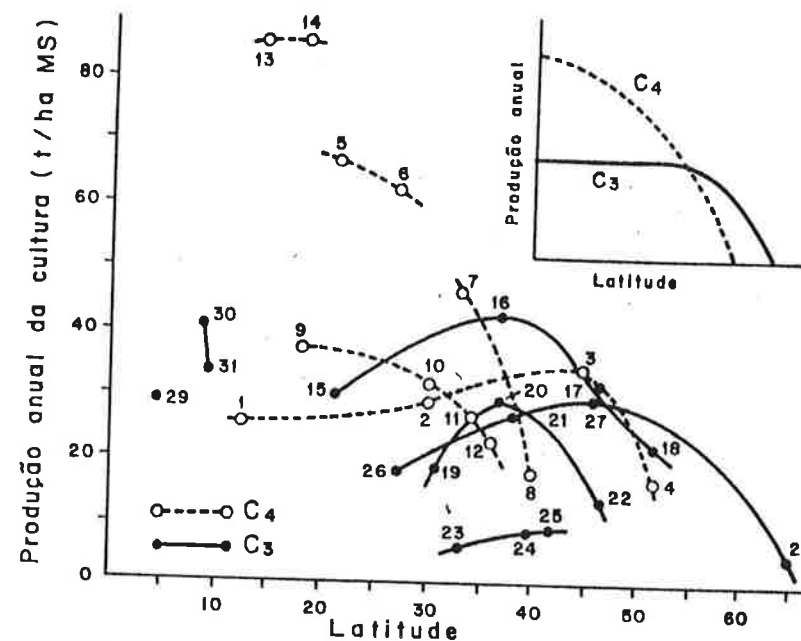
O regime de radiação é o determinante básico do crescimento das plantas através dos seus efeitos sobre a fotossíntese e outros processos fisiológicos, como a transpiração e a absorção de nutrientes.

A absorção e a utilização fotossintética da energia radiante pela comunidade vegetal estão relacionadas com a quantidade de energia recebida pelas folhas, de forma individual, e pelas plantas como um todo. Num determinado instante, os

Tabela 2. Potencial de produção de matéria seca de algumas gramíneas e leguminosas forrageiras.

Espécie	Local-latitude	Período de crescimento (dias)	Produção anual (MS-t/ha)	Taxa de crescimento ( $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$ )
$C_4$				
<i>Pennisetum purpureum</i>	El Salvador - 14°N	365	85,2	23,2
<i>P. clandestinum</i>	Austrália - 27°S	365	30,0	8,2
<i>Panicum maximum</i>	Porto Rico - 18°N	365	48,8	13,4
<i>P. maximum</i>	Nigéria - 7°N	328	23,4	7,1
<i>Digitaria decumbens</i>	Cuba - 23°N	365	39,4	10,8
<i>D. decumbens</i>	Austrália - 27°S	365	24,4	6,6
$C_3$				
<i>Lolium perenne</i>	Inglaterra - 52°N	365	29,0	7,9
<i>L. perenne</i>	Nova Zelândia - 40°S	365	26,6	7,3
<i>Medicago sativa</i>	Estados Unidos - 38°N	250	32,5	13,0
<i>Trifolium pratense</i>	Nova Zelândia - 40°S	365	26,4	7,2
<i>Stylosanthes guyanensis</i>	Ghana - 7°N	365	21,1	5,8

Fonte Adaptado de EAGLES & WILSON (1982).



1-4 *Zea mays*; 5-6 *Saccharum sp.*; 7-8 *Sorghum sp.*; 9-12 *Cynodon sp.*; 13-14 *Pennisetum purpureum*; 15-18 *Beta vulgaris*; 19-22 *Medicago sp.*; 23-25 *Glycine max*; 26-28 *Triticum vulgare*; 29 *Elaeis guineensis*; 30-31 *Manihot esculenta*.

Figura 2. Produção anual de várias culturas de plantas  $C_3$  e  $C_4$  (adaptado de EAGLES & WILSON, 1982).

elementos fotossintéticos da comunidade de plantas compreendem uma série de estruturas de diferentes idades que estão sujeitas não somente aos efeitos do clima, mas também a outras restrições do ambiente, como o sombreamento, que aumenta com o desenvolvimento da pastagem. Muito embora altas taxas de fotossíntese possam ser observadas numa folha individualmente, o uso mais eficiente da energia é atingido pela planta como um todo (Figura 3).

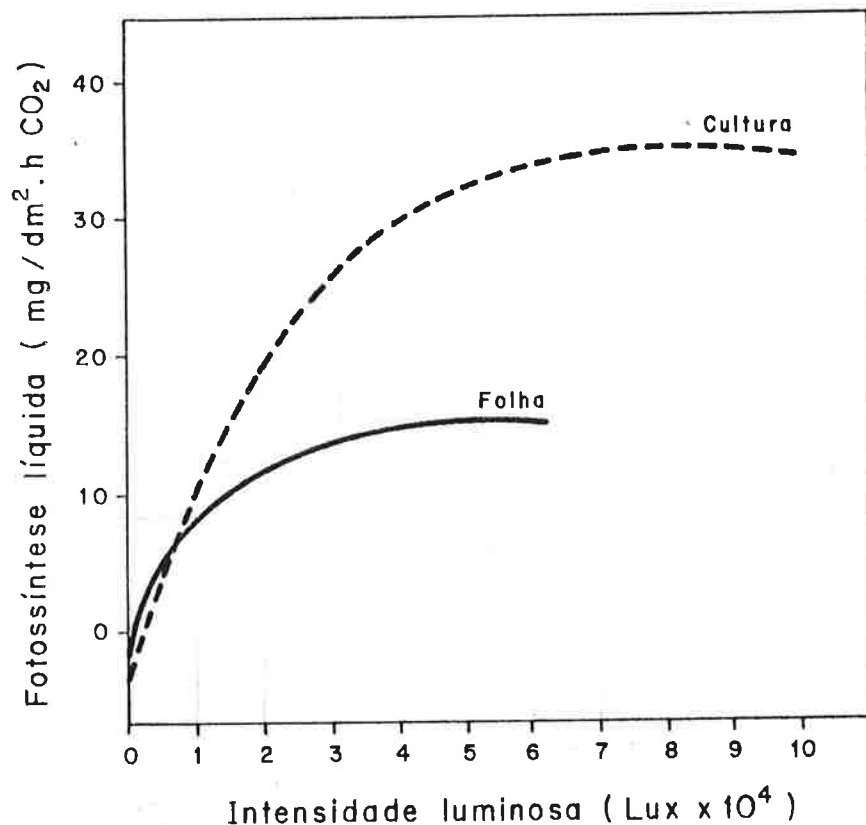


Figura 3. Efeito do aumento da intensidade luminosa sobre a fotossíntese líquida numa folha e na cultura de *Dactylis glomerata* (adaptado de EAGLES & WILSON, 1982).

Outro aspecto interessante relacionado com a fotossíntese de plantas forrageiras é o fato de que as folhas das espécies C<sub>3</sub> saturam-se de luz em intensidades luminosas mais baixas do que as espécies C<sub>4</sub> (Figura 4). Por outro lado, a temperatura ótima para fotossíntese em plantas C<sub>4</sub> é mais elevada do que em plantas C<sub>3</sub> (Figura 5).

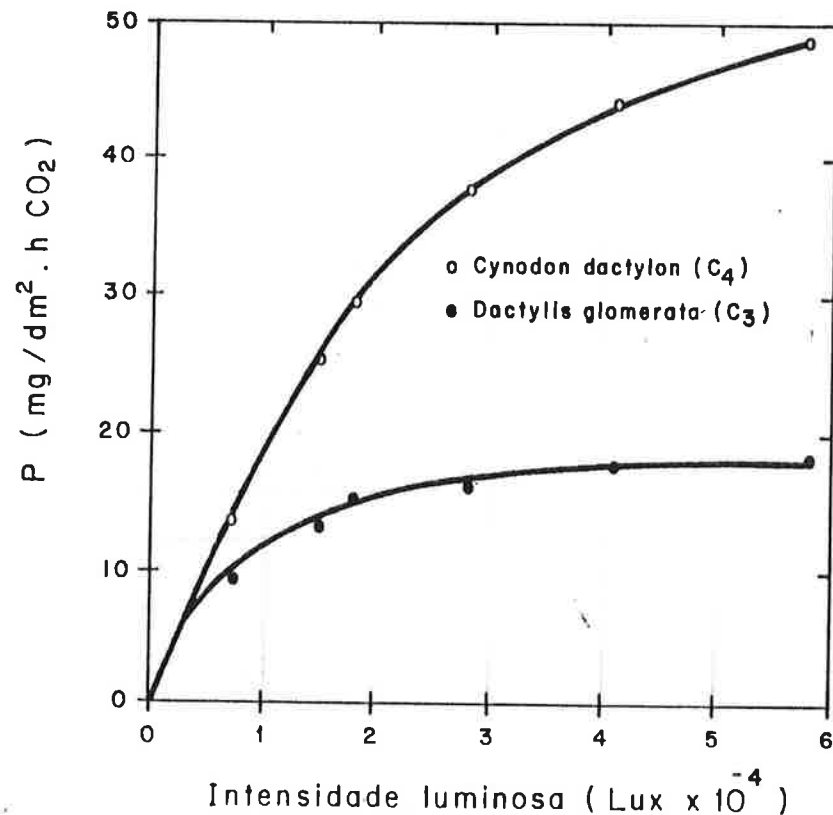


Figura 4. Relação entre a taxa de fotossíntese aparente (P) e a intensidade luminosa (adaptado de EAGLES & WILSON, 1982).

As variações que ocorrem na temperatura do ambiente, além de afetar a taxa de fotossíntese líquida, podem afetar a taxa de desenvolvimento da área foliar e, conseqüentemente, a produção de matéria seca de capins e leguminosas utilizados em pastagens (Tabela 3).

Os dados obtidos na Austrália, com capim buffel, mostram que em condições naturais o aumento na radiação solar estimula a produção das diferentes partes da planta (Tabela 4). Neste contexto, poder-se-ia esperar que o sombreamento reduzisse o crescimento das plantas. De fato, em experimento realizado com *Cynodon dactylon* cv. Coastal, constatou-se que com a redução na disponibilidade de luz houve diminuição da produção de matéria seca de forragem, da produção de raízes e rizomas e do teor de carboidratos de reserva na planta (Tabela 5).

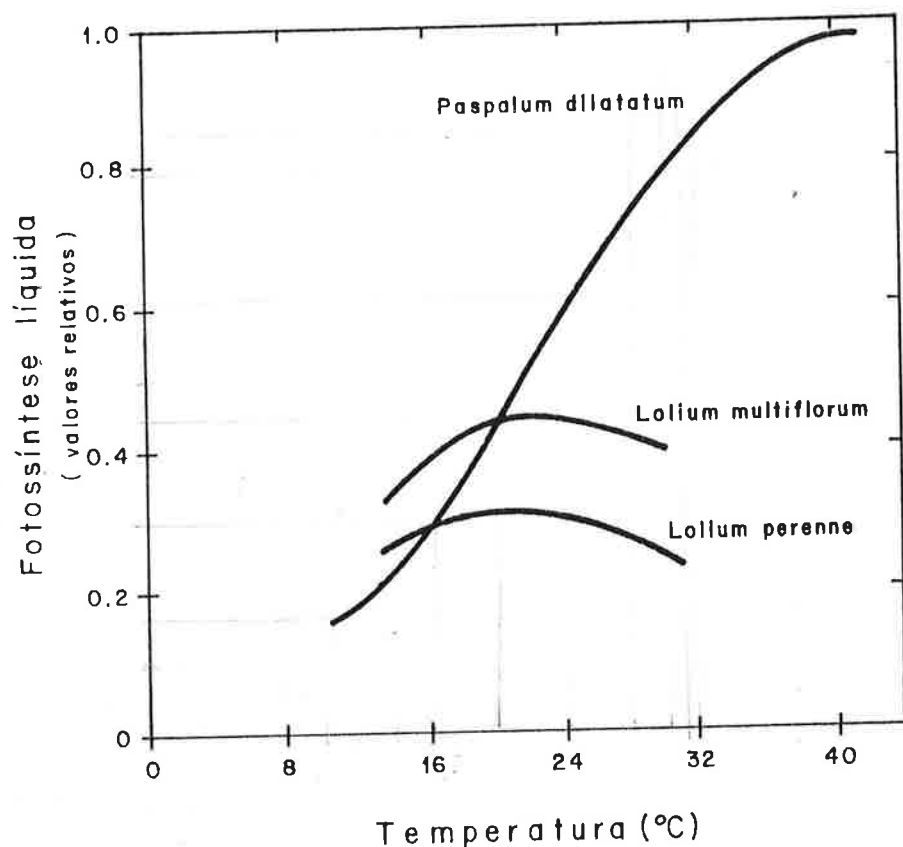


Figura 5. Efeito da temperatura sobre a fotossíntese líquida (adaptado de EAGLES & WILSON, 1982).

A radiação solar interfere ainda no crescimento das plantas através da variação estacional que se observa no comprimento dos dias em diferentes latitudes. Num grande número de espécies forrageiras, a mudança do estágio vegetativo de crescimento para o estágio reprodutivo é induzida pela mudança no comprimento do dia (WHITEMAN, 1980; HUMPHREYS, 1981). Com relação ao fotoperíodo necessário para florescimento, as plantas forrageiras têm sido classificadas em plantas de dia curto, plantas de dia longo, plantas intermediárias e plantas indeterminadas ou neutras. O fotoperíodo não só condiciona se uma forrageira irá florescer e produzir sementes numa dada região, mas também determina o comprimento do período vegetativo de crescimento, o qual é de grande importância para pastagens.

Tabela 3. Efeito da temperatura constante de 20 ou 30°C sobre o crescimento, a área foliar e a taxa de desenvolvimento da área foliar em 20 espécies forrageiras.

Espécie	MS (g/planta)		Área foliar (cm <sup>2</sup> )		Taxa de desenvolvimento da área foliar (cm <sup>2</sup> /dia)	
	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C
<b>Gramíneas</b>						
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	0,16	3,06	25	445	0,7	21,2
<i>Panicum maximum</i> Guiné	0,83	1,32	50	102	1,4	4,8
<i>P. maximum</i> cv. Hamil	0,12	2,57	16	341	0,4	16,2
<i>P. maximum</i> cv. Petrie	0,21	2,05	31	280	0,9	13,3
<i>P. maximum</i> comum	0,16	2,40	22	356	0,6	16,9
<i>P. coloratum</i>	0,22	1,55	30	174	0,8	8,3
<i>Setaria sphacelata</i> cv. Nandi	0,18	0,56	25	68	0,7	3,2
<i>Cenchrus ciliaris</i> cv. Biloela	0,22	2,75	24	334	0,7	15,9
<i>Chloris gayana</i> cv. Samford	0,20	1,17	26	188	0,7	8,9
<i>Melinis minutiflora</i>	0,11	0,15	11	23	0,3	1,1
Média	0,20	1,76	26	231	0,7	11,0
<b>Leguminosas</b>						
<i>Macrotyloma uniflorum</i> cv. Leichardt	0,16	1,97	20	443	0,6	21,1
<i>Vigna luteola</i> cv. Dalrymple	0,27	2,16	31	272	0,9	12,9
<i>Centrosema pubescens</i>	0,05	0,95	7	131	0,2	6,2
<i>Macroptilium atropurpureum</i> cv. Siratro	0,27	1,10	28	196	0,8	9,3
<i>Calopogonium mucunoides</i>	0,02	0,98	4	162	0,1	7,7
<i>Pueraria phaseoloides</i>	0,07	0,84	7	177	0,2	8,4
<i>Glycine wightii</i> cv. Tinaroo	0,28	0,78	27	121	0,8	5,8
<i>Desmodium uncinatum</i> cv. Silverleaf	0,15	0,66	18	83	0,5	3,9
<i>D. intortum</i> cv. Greenleaf	0,06	0,34	7	57	0,2	2,7
<i>Lotononis bainesii</i> cv. Miles	0,02	0,02	2	4	0,06	0,2
Média	0,15	0,97	15	165	0,4	7,8

Fonte: Adaptado de WHITEMAN (1980).

Essa temperatura afeta a vel. de crescimento

### 3.2. Relação água-nutrientes em pastagens

Segundo McNAUGHTON et alii (1982), o ecossistema de pastagens, na natureza, é basicamente regulado por três processos interagentes: assimilação e alocação de carbono, assimilação e alocação de nitrogênio e evapotranspiração. A interação dos fluxos de carbono, água e nitrogênio pode ser visualizada através da Figura 6.

Tabela 4. Efeito da radiação solar sobre o crescimento e o desenvolvimento do capim-buffel (*Cenchrus ciliaris*) na Austrália.

Época de semeadura	Comprimento do dia (h)	Temperatura (°C)	Radiação diária (cal/cm <sup>2</sup> )	Folhas (*) (n°)	Perfilhos (*) (n°)	MS (g)		
						Parte aérea	Raiz	Rizoma
Junho	9,48	10,0	350	0,119	0,170	4,7	2,4	0,2
Julho	10,06	9,0	350	0,166	0,219	5,2	4,2	0,3
Agosto	11,26	11,5	410	0,214	0,222	6,4	5,4	0,2
Novembro	14,03	19,5	690	0,468	0,524	6,4	4,5	0,4

(\*) Taxa diária do aparecimento de folhas no perfilho primário e do aparecimento de perfilhos na planta toda.  
Fonte: Adaptado de BURT (1968).

Tabela 5. Influência da intensidade luminosa sobre o crescimento e a produção de *Cynodon dactylon* cv. Coastal.

Disponibilidade de luz (%)	Produção forragem (MS-t/ha)	Raízes e rizomas (MS-t/ha)	Carboidratos de reserva (%)	Lignina (%)
100,0	15,5	5,17	15,8	9,2
64,3	14,1	3,51	14,0	9,7
42,8	10,6	3,44	10,5	10,2
28,8	8,1	2,39	9,0	10,4

Fonte: Adaptado de BURTON et alii (1959).

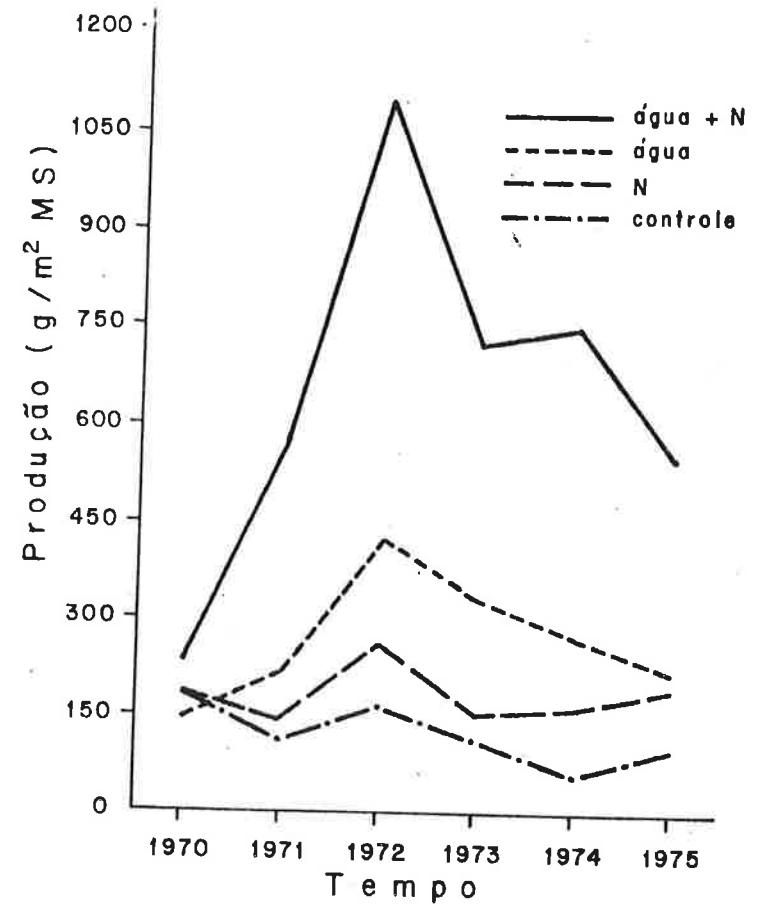


Figura 6. Efeito da adição de água e nitrogênio sobre a produção das pastagens (adaptado de McNAUGHTON et alii, 1982).

Quando somente nitrogênio foi adicionado no sistema ocorreu um pequeno aumento na produção da pastagem. A adição de água dobrou a produção em vários anos de estudo. Porém, a adição conjunta de água e nitrogênio aumentou a produção de matéria seca em cerca de 5 a 8 vezes em relação ao tratamento controle.

A disponibilidade de água para as plantas na pastagem pode aumentar sob condições de pastejo, em decorrência da redução da superfície transpirante. Assim, como consequência da maior disponibilidade de água, a fotossíntese é estimulada. Por outro lado, a importância da deficiência hídrica pode ser avaliada através do seu efeito sobre o crescimento celular, que é um dos parâmetros fisiológicos mais sensíveis à falta de água. Tão logo ocorra a perda de turgor, o processo de alongação cessa (Figura 7).

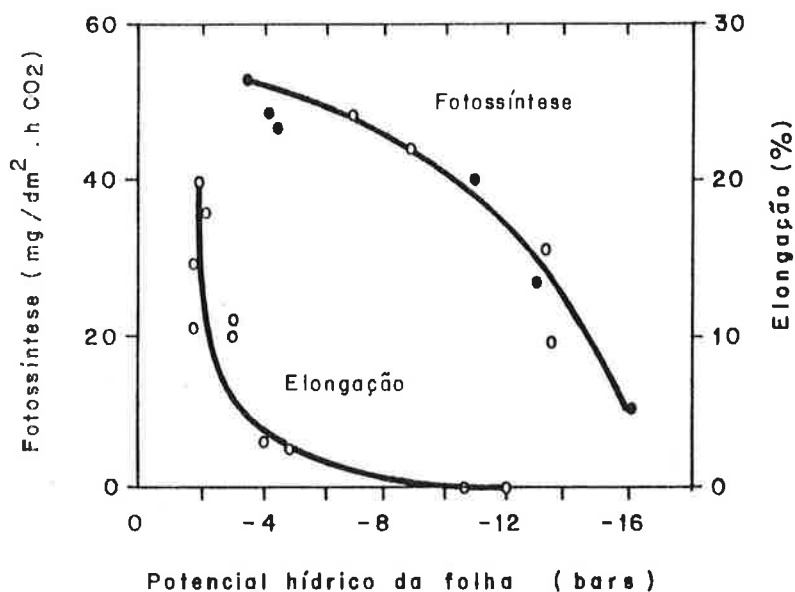


Figura 7. Efeito do potencial hídrico da planta sobre a alongação celular e a fotossíntese líquida (adaptado de BOYER, 1970).

### 3.3. A reciclagem de nutrientes em pastagens

A quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas na pastagem varia com o tipo de solo, umidade, temperatura, atividade microbiológica e o uso prévio da terra. Alguns nutrientes encontram-se prontamente disponíveis na solução do solo, outros são liberados pela mineralização, enquanto alguns são fixados pelas diferen-

tes frações do solo e podem ou não ser liberados ao longo do tempo. Assim, a composição química das forrageiras varia com a fertilidade do solo, com a aplicação de fertilizantes, com a espécie da planta, com o intervalo entre cortes (idade da planta) e com a competição entre as espécies pelos diferentes nutrientes. VICENTE-CHANDLER et alii (1974) verificaram que gramíneas bem adubadas removem grandes quantidades de nutrientes do solo quando cortadas (Tabela 6).

Tabela 6. Produção de forragem e remoção de nutrientes em gramíneas (\*).

Espécie	Produção de matéria seca (t/ha.ano)	Nutrientes removidos (kg/ha.ano)				
		N	P	K	Ca	Mg
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	32,9	333	54	442	150	77
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	27,8	380	64	460	148	53
<i>Pennisetum purpureum</i>	27,7	332	70	554	105	69
<i>Brachiaria mutica</i>	26,4	337	47	421	126	87
<i>Digitaria decumbens</i>	26,1	329	52	393	119	74
<i>Panicum maximum</i>	25,3	317	48	399	163	109
<i>Melinis minutiflora</i>	14,5	227	35	228	62	48
Média	25,8	332	53	415	125	74

(\*) Gramíneas cortadas a cada 60 dias e adubadas com N (440 kg/ha), P (71,5 kg/ha), K (440 kg/ha), aplicados em 6 doses iguais; calagem efetuada para obter pH = 6,0. Fonte: Adaptado de VICENTE-CHANDLER et alii (1974).

A grande remoção de nutrientes observada em experimentos de corte não ocorre na pastagem, uma vez que grande parte dos nutrientes absorvidos pelas plantas retorna ao solo através de resíduos vegetais ou dos excrementos dos animais. Considerando a importância da incorporação dos excrementos ao solo, para que ocorra uma maior eficiência no aproveitamento de nutrientes pelas plantas, transcrevemos a seguir algumas considerações apresentadas por RODRIGUES (1985a) sobre a atuação dos besouros coprófagos em pastagens.

#### 3.3.1. Importância dos besouros coprófagos em pastagens

A introdução de variedades forrageiras mais produtivas e o uso de fertilizantes e leguminosas em pastagens permitem a utilização de sistemas de produção mais intensivos, onde as taxas de lotação das pastagens são mais elevadas. Em muitas regiões, o aumento do número de animais por unidade de área tem contribuído para quebrar o equilíbrio ecológico do sistema solo-planta-animal, através da quantidade de excrementos que é depositada no pasto.

Os prejuízos causados pela permanência dos excrementos na pastagem decorrem principalmente do bloqueio de nutrientes necessários para o crescimento das plantas e da rejeição da forragem pelos animais. Além disso, a multiplicação de moscas indesejáveis é favorecida pela presença do estrume.

A Austrália tem aproximadamente 200 espécies de besouros coprófagos nativos que alimentam-se e desintegram os excrementos do canguru e de outros marsupiais, mas que não são efetivas na decomposição de fezes bovinas. A observação de que grandes áreas de pastagens permaneciam cobertas por excrementos de bovinos durante muito tempo, estimulou os australianos a introduzir em suas pastagens besouros coprófagos originários de outras regiões geográficas (DUNG, 1978).

Em algumas áreas dos EUA a situação é mais ou menos semelhante àquela observada na Austrália, ou seja, os besouros e os microrganismos coprófagos não são capazes de remover com eficiência os excrementos depositados pelos bovinos. Durante a década de 70, algumas liberações desses insetos foram realizadas com sucesso em pastagens experimentais nos Estados da Califórnia, Geórgia e Texas (ANDERSON & LOOMIS, 1978; FINCHER et alii, 1981).

No Brasil, a atuação desses insetos passa muitas vezes despercebida ao observador menos atento ou que não esteja familiarizado com o hábito dos mesmos. Entretanto, no início da estação chuvosa os besouros são encontrados em plena atividade, logo após a entrada dos animais na pastagem. Não raramente, nas fazendas, as crianças curiosas os observam movendo bolas de fezes.

Aproximadamente 70 a 80% do nitrogênio contido nas fezes de bovinos é perdido em pouco tempo quando os excrementos permanecem expostos ao ar. Entretanto, essa perda pode ser reduzida para cerca de 10 a 15% quando os excrementos são incorporados ao solo logo após terem sido excretados (GILLARD, 1967).

No processo de enterrar os excrementos, os besouros coprófagos escavam uma grande quantidade de solo, o que contribui para a melhoria das propriedades físicas do mesmo. Ademais, a taxa de reciclagem de nutrientes é acelerada, contribuindo para aumentar o fluxo e a retenção de nutrientes no sistema solo-planta-animal (MOTT & POPENOE, 1977).

Na Tabela 7 são apresentadas, a título de ilustração, as quantidades de solo escavado e de estrume incorporado ao solo por três espécies de besouros.

A importância dos besouros coprófagos pode ser melhor avaliada através de seus efeitos sobre a produção de forragem (Tabela 8).

Quando em número suficiente, os besouros coprófagos podem remover uma placa de fezes poucas horas após a mesma ter sido excretada (HEINRICH & BARTHOLOMEW, 1979). Os excrementos podem ser completamente incorporados ao solo dentro de 40-50 horas, quando as condições ambientais favorecem a atuação desses insetos.

Tabela 7. Quantidades de solo escavado e de estrume incorporado ao solo pelos besouros coprófagos.

Espécie	Quantidade/buraco (g)	
	Solo escavado	Estrume enterrado
<i>Pinotus carolineus</i>	287,1	48,5
<i>Copris tulius</i>	37,8	7,3
<i>Phanaeus sp.</i>	93,4	9,6

Fonte: Adaptado de MOTT & POPENOE (1977).

Tabela 8. Efeito dos besouros coprófagos sobre a produção de milho e sobre a absorção de nitrogênio, fósforo e enxofre pelas plantas.

Tratamento	Produção MS (g)		Absorção (mg)		
	Parte aérea	Raízes	N	P	S
Testemunha	13,6	10,1	105	11,5	14,9
Besouros	13,1	10,6	106	10,8	11,8
Estrume	17,3	12,7	127	14,8	15,7
Estrume (manual)	37,0	18,4	253	52,3	28,6
Estrume + besouros	31,3	14,7	206	40,7	24,9
Teste + N + P + S	37,5	14,2	207	57,3	46,8
DMS					
P = 0,05	2,9	2,7	24	4,2	3,8
P = 0,01	4,0	3,7	33	5,6	5,1

Médias de 10 repetições (vasos).

Fonte: Adaptado de BORNEMISZA & WILLIAMS (1970).

Alguns parasitas internos e externos, que contribuem para a transmissão de doenças, dependem das fezes para completar seu ciclo de vida, e os besouros coprófagos constituem agentes efetivos no controle dos mesmos. A população de certas espécies de moscas pode ser bastante reduzida quando as fezes são ingeridas ou enterradas dentro de 1 ou 2 dias após terem sido excretadas.

A adaptação ecológica de cada espécie de besouro coprófago é determinada pela combinação de certos fatores, tais como clima, comportamento circadiano, tipo de solo e vegetação e interação com as espécies locais.

De maneira geral, a temperatura mínima média para os insetos da família Scarabaeidae está ao redor de 15°C, porém os besouros são mais ativos em regiões



mais quentes (WATERHOUSE, 1974). Em observações que realizamos em pastagens de capim-elefante anão, na Flórida (EUA), pudemos constatar que os besouros aumentam em número e intensificam suas atividades com o início das primeiras chuvas e a elevação da temperatura.

As observações realizadas até agora na Austrália e nos EUA sugerem que a fauna coprófaga de uma região deve ser constituída por várias espécies que possam viver em conjunto, de acordo com os hábitos de alimentação e de nidificação, e com um mínimo de competição. Nesses países, as espécies que têm as pastagens com habitat preferido, e que são estritamente coprófagas nos estádios de larva e adulto, têm merecido especial atenção.

Os resultados encontrados na literatura sugerem que os besouros coprófagos tendem somente a beneficiar o sistema solo-planta-animal. Entretanto, é importante lembrar que a remoção, a decomposição ou a incorporação dos excrementos em pastagens não depende somente da atuação dos besouros, mas também de microrganismos coprófagos, do sistema de manejo adotado, do clima, do solo, da fauna e da flora existentes na região.

#### 4. EFEITOS DA DESFOLHAÇÃO DA PASTAGEM

A produção de plantas forrageiras sob pastejo depende de fatores climáticos e edáficos e das condições de manejo que lhe são impostas. Assim, o entendimento de como as plantas reagem e crescem após uma desfolha é fundamental para que se possa explorá-las adequadamente. Neste contexto, transcrevemos a seguir parte do trabalho apresentado por RODRIGUES (1985b).

Os efeitos da desfolhação em plantas forrageiras podem ser quantificados e avaliados em termos de frequência, intensidade e época. Por frequência entende-se o intervalo de tempo entre cortes e pastejos sucessivos. A intensidade é medida pela proporção de material vegetal removido e pelas características e quantidade de material remanescente após a desfolha. A época ou estação da desfolha é considerada em relação ao estágio de desenvolvimento da planta e às condições ambientais vigentes (HUMPHREYS, 1966, 1981; HARRIS, 1978).

Na prática, os termos desfolha e desfolhação são utilizados para expressar a remoção de folhas e de outras partes da planta, tais como inflorescência e colmos, através de corte ou de pastejo, e nesse sentido serão empregados no decorrer deste capítulo.

De modo geral, o crescimento inicial e a rebrota de plantas forrageiras após uma desfolha seguem o padrão de crescimento sigmóide comum aos organismos biológicos (Figura 8).

Após um período de crescimento inicial lento (OB), segue-se um período de crescimento bastante rápido (BC), onde as produções de matéria seca aumentam

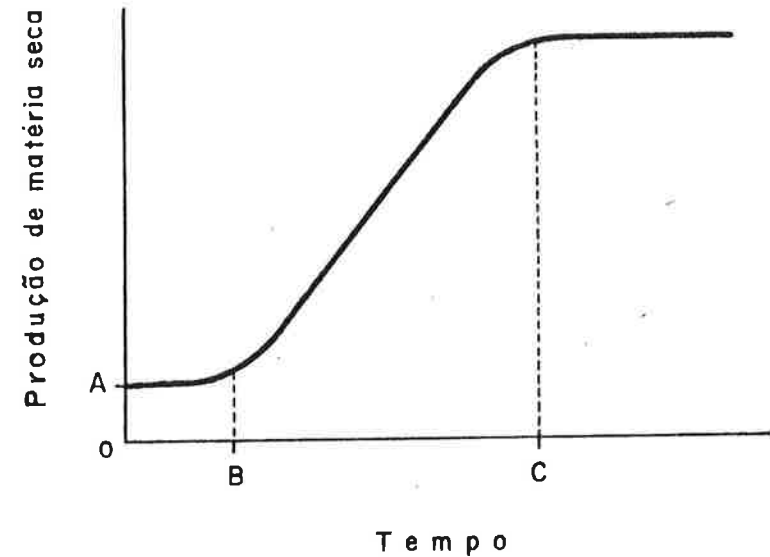


Figura 8. Curva padrão de crescimento ou de rebrota de plantas forrageiras.

linearmente com o tempo. Posteriormente, observa-se uma estabilização do crescimento, quando as folhas inferiores não recebem luz suficiente para fotossintetizar eficientemente. Num estágio mais avançado, pode-se imaginar uma redução na matéria seca acumulada devido à senescência e à morte das folhas mais velhas.

Para melhor aproveitar as características de crescimento das forrageiras, o especialista em manejo de pastagens deve então manejar as plantas objetivando obter uma série de rebrotas sucessivas (Figura 9), que apresentem o padrão de crescimento sigmóide já ilustrado. Assim, ficaria assegurado que durante a maior parte da estação de pastejo a taxa de crescimento da pastagem seria linear, ou seja, do tipo encontrado no período compreendido entre os pontos B e C (Figura 8). Em outras palavras, a intensidade da desfolha deve ser tal que o período OB seja relativamente curto (Figura 9-A). Por outro lado, desfolhas mais intensas resultariam num período inicial de rebrota mais longo, diminuiriam o número de ciclos de utilização da pastagem, durante a estação de crescimento, de quatro para três, e possivelmente a produção de forragem seria reduzida a cada ciclo de rebrota (Figura 9-B).

As informações anteriormente mencionadas sugerem que as pastagens deveriam ser cortadas ou pastejadas assim que a sua taxa de crescimento começasse a diminuir. Entretanto, como nesse momento o valor nutritivo das forrageiras é geralmente baixo, seria interessante utilizar as pastagens em estádios menos avançados de crescimento para que os animais possam colher forragem de melhor qualidade.

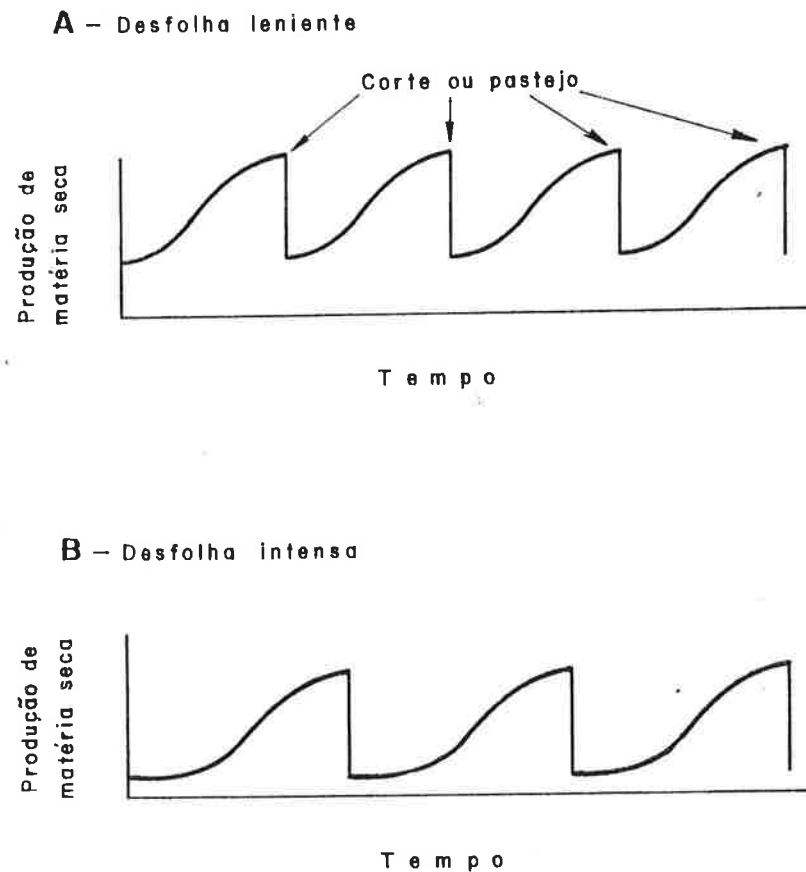


Figura 9. Efeitos da desfolha leniente ou intensa sobre o padrão de crescimento de espécies forrageiras.

Resultados de pesquisa têm mostrado, e as observações práticas confirmam, que desfolhas frequentes e intensas de plantas forrageiras resultam em redução progressiva na produtividade da pastagem e determinam, a curto prazo, a degradação irreversível das mesmas.

Os efeitos do corte ou do pastejo podem ser melhor caracterizados ao estudarmos a desfolha de um perfilho individual. A Figura 10 mostra, em forma esquemática, a estrutura de um perfilho de gramínea onde estão identificados os seguintes componentes:

a) folhas expandidas e fotossinteticamente ativas;

- b) folhas que estão emergindo e que ainda não atingiram a sua capacidade fotossintética total;
- c) folhas que ainda não emergiram e que dependem dos assimilados produzidos por folhas mais velhas para crescer;
- d) meristema apical;
- e) gemas axilares.

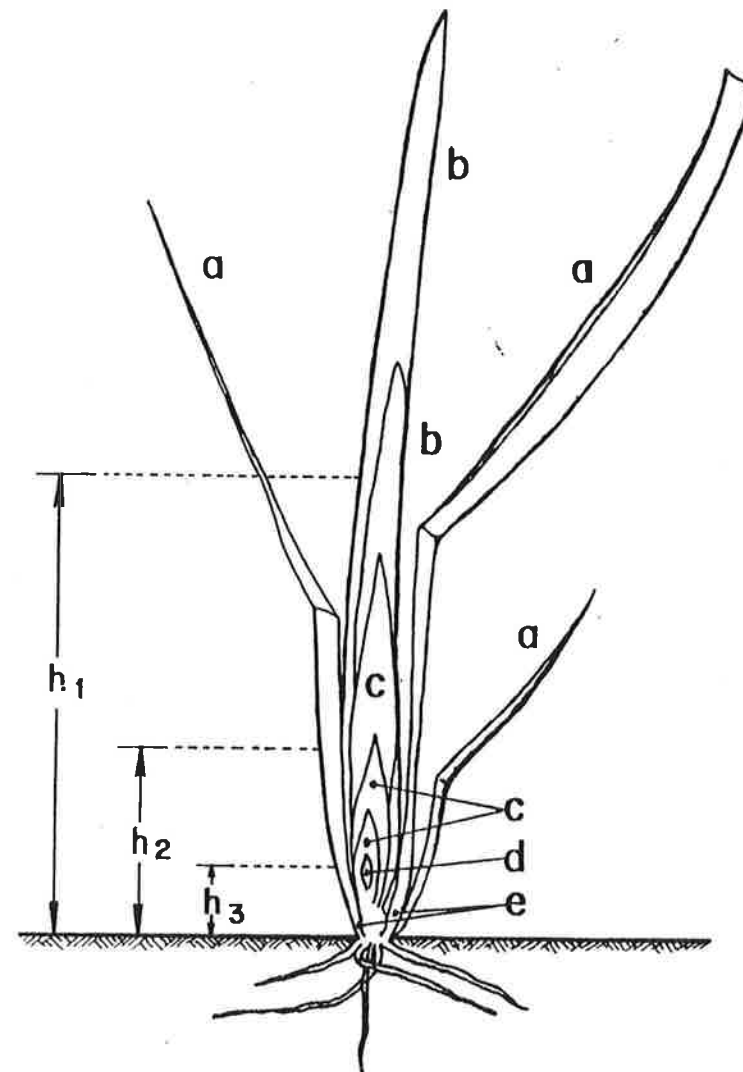


Figura 10. Estrutura de um perfilho de gramínea (legendas no texto).

Apenas para ilustrar, vamos considerar os efeitos da desfolha deste perfilho em três alturas de manejo ( $h_1$ ,  $h_2$  e  $h_3$ ). As dimensões destas alturas poderão variar de acordo com a espécie. Seria interessante salientar que, neste exemplo, o importante não é o valor real da altura de manejo, e sim quais as partes da planta que são removidas com a desfolha.

Os efeitos da desfolha na altura  $h_1$  dependem das condições ambientais prevalentes por ocasião do corte ou do pastejo. Quando as condições climáticas e nutricionais são favoráveis, o crescimento das plantas será pouco afetado se considerarmos que o processo de fotossíntese não será interrompido. Em condições desfavoráveis, poderá ocorrer uma paralisação temporária no crescimento do sistema radicular, o que reduziria a taxa de crescimento logo após a desfolha, sem entretanto afetar a produção de matéria seca da rebrota.

A desfolha na altura  $h_2$ , além de eliminar quase todas as folhas fotossinteticamente ativas, poderá remover porções do colmo mais próximas do solo e que servem como regiões de armazenamento de carboidratos não estruturais. Na falta de um suprimento adequado de carboidratos, a respiração do sistema radicular é afetada, prejudicando o crescimento das raízes e a absorção de nutrientes. Nestas circunstâncias, a recuperação das plantas está relacionada com a intensidade dos danos causados ao sistema radicular, e depende da rápida reposição de folhas pelo meristema apical.

Finalmente, a desfolha efetuada na altura  $h_3$  irá eliminar o meristema apical, que é o principal ponto de crescimento do perfilho. Este tipo de desfolha tem um efeito mais drástico sobre as plantas, uma vez que a destruição deste ponto de crescimento resulta na paralisação do crescimento e na eventual morte do perfilho. Neste caso, a rebrota será muito mais lenta, pois irá ocorrer a partir de gemas axilares ou basais.

## 5. RESPOSTAS DE PLANTAS FORRAGEIRAS À DESFOLHA

Numerosos estudos sobre a morfofisiologia de forrageiras ressaltam que a recuperação das plantas após uma desfolha pode ser influenciada pelas características morfológicas das plantas, isto é, pelo número de pontos de crescimento pelos quais a rebrota poderá ocorrer, pelos teores de carboidratos não estruturais armazenados no tecido residual e pela área foliar remanescente após o corte ou o pastejo (PEDREIRA, 1965; MILTHORPE & DAVIDSON, 1966; HUMPHREYS, 1966, 1981; JEWISS, 1966; HYDER, 1972; YOUNGNER, 1972; GOMIDE, 1973; DAHL & HYDER, 1977; HARRIS, 1978; GOMIDE et alii, 1979; BELYUCHENKO, 1980; DOVRAT et alii, 1980; VICKERY, 1981; DEREGIBUS et alii, 1982; RODRIGUES, 1984). Entretanto, a maior parte das informações disponíveis sobre o comportamento das forrageiras tropicais após a desfolha é resultante de experimentos de

corte realizados em pequenos canteiros. Assim, é importante lembrar que existem várias diferenças entre os efeitos de corte e de pastejo.

Em experimentos onde as forrageiras são cortadas mecanicamente ou com tesouras, a intensidade da desfolha é uniforme e os dados são obtidos a intervalos de tempo constantes. Sob condições de pastejo, vários componentes de rebrota são afetados devido ao pisoteio, à distribuição de excremento pela pastagem e à seletividade de pastejo exercida pelos animais à procura de forragem de melhor qualidade.

A frequência e a intensidade com que um perfilho é pastejado podem variar de acordo com a taxa de lotação, a densidade de folhas e a altura das plantas. Mesmo sob condições de utilização intensiva de pastagens exclusivas de gramíneas pode-se observar um padrão de pastejo, de maneira que algumas plantas escapam à desfolhação por um certo período de tempo. Segundo HODGKINSON & WILLIAMS (1983), as plantas que sobrevivem ao pastejo usualmente respondem através de mudanças na sua forma e função. Assumindo um hábito de crescimento prostrado, através de perfilhamento horizontal, ou alterando suas características fisiológicas, as plantas forrageiras adaptam-se à situação de pastejo e, portanto, asseguram sua persistência na pastagem. A curto prazo, as forrageiras recuperam-se dos efeitos da desfolha através de mecanismos de ajuste fisiológicos, que induzem mudanças compensatórias no funcionamento de vários órgãos das plantas. Essas mudanças incluem a reativação da taxa fotossintética nas folhas residuais, a redistribuição de substâncias orgânicas dentro da planta, especialmente de carboidratos não estruturais, o estímulo à produção de hormônios que controlam e promovem as atividades meristemáticas, e a redução da fixação de nitrogênio nas raízes das leguminosas. Outros fatores, tais como o desenvolvimento de um sistema radicular vigoroso e a habilidade de produzir sementes, podem contribuir para a persistência das plantas na pastagem.

Há ainda que se reconhecer que fatores ambientais, tais como luminosidade, umidade do solo, temperatura e fertilidade do solo, ao lado de fatores intrínsecos da própria planta, influenciam a resposta das forrageiras à desfolha e condicionam a produtividade da pastagem.

## 6. CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE FORRAGEIRAS E SUA IMPORTÂNCIA NO MANEJO DE PASTAGEM

Fazendo-se uma rápida revisão da literatura pode-se constatar que tradicionalmente as orientações sobre manejo de pastagem estavam apoiadas na utilização de substâncias orgânicas, principalmente carboidratos não estruturais, acumuladas nas raízes e bases do caule das plantas. A observação de que ocorre uma redução nos teores de carboidratos de reserva após uma desfolha serviu de fundamento para admitir-se que os mesmos estariam sendo mobilizados para atender ao novo crescimento. De fato, a associação entre o teor de reserva e a rebrota das plantas foi demonstrada com espécies de clima temperado. Entretanto, os resultados de algumas

investigações com gramíneas tropicais e subtropicais têm indicado que a produção de matéria seca da rebrota, avaliada 20 a 30 dias após a desfolha, não dependeria do teor de carboidratos por ocasião do corte ou do pastejo (GOMIDE et alii, 1979; DOVRAT et alii, 1980; JONES & CARABALY, 1981). Por outro lado, é bem aceito o fato de que a redução de carboidratos nos órgãos de reserva da planta está associada com a manutenção da respiração e o crescimento do sistema radicular logo após a desfolha.

Na realidade, quando a pastagem é utilizada de forma contínua, sem que haja tempo para o restabelecimento de um nível mínimo de reservas através da fotossíntese, as plantas desfolhadas debilitam-se e acabam por desaparecer, cedendo lugar às espécies indesejáveis.

Posteriormente, postulou-se que a recuperação de plantas desfolhadas dependeria da área foliar remanescente. Essa hipótese foi esclarecida através do trabalho clássico de BROUGHAM (1956), que demonstrou que a velocidade de recuperação do azevém anual é inversamente proporcional ao grau de desfolha sofrido pela planta. Desde então, o conceito de índice de área foliar (IAF), que é a relação entre a área de folhas (uma superfície) e a área de solo ocupada pelas mesmas, tem sido utilizado em estudos de plantas forrageiras.

O uso do conceito de IAF apresenta algumas limitações práticas, que resultam de alterações na arquitetura foliar e nas características fotossintéticas das plantas e de mudanças na composição botânica da pastagem.

Os efeitos do IAF e da matéria seca residual sobre a taxa de crescimento relativo e a produção de matéria seca da rebrota de espécies estoloníferas e cespitosas foram estudados por JONES & CARABALY (1981). Estes autores concluíram que no manejo de espécies cespitosas deve-se evitar desfolhas excessivas para manter a produtividade das rebrotas. Eles verificaram ainda que o vigor da rebrota, tanto em espécies estoloníferas, como em espécies cespitosas, estava correlacionado com a área foliar e a quantidade de matéria seca remanescente após a desfolha.

Mais recentemente, os resultados de pesquisa têm realçado a importância de um novo conceito a ser observado no manejo de pastagens, e que nós poderíamos denominar de potencial de reposição de folhas. Este conceito é abrangente, pois engloba os seguintes aspectos:

- admite a importância dos carboidratos não estruturais como fonte de energia prontamente disponível, que seria utilizada pelas plantas logo após a desfolha para manter as suas atividades vitais;
- respeita o conceito de índice de área foliar no sentido de que a desfolhação total das plantas não é desejável, pois a fotossíntese sofreria uma interrupção brusca, afetando sensivelmente as taxas de rebrota;
- destaca a importância da sobrevivência dos meristemas apicais como fator fundamental para condicionar uma rápida reposição de folhas na pastagem.

É fato reconhecido que as respostas de forrageiras ao pastejo dependem do seu hábito de crescimento. Como se sabe, plantas de crescimento prostrado, estoloníferas ou rizomatosas, como a grama batatais e a grama coast-cross, são mais tolerantes ao pisoteio do que plantas cespitosas (de crescimento ereto), como o capim-colônião ou o capim-elefante. As diferenças observadas entre gramíneas, com relação ao seu hábito de crescimento, são devidas ao comprimento dos entrenós e à forma de desenvolvimento de perfilhos laterais.

Em gramíneas tropicais, o crescimento do caule resulta do alongamento dos entrenós e pode ocorrer enquanto a planta ainda está na fase vegetativa de crescimento. Assim, os meristemas apicais são elevados e tornam-se vulneráveis à desfolhação. Trabalhando com o capim colônião, GOMIDE et alii (1979) obtiveram uma correlação estreita e positiva entre a rebrota da gramínea e a sobrevivência dos meristemas apicais (Figura 11). Assim, quanto maior for a remoção destes pontos de crescimento, maior será o tempo necessário para que as plantas possam ser submetidas a novo pastejo.

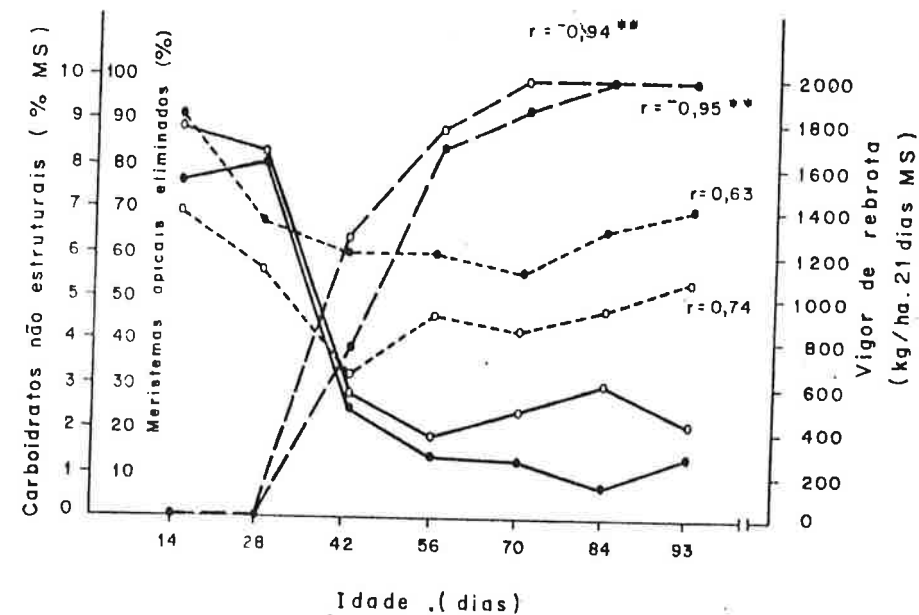


Figura 11. Variação do vigor da rebrota (—) com a porcentagem de eliminação dos meristemas apicais (—) ou com os teores de carboidratos não estruturais na base do caule (-----) do capim colônião adubado (●) e não adubado (○) em função da idade da planta na época do corte (GOMIDE et alii, 1979)

Reconhecida a relevância dos meristemas apicais na rebrota das gramíneas, pode-se deduzir que a posição dos pontos de crescimento por ocasião do corte ou pastejo determina o grau de suscetibilidade das plantas forrageiras à desfolha.

BELYUCHENKO (1980) demonstrou que a altura de corte modifica a proporção dos tipos de perfilhos que aparecem na rebrota do capim-elefante (Tabela 9). Quando as plantas foram cortadas próximas ao solo, os novos perfilhos originaram-se a partir de gemas dos rizomas. Cortes a 10 ou 15 cm produziram uma quantidade apreciável de brotações basais. Cortes acima de 15 cm resultaram na predominância de brotações axilares. Esta informação sugere que a planta forrageira pode alterar sua morfologia para adaptar-se às diferentes condições de manejo que lhe são impostas. De fato, RODRIGUES (1984) observou que as características morfológicas do capim-elefante anão modificaram-se acentuadamente quando a gramínea foi submetida a diferentes ciclos e pressões de pastejo (Tabela 10).

Tabela 9. Efeito da altura de corte sobre a composição porcentual de diferentes tipos de brotações (gemmas) na rebrota do capim-elefante.

Tipo de brotação (gemmas)	Altura de corte (cm)					
	0	5	10	15	30	50
Rizoma	95	90	29	3	4	—
Basal	5	6	25	31	10	2
Apical	—	—	9	12	18	20
Axilar	—	4	36	55	69	78

Fonte: Adaptado de BELYUCHENKO (1980).

Como a altura média dos meristemas apicais varia em função de fatores tais como idade da planta, altura de corte, época do ano e práticas de adubação, seria recomendável determinar, através de amostragens no campo, a altura média desses meristemas e, em função dela, estabelecer a altura de manejo que permita a maior sobrevivência dos mesmos.

Apesar de não se ter abordado neste capítulo os efeitos do fogo e da pressão de pastejo, é provável que o ecossistema de pastagem seja tão sensível a esses fatores quanto aos que foram aqui discutidos.

## 7. CONCLUSÃO

O conhecimento detalhado da morfofisiologia das plantas forrageiras é fundamental para que se possa estabelecer normas adequadas de manejo. Todavia, trabalhos comparando os efeitos de manejo sobre a persistência e a produtividade de

Tabela 10. Características morfológicas do capim-elefante anão sob condições de pastejo.

Combinação de tratamentos		Altura meristema apical (cm)	Gemas axilares por perfilho (nº)	Entrenós por perfilho (nº)	Comprimento dos entrenós (cm)
PP(*) (MSFR)	CP(**) (dias)				
250	contínuo	8,0	6,8	13,3	0,7
1400	contínuo	16,7	10,7	15,3	1,1
2500	contínuo	25,4	14,9	19,0	1,4
250	28	10,2	7,3	13,1	0,8
1400	28	17,9	11,5	16,0	1,1
2500	28	24,4	14,0	18,1	1,4
250	56	14,8	9,5	13,6	1,1
1400	56	23,3	18,8	17,0	1,4
2500	56	27,3	14,2	18,1	1,5

(\*) PP — pressão de pastejo; MSFR = matéria seca de folhas residual (kg/ha).

(\*\*) CP — ciclo de pastejo = período de descanso + 2 dias de pastejo.

Fonte: Adaptado de RODRIGUES (1984).

forrageiras em pastagem são escassos. O efeito do manejo na persistência de pastagens consorciadas assume ainda maior importância, considerando-se que, neste caso, ter-se-ia de manejar duas ou mais forrageiras com características e exigências fisiológicas e de manejo bem distintas.

As informações disponíveis na literatura ressaltam a importância da sobrevivência dos meristemas apicais, dos teores de carboidratos não estruturais e da área foliar remanescente após a desfolha como fatores essenciais à pronta recuperação das forrageiras. As interações desses fatores com as condições ambientais condicionam a produtividade e a persistência das pastagens.

## 8. LITERATURA CITADA

- ANDERSON, J.R. & LOOMIS, E.C. Exotic dung beetles in pastures and range ecosystems. *California Agriculture*, Berkeley, 32:31-2, 1978.
- BELYUCHENKO, I.S. Features of regrowth of paniculate and eragrostoid perennial grasses. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 13., Berlin, 1977. *Proceedings*. Berlin, Akademie-Verlag, 1980. p. 193-6.
- BLACK, C.C. Ecological implications of dividing plants into groups with distinct photosynthetic production capacities. In: CRAGG, J.B., ed. *Advances in ecological research*. New York, Academic Press, 1971. v. 7, p. 87-114.

- BORNEMISZA, G.F. & WILLIAMS, C.H. An affect of dung beetle activity on plant yield. *Pedobiology*, Jena, 10:1-17, 1970.
- BOYER, J.S. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potenciales. *Plant Physiology*, Bethesda, 46:233-5, 1970.
- BROUGHAM, R.W. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, 7:377-87, 1956.
- BURT, R.L. Growth and development of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*). *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, Melbourne, 8:712-9, 1968.
- BURTON, G.W.; JACKSON, J.E.; KNOX, F.E. The influence of light reduction upon the production, persistence, and chemical composition of Coastal Bermudagrass, *Cynodon dactylon*. *Agronomy Journal*, Madison, 51:537-42, 1959.
- CROWDER, L.V. & CHHEDA, H.R. *Tropical grassland husbandry*. New York, Longman, 1982. 562p.
- DAHL, B.E. & HYDER, D.N. Developmental morphology and management implications. In: SOSEBEE, R.E., ed. *Rangeland plant physiology*. Denver, Society of Range Management, 1977. p. 257-90.
- DEREGIBUS, V.A.; TRLICA, M.J.; JAMESON, S.A. Organic reserves in herbage plants: their relationship to grassland management. In: REHCIGL Jr., M., ed. *Handbook of agricultural productivity*. Boca Raton, CRC Press, 1982. p. 315-44.
- DOVRAT, A.; DAYAN, E.; VAN KEULEN, H. Regrowth potencial of shoot and of roots of Rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth) after defoliation. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, Wageningen, 28:185-99, 1980.
- DUNG beetles dig in. *Rural Research*, 98:13-20, 1978.
- EAGLES, C.F. & WILSON, D. Photosynthetic efficiency and plant productivity. In: REHCIGL Jr., M., ed. *Handbook of agricultural productivity*. Boca Raton, CRC Press, 1982. p. 213-47.
- FINCHER, G.T.; MONSON, G.A.; BURTON, G.W. Effects of cattle faeces rapidly buried by dung beetles on yield and quality of coastal Bermudagrass. *Agronomy Journal*, Madison, 73:755-9, 1981.

- GILLARD, P. Coprophagous beetles in pasture ecosystems. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*, St. Lucia, 33:30-4, 1967.
- ↘ GOMIDE, J.A. Fisiologia e manejo de plantas forrageiras. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 2:17-26, 1973.
- ↘ GOMIDE, J.A.; OBEID, J.A.; RODRIGUES, L.R.A. Fatores morfofisiológicos de rebrota do capim-colínião (*Panicum maximum*). *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 8:532-62, 1979.
- HARRIS, W. Defoliation as a determinant of the growth, persistence, and composition of pasture. In: WILSON, J.R., ed. *Plant relations in pastures*. Melbourne, CSIRO, 1978. p.67-84.
- HEINRICH, B. & BARTHOLOMEW, G.A. The ecology of the African dung beetle. *Scientific American*, New York, 241:146-56, 1979.
- HODGKINSON, K.C. & WILLIAMS, O.B. Adaptation to grazing in forage plants. In: McIVOR, J.G. & BRAY, R.A., ed. *Genetic resources of forage plants*. Melbourne, CSIRO, 1983. p. 85-100.
- HUMPHREYS, L.R. *Environmental adaptation of tropical pasture plants*. London, Macmillan Publishers, 1981. 257p.
- HUMPHREYS, L.R. Pasture defoliation practice: a review. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*, St. Lucia, 32:93-105, 1966.
- HYDER, D.N. Defoliation in relation to vegetative growth. In: YOUNGNER, V.B. & McKELL, C.M., ed. *The biology and utilization of grasses*. New York, Academic Press, 1972. p. 304-17.
- JEWISS, O.R. Morphological and physiological aspects of growth of grasses during the vegetative phase. In: MILTHORPE, F.L. & IVINS, J.D., ed. *The growth of cereals and grasses*. London, Butterworths, 1966. p. 39-56.
- JONES, C.A. & CARABALY, A. Some characteristics of the regrowth of 12 tropical grasses. *Tropical Agriculture*, Guildford, 58:37-44, 1981.
- McNAUGHTON, S.J.; COUGHENOUR, M.B.; WALLACE, L.L. Interactive processes in grassland ecosystems. In: ESTES, J.R.; TYRL, R. J.; BRUNKEN, J.N., ed. *Grasses and grasslands – systematics and ecology*. Norman, University of Oklahoma Press, 1982. p. 167-93.

- MILTHORPE, F.L. & DAVIDSON, J.L. Physiological aspects of regrowth in grasses. In: MILTHORPE, F.L. & IVINS, J.D., ed. **The growth of cereals and grasses**. London, Butterworths, 1966. p. 241-55.
- MOTT, G.O. & POPENOE, H.L. Grasslands. In: ALVIM, P. de T. & KOZLOWSKI, T.T., ed. **Ecophysiology of tropical crops**. New York, Academic Press, 1977. p. 157-86.
- PEDREIRA, J.V.S. Desenvolvimento de plantas forrageiras e sua importância no manejo de pastagens. *Zootecnia*, São Paulo, 3:31-40, 1965.
- RODRIGUES, L.R.A. **Morphological and physiological responses of dwarf elephant-grass (*Pennisetum purpureum* (L.) Schum.) to grazing management**. Gainesville, 1984. 192p. [Ph. D. – University of Florida]
- RODRIGUES, L.R.A. Aspectos comportamentais dos besouros coprófagos em pastagens. In: ENCONTRO PAULISTA DE ETOLOGIA, 3., Ribeirão Preto, 1985. *Anais*. Ribeirão Preto, AZESP-SBP, 1985a. p. 95-103.
- RODRIGUES, L.R.A. Fatores morfofisiológicos de plantas forrageiras e o manejo das pastagens. In: CURSO DE MANEJO DE PASTAGENS, 1., Nova Odessa, 1985. Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 1985b. 19p.
- VICENTE-CHANDLER, J.; ABRUÑA, F.; CARO-COSTAS, R.; FIGARELLA, J.; SILVA, S.; PEARSON, R.W. **Intensive grassland management in the humid tropics of Puerto Rico**. Rio Piedras, University of Puerto Rico Agriculture Experimental Station, 1974. 164p. (Bulletin, 233)
- VICKERY, P.J. Pasture growth under grazing. In: MORLEY, F.H.W., ed. **Grazing animals**. New York, Elsevier Scientific Publications, 1981. p. 55-77.
- WATERHOUSE, D.F. The biological control of dung. *Scientific American*, New York, 230:100-9, 1974.
- WHITEMAN, P.C. **Tropical pasture science**. New York, Oxford University Press, 1980. 392p.
- YOUNGNER, V.B. Physiology of defoliation and regrowth. In: YOUNGNER, V.B. & McKELL, C.M., ed. **The biology and utilization of grasses**. New York, Academic Press, 1972. p. 292-303.