

# **FISIOLOGIA DA PRODUÇÃO DE PLANTAS FORRAGEIRAS**

**Anibal de Moraes  
Ana Luiza Palhano**

## **I. INTRODUÇÃO**

Os processos fisiológicos estabelecem a capacidade para a captura da energia solar e a síntese de produtos necessários para sustentar o desenvolvimento da estrutura das plantas. A maior ou menor capacidade de captura da radiação está prioritariamente relacionada à área foliar presente na pastagem, que por sua vez representa o componente principal no consumo dos animais em pastejo, favorecido pelo processo de seleção da dieta. Este representa o grande dilema no manejo das pastagens, onde por um lado se tem uma demanda dos animais para satisfação de suas necessidades nutricionais básicas e por outro lado existe a demanda das plantas por uma permanente cobertura foliar. O impacto principal do pastejo no crescimento da pastagem é a redução da capacidade fotossintética associado ao decréscimo da área foliar. A capacidade de uma rápida reposição de folhas é conferida pelos processos fisiológicos e pela disponibilidade de meristemas.

## **II. ANÁLISE DO CRESCIMENTO DE PLANTAS FORRAGEIRAS**

Assim como qualquer organismo vivo, a planta forrageira apresenta comportamento sigmóide em termos de crescimento, como pode ser observado na Figura 1:

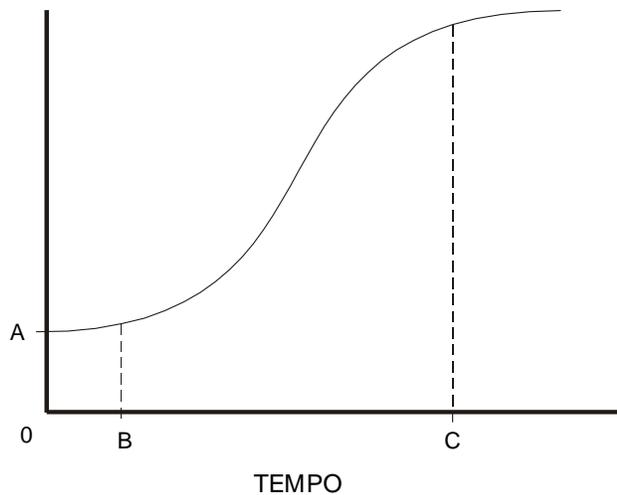


Figura 1 - Crescimento de uma dada planta forrageira ao longo do tempo

Observando a Figura 1, podemos verificar as distintas fases pelas quais atravessa o crescimento da planta forrageira.

A fase OB caracteriza-se pelo ritmo lento de crescimento pois, a planta perdeu grande parte de seu aparato fotossintético e, portanto, necessitará da mobilização de suas reservas para o novo crescimento, processo esse mais ou menos demorado, em função da intensidade da desfolhação.

Se o corte ou pastejo ocorrer de forma menos intensa, mais rapidamente a planta irá recuperar-se pois, o processo fotossintético não foi totalmente interrompido, observando-se portanto, rápida formação de folhas novas.

Um outro aspecto que parece colaborar na intensificação do ritmo da rebrota refere-se à fotossíntese compensatória, presente em plantas desfolhadas, cujas taxas fotossintéticas são geralmente superiores àquelas das plantas intactas ( RICHARDS, 1993).

Segundo BRISKE & RICHARDS (1995), esse fenômeno parece refletir um rejuvenescimento das folhas ou inibição na queda normal da capacidade fotossintética das folhas devido ao avanço na maturidade, o que permite às plantas desfolhadas fixar mais carbono quando comparadas às plantas intactas (Figura 2)

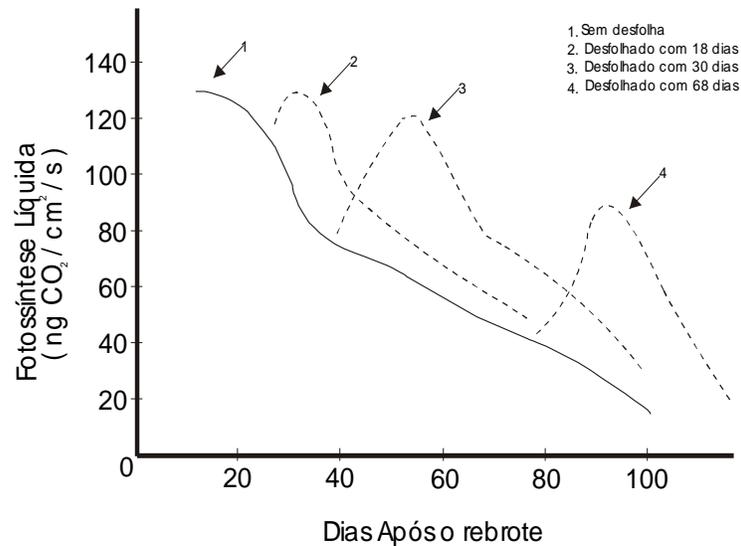


Figura 2 - Fotossíntese compensatória em folhas de três idades diferentes, comparada com folhas de plantas intactas, de mesma idade cronológica (Hodgkinson, 1974, citado por BRISKE & RICHARDS (1995))

Quanto à fase BC, ou fase linear de crescimento, a mesma apresenta ritmo acelerado pois, as primeiras folhas já expandiram-se e, portanto, a planta encontra-se em balanço positivo de carbono, o que irá traduzir-se em acúmulo de matéria seca.

A partir do ponto C, o ritmo de crescimento reduz-se, principalmente devido ao sombreamento sofrido pelas folhas mais velhas, inferiores no estrato vegetal e que, portanto, passarão a depender dos fotossintetizados adquiridos pelas folhas mais jovens.

Além disso, podemos observar que essas folhas sombreadas apresentam senescência acelerada, contribuindo menos para a produção de matéria seca total.

Diversos outros aspectos como metabolismo de fixação de CO<sub>2</sub>, índice de área foliar, reservas e área foliar remanescente merecem atenção neste ponto da discussão devido à influência que apresentam no crescimento das plantas.

## II.1. Metabolismo de fixação do CO<sub>2</sub>

O metabolismo de fixação do CO<sub>2</sub> varia quando consideramos separadamente plantas tropicais e subtropicais.

Conforme SALISBURY (1992), as plantas, durante sua evolução, desenvolveram variações no metabolismo fotossintético, sendo possível distingui-las em três grupos principais: C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> e CAM (metabolismo ácido das crassuláceas).

No primeiro grupo, das plantas C<sub>3</sub>, encontram-se as plantas que fixam e reduzem o CO<sub>2</sub> a carboidratos unicamente através do ciclo de Calvin, isto é, quando a molécula de CO<sub>2</sub> é fixada no mesófilo foliar através da combinação com uma molécula de Ribulose-difosfato (RUDP), através da enzima Ribulose-difosfato carboxilase, para produzir duas moléculas do ácido 3-fosfoglicérico (PGA). Daí, a denominação C<sub>3</sub>, pois o primeiro produto estável desse processo é uma molécula de três carbonos.

Quanto às espécies C<sub>4</sub>, as mesmas apresentam em suas folhas dois tipos de células clorofiladas: as do mesófilo e as da bainha vascular, sendo que as últimas circundam os tecidos vasculares. Essa anatomia recebe o nome de Kranz e está intimamente relacionada ao processo fotossintético nas espécies C<sub>4</sub> (SALISBURY, 1992).

Em muitas gramíneas tropicais, a primeira reação para fixação do CO<sub>2</sub> é catalizada pela enzima fosfoenol-piruvato carboxilase (PEP-carboxilase), que apresenta elevada afinidade pelo CO<sub>2</sub> (CORSI & NASCIMENTO JR, 1986). Nessas plantas, o primeiro produto estável da fotossíntese é o ácido oxaloacético (AOA), composto orgânico formado de quatro carbonos, surgindo, a partir daí, a denominação C<sub>4</sub>.

Mas o metabolismo C<sub>4</sub> não é alternativo ao ciclo de Calvin, visto que dele não resulta redução do CO<sub>2</sub> a carboidratos, pois esse processo ocorre exclusivamente nas células da bainha vascular, através do ciclo de Calvin.

Conforme MACHADO (1988), o fluxo do ácido de quatro carbonos, com liberação de CO<sub>2</sub> funciona como mecanismo de concentração de CO<sub>2</sub> nas células da bainha vascular. Essa concentração atinge níveis próximos à saturação da ribulose-difosfato carboxilase (RubisCO).

Sabe-se que essa enzima apresenta grande afinidade por O<sub>2</sub>, desenvolvendo, quando em presença de O<sub>2</sub>, a função de Ribulose-difosfato

oxigenase, processo esse relacionado à inibição da fotossíntese na presença de O<sub>2</sub> e ao fenômeno de fotorrespiração em plantas C<sub>3</sub> (YEOH et al., 1980).

Portanto, o aumento já citado na concentração de CO<sub>2</sub>, ocorrido nas plantas do tipo C<sub>4</sub> impede a ocorrência da fotorrespiração nessas plantas, tendo como resultado, maior taxa de fotossíntese que nas plantas C<sub>3</sub> (MACHADO, 1988).

Zelich (1979), citado por MACHADO (1988), considera que as perdas decorrentes da fotorrespiração, observadas nas plantas do tipo C<sub>3</sub>, acarretam diminuição entre 20 e 70% da fotossíntese.

No Quadro 1 encontram-se enumeradas alguns aspectos diferenciais entre espécies dos tipos C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>.

QUADRO 1. Algumas características de plantas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>.

PARÂMETROS	Mecanismo fotossintético	
	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
Taxa máxima de fotossíntese (mg CO <sub>2</sub> /dm <sup>2</sup> de folha)	15 a 39	40 a 80
Temperatura do dia, variação ótima para fixação de CO <sub>2</sub>	15 a 30 ° C	35 a 45°C
Taxa de crescimento máxima (g MS/m <sup>2</sup> .dia)	34 a 39	51 a 54

<b>Produção de MS</b>		
(t/ha.ano)	45	
45		
<b>Taxa de transpiração</b>		
(g H <sub>2</sub> O/g MS produzida)	490 a 950	250 a
350		
<b>Inibição da fotossíntese pelo</b>		
O <sub>2</sub> (2% O <sub>2</sub> versus 21% O <sub>2</sub> )	35 a 40%	< 5%
<b>Kg MS/kg N</b>	34	74

---

**FONTE:** adaptado de MAGALHÃES (1985)

De maneira geral, as plantas C<sub>4</sub> apresentam-se mais eficientes que aquelas do grupo C<sub>3</sub> quando submetidas a condições ambientais limitantes como, por exemplo, déficit hídrico ou temperaturas elevadas. Isso decorre da alta afinidade da enzima PEP-carboxilase pelo CO<sub>2</sub>, onde as células têm capacidade de assimilar o CO<sub>2</sub> com bastante eficiência, ao mesmo tempo que restringem a perda de água através da transpiração, fechando seus estômatos (MAGALHÃES, 1985).

Como exemplo de espécies de plantas do grupo C<sub>3</sub> tem-se as gramíneas de clima subtropical aveia, azevém e trigo, além de todas as espécies de leguminosas, subtropicais e tropicais.

No grupo C<sub>4</sub>, encontram-se espécies como capim elefante, milho e cana-de-açúcar.

## **II.2. Índice de Área Foliar (IAF)**

O Índice de Área Foliar (IAF) refere-se à área de folhas existente dentro de uma determinada área de solo ocupada pela planta (m<sup>2</sup> folhas/ m<sup>2</sup> solo) (RODRIGUES, 1985). Assim, quanto maior esse índice, o qual aumenta com a

idade da planta (GOMIDE, 1986), maior a interceptação de luz solar pela mesma (MONTEIRO & MORAES, 1996).

A Figura 3 mostra claramente a influência do IAF na taxa de crescimento da planta forrageira, apontando para a idéia de que esse índice pode ser utilizado no manejo das pastagens.

Conforme GOMIDE (1986), se a taxa respiratória das folhas for independente da luz, haverá um índice de área foliar (IAF "ótimo") em que a taxa de crescimento é máxima, quando a relação taxa de fotossíntese/taxa respiratória é máxima, sendo que nesse valor de IAF, as folhas inferiores atingem o ponto de compensação (quantidade de CO<sub>2</sub> absorvido pela fotossíntese igual quantidade de CO<sub>2</sub> liberado pela respiração) (MONTEIRO & MORAES, 1996).

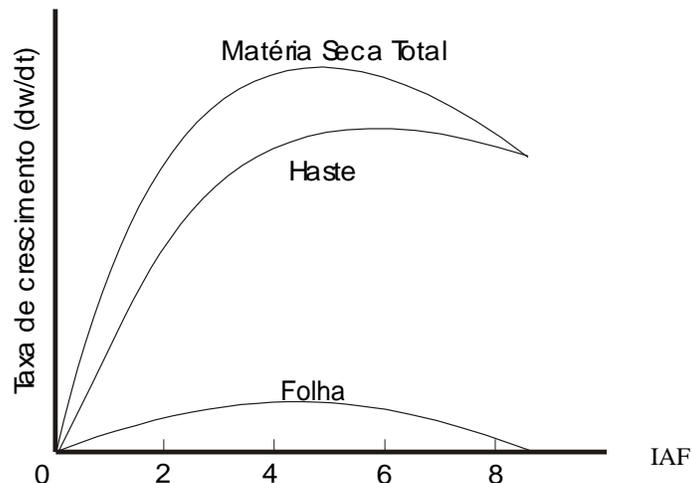


Figura 3 - Relações gerais entre taxa de aumento no peso de folhas, hastes e matéria seca total e o índice de área foliar de *Trifolium subterraneum* (Davidson & Donald, 1958, citados por HUMPHREYS, 1997).

Ao superar o valor de IAF "ótimo", haverá um número cada vez maior de folhas sombreadas, à medida que novas folhas formam-se nas partes mais altas (GOMIDE, 1986). Devido ao sombreamento, as folhas começam a senescer e morrer.

Conforme a Figura 3, observa-se que o IAF "ótimo", nas condições do experimento realizado, situou-se entre 4 e 5, o que maximizou o crescimento da pastagem.

Mas, o uso do conceito de IAF no manejo de pastagens apresenta algumas limitações práticas que resultam de alterações nas características fotossintéticas das plantas (MILTHORPE & DAVIDSON (1966) e de mudanças na arquitetura foliar e composição botânica da pastagem (RODRIGUES, 1985).

A Figura 4 estabelece as relações entre tamanho de folha, densidade de perfilhos e número de folhas por perfilho, características estruturais da pastagem que determinam o IAF da mesma. Conforme CHAPMAN & LEMAIRE (1993), fatores ambientais como qualidade de luz e temperatura podem afetar essas características e, conseqüentemente, também o IAF da pastagem.

Outros aspectos como seletividade de pastejo, pisoteio e manejo das pastagens podem colaborar para aumentar a complexidade do uso desse conceito.

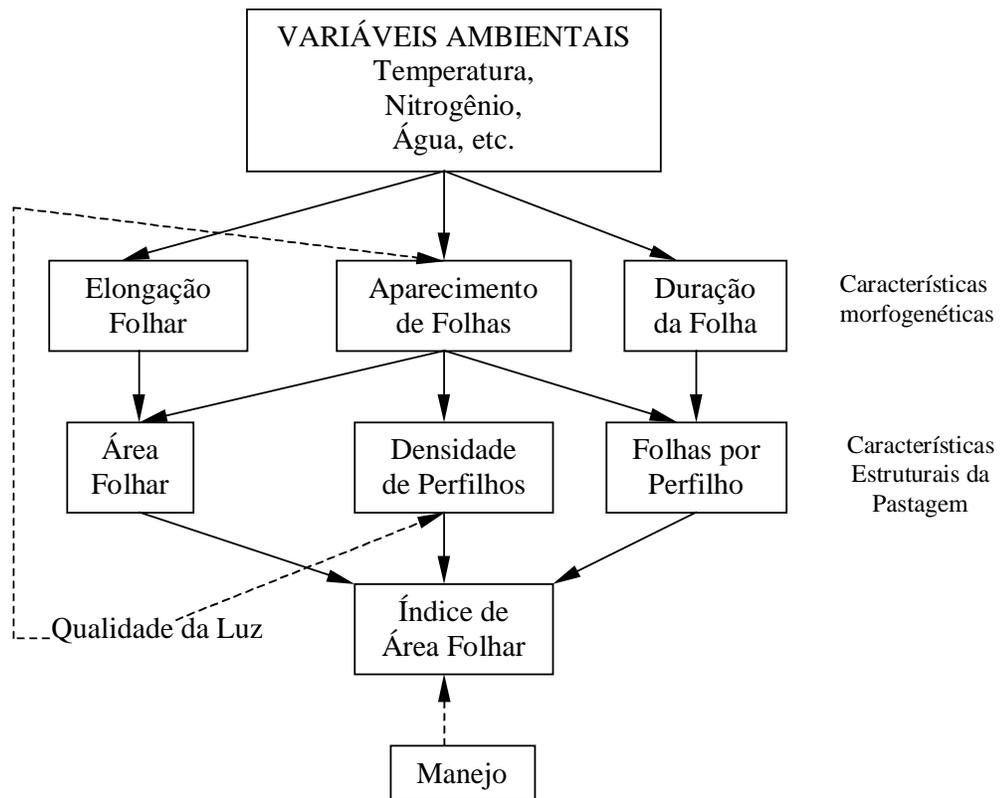


Figura 4 – Relações entre variáveis morfológicas e características estruturais da

pastagem ( CHAPMAN & LEMAIRE, 1993)

Além disso, pode ocorrer que em uma pastagem com índice de área foliar elevado, o mesmo seja formado totalmente de folhas senescentes, com taxas fotossintéticas reduzidas (MONTEIRO & MORAES, 1996), além do hábito seletivo de pastejo exercido pelos animais, que retiram da pastagem as folhas mais novas e, portanto, mais eficientes fotossinteticamente.

Também o ambiente em que a folha desenvolve-se pode interferir em sua eficiência fotossintética (CORSI & NASCIMENTO JR, 1986). Em plantas de hábito de crescimento prostrado, o desenvolvimento de folhas novas ocorrerá em um ambiente de baixa intensidade luminosa, podendo apresentar redução de cerca de 30% em sua capacidade de fixação de CO<sub>2</sub>. Segundo esses autores, uma provável razão para a menor eficiência fotossintética dessas folhas é a maior resistência imposta pelos estômatos e mesófilo foliar à absorção de CO<sub>2</sub>, em ambientes sombreados.

Mais importante que a manutenção do IAF é o conceito de área foliar remanescente, ou seja, o tecido fotossintético que permanece após o corte ou pastejo, o qual, quando deixa a planta numa situação de equilíbrio quanto à fotossíntese e respiração, permite que o novo crescimento seja mantido com o produto corrente da fotossíntese (JACQUES, 1973).

O manejo de pastagens que permita uma quantidade adequada de resíduo composto por folhas de alta eficiência fotossintética possibilitará à planta forrageira recuperar-se rapidamente ao corte, apresentando a mesma, menor dependência de suas reservas orgânicas.

Em condições de pastejo, MORAES (1984) observou com milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leake) relação linear entre os acréscimos na produção de matéria seca com os aumentos dos resíduos da pastagem. As maiores produções obtidas estavam relacionadas a um resíduo médio da pastagem acima de duas toneladas de matéria seca por hectare, verificadas nas menores pressões de pastejo.

Segundo HARRIS (1976), a rebrota após a desfolhação pode ser influenciada pelo tecido fotossintético residual, carboidratos e outras substâncias de reserva, taxa de recuperação do sistema radical e consequente

absorção de água e nutrientes, além da quantidade e atividade dos meristemas remanescentes. Tais aspectos serão abordados com mais profundidade no decorrer deste trabalho.

### **II.3 Reservas orgânicas e área foliar remanescente**

Conforme JACQUES (1973), reservas podem ser definidas como aquelas substâncias orgânicas armazenadas pela planta, em certos períodos, nos órgãos mais permanentes, para serem utilizadas mais tarde como fonte de energia ou como material estrutural. Dentre essas substâncias encontram-se, principalmente, glucose, frutose, sacarose e frutanas ( DAVIES,1988) mas, mudanças nas concentrações das mesmas não podem ser responsabilizadas unicamente pelo início da rebrota (MILTHORPE & DAVIDSON, 1966) pois, outros compostos estão envolvidos na recuperação das plantas.

Entre eles podemos citar ácidos orgânicos, compostos nitrogenados e componentes estruturais como hemicelulose (DAVIES,1988), sendo os componentes nitrogenados a fonte mais prontamente disponível.

Carboidratos podem ser temporariamente armazenados em todas as partes da planta (HARRIS, 1976) mas, a base das hastes, estolões e rizomas são os principais locais de armazenamento.

Conforme HUMPHREYS (1997), ocorrem flutuações cíclicas nos níveis de carboidratos em resposta à frequência, intensidade e época de corte, fatores climáticos, estágio de desenvolvimento e aplicação de nitrogênio.

Altas temperaturas noturnas tendem a reduzir os níveis de carboidratos devido a maior taxa respiratória, enquanto que o estresse hídrico pode aumentar ou diminuir as reservas (HARRIS, 1976).

Já a aplicação de nitrogênio pode apresentar efeitos variáveis, sendo que, em geral, baixas doses do elemento tendem a aumentar as reservas, reduzindo-as em condições de elevadas doses.

Interagindo com as reservas em termos de influência na rebrota de plantas após o corte ou pastejo, encontra-se a área foliar remanescente, isto é, o material que permanece na pastagem após o corte.

HARRIS (1976) considera que, onde suficiente tecido fotossintético permanece após o corte, pode-se supor que haverá menor envolvimento das reservas na rebrota das plantas, devido a não completa interrupção na produção de assimilados.

De acordo com RICHARDS (1993) a fonte inicial de carboidratos preferencialmente alocada para a parte aérea logo após o corte consiste nas reservas já presentes na planta, sendo que a contribuição das mesmas, durante os primeiros dias de recuperação, supera a dos assimilados recém produzidos pela fotossíntese.

Mas essas constatações não podem ser aplicáveis a qualquer situação uma vez que não apenas a quantidade mas também a qualidade do material remanescente poderá influenciar a intensidade da rebrota.

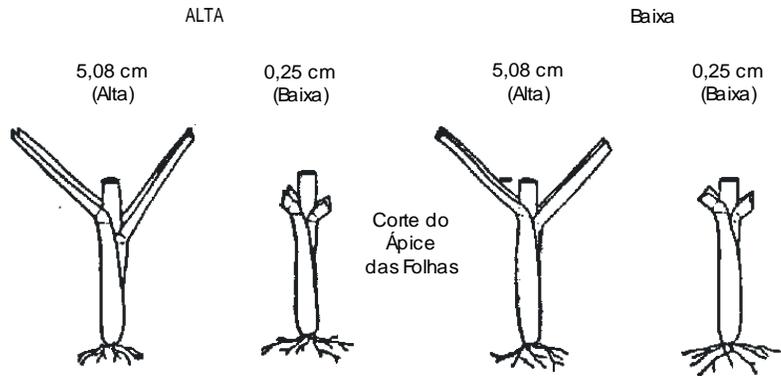
Se a área foliar remanescente for formada por material de baixa eficiência fotossintética devido a, por exemplo, sombreamento prévio, poderá haver menor vantagem na aumento do resíduo pós corte (HARRIS, 1976), sendo mais vantajoso permitir acúmulo de reservas através de um maior intervalo entre cortes.

BLASER et al. (1988) apresentaram os resultados da interação entre os níveis de reserva e da área foliar remanescente pós corte com Capim dos pomares (*Dactylis glomerata*), observando que o crescimento das plantas foi estimulado por ambos os fatores de variação: os melhores resultados ocorreram quando área foliar remanescente e carboidratos não estruturais apresentavam-se em níveis elevados (FIGURA 5).

## I TRATAMENTOS

### A. Carbohidratos não Estruturais

### B. Área Foliar



## II CRESCIMENTO SUBSEQÜENTE DE NOVAS FOLHAS E PERFILHOS.

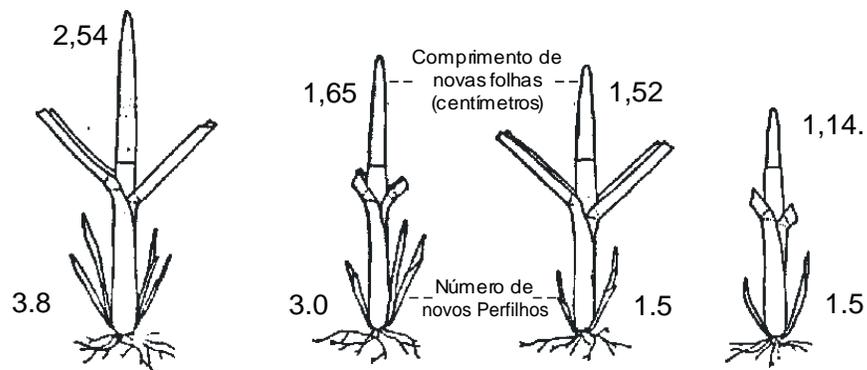


Figura 5 - Efeitos de níveis de carboidratos de reserva e área foliar remanescente na intensidade da rebrota do Capim dos pomares (*Dactylis glomerata*) (BLASER, 1988)

Apesar da reconhecida importância do nível de reservas acumuladas pela planta e da área foliar remanescente, muito se questiona a respeito de qual desses aspectos é mais importante na determinação do vigor da rebrota de uma forrageira (MONTEIRO & MORAES, 1996). Conforme esses autores, os dois são importantes; o que vai determinar a maior ou menor importância de cada um é a espécie ou variedade, e as condições de utilização da planta.

Para plantas anuais, por exemplo, o mais importante é a altura de corte, uma vez que normalmente estas não acumulam reservas. Em geral,

leguminosas como alfafa, trevo vermelho e cornicho são mais dependentes das reservas de carboidratos, embora também demonstrem resposta a uma dada altura de corte, quando utilizadas de forma frequente

Existe, então, uma maior ou menor dependência das reservas de carboidratos, conforme o regime de cortes ou pastejo que são impostos à pastagem. Dessa forma, mesmo que a planta responda à acumulação de carboidratos, se os cortes são muito frequentes, não permitindo que haja tempo para que ocorra o armazenamento, então também esta planta responderá a uma dada altura de corte mais elevada, por usufruir do processo fotossintético realizado pela área foliar residual.

De acordo com CORSI & NASCIMENTO JR (1986), o índice de área foliar remanescente, como fonte de produção de carboidratos, tem maior importância enquanto as folhas remanescentes mantêm elevada eficiência fotossintética. Mas, conforme esses autores, a manutenção de área foliar remanescente pode estar associada com a manutenção do meristema apical dos perfilhos.

A presença ou ausência do meristema apical – regiões responsáveis pelo crescimento de folhas e novos perfilhos – pode também alterar sobremaneira o comportamento da rebrota das plantas forrageiras.

O meristema apical de plantas em estágio vegetativo está posicionado, em geral, ao nível ou abaixo do solo, tornando-o, portanto, inacessível ao corte. Nesse caso, novas folhas continuam a ser formadas a partir dessas regiões de crescimento.

O início da fase reprodutiva, com a alongação das hastes, posiciona o meristema apical nos horizontes de pastejo (CHAPMAN & LEMAIRE, 1993), onde a possibilidade de eliminação do mesmo passa a ser uma possibilidade real. Se o meristema apical é removido, a persistência da planta dependerá da rebrota de perfilhos pré-existentes ou da formação de novos perfilhos a partir de gemas axilares e basais.

DAVIES (1988) atribui o sucesso das gramíneas, em termos gerais, ao fato de seus pontos de crescimento e regiões meristemáticas estarem normalmente abaixo da altura de desfolhação, exceto durante seu desenvolvimento reprodutivo.

Seria razoável admitir que os cortes que eliminam elevada porcentagem de meristemas apicais também podem comprometer a importância do índice de área foliar remanescente para a recuperação da planta, em razão do tamanho da área foliar e da baixa eficiência fotossintética das folhas velhas (CORSI & NASCIMENTO JR, 1986), principalmente se há reduzido número de gemas basais ativas (HUMPHREYS, 1997).

### **III. CARACTERÍSTICAS DA DESFOLHAÇÃO**

Como definição, desfolhação pode ser considerada como um distúrbio à planta

forageira, caracterizado como a remoção de qualquer parte da planta (HARRIS, 1976), podendo ser causada por pastejo, corte, fogo, herbicidas, entre outros.

Para se quantificar a desfolhação é necessário, à princípio, serem definidos os seguintes parâmetros: (1) Freqüência de corte – intervalo de tempo entre desfoliações sucessivas; (2) Intensidade de corte – proporção e status fisiológico do material removido e (3) Época de corte – relacionada à fase de desenvolvimento das plantas e à estação do ano, sendo tais parâmetros muito importantes na determinação do impacto causado pelo corte às plantas (RICHARDS, 1993).

Assim, a perda de folhas jovens representa um efeito muito mais prejudicial à rebrota que a perda da mesma quantidade de folha velhas, menos eficientes fotossinteticamente, fato esse acentuado pelo hábito seletivo dos animais sob pastejo, que removem as folhas mais jovens da pastagem (HUMPHREYS, 1997), de melhor valor nutritivo.

As diferentes respostas à perda da mesma quantidade de biomassa a diferentes estádios de desenvolvimento da planta ocorrem devido aos tipos de tecidos, por exemplo meristemáticos, removidos em proporções variáveis, em épocas diferentes. (RICHARDS, 1993). Assim, como já comentado, a

eliminação de grande proporção de meristemas apicais pode retardar a rebrota das plantas, até que o desenvolvimento de novas gemas propicie o aparecimento de novos perfilhos.

É importante ressaltar que a recuperação das plantas não depende unicamente de características inerentes às mesmas pois fatores bióticos e abióticos, tais como disponibilidade de água, nutrientes e luz, podem alterar significativamente o comportamento da rebrota.

#### **IV. EFEITOS IMEDIATOS DA DESFOLHAÇÃO**

Imediatamente após a desfolhação, uma série de processos são desencadeados pela planta forrageira com o objetivo principal de acelerar a rebrota, entre os quais podemos relacionar:

##### **IV. 1 Processos que afetam a planta como um todo**

O primeiro efeito imediato da desfolhação que pode ser observado é a redução instantânea da fotossíntese (RICHARDS, 1993), a qual pode propagar-se rapidamente por toda a planta quando a desfolhação é severa, ressaltando-se que a redução na fotossíntese não é sempre proporcional a perda de área foliar pois há contribuição diferenciada entre folhas de diferentes idades, além das modificações que podem ocorrer no microclima da pastagem e, em alguns casos, ocorrência de fotossíntese compensatória (BRISKE & RICHARDS, 1995).

##### **IV.2 Efeitos diretos no sistema radical**

Mais especificamente, também o sistema radical sofre efeitos da desfolhação. Conforme MILTHORPE & DAVIDSON (1966), há quase completa paralização do crescimento radical, acompanhado pela redução na respiração das raízes.

Como consequência, também a absorção de nutrientes diminui rapidamente após a desfolhação. MILTHORPE & DAVIDSON (1966) observaram queda na absorção de fósforo para cerca de 20% das taxas

verificadas antes do corte. É importante observar que a rapidez e magnitude da redução na respiração radical e absorção de nutrientes após a desfolhação são proporcionais à intensidade da mesma.

Outro aspecto observado é a redução na concentração de carboidratos solúveis nas raízes após o corte (BRISKE & RICHARDS, 1995), devido a dois fatores principais:

- (1) Redução na translocação de carboidratos da parte aérea para as raízes e,
- (2) Contínua utilização dos carboidratos para respiração radical.

Portanto, é improvável que os carboidratos solúveis do sistema radical sejam mobilizados para atender à demanda de carbono da parte aérea durante a rebrota, como tem sido considerado por muitos autores ((BRISKE & RICHARDS, 1995).

Davidson & Milthorpe (1966), citados por RICHARDS (1993), consideram que outros substratos, além dos carboidratos solúveis, como hemicelulose, proteínas e ácidos orgânicos sejam utilizados para a atividade radical.

### **IV.3 Efeitos na alocação de recursos**

O suprimento de fotossintetizados para as raízes reduz-se imediatamente após o corte pois, além da redução na fotossíntese, há maior alocação dos mesmos para as regiões de crescimento, denominadas regiões de demanda. Essas regiões, por apresentarem alta atividade metabólica, utilizam elevadas quantidades de energia. Como exemplo de demanda fisiológica podemos citar a formação de folhas novas, perfilhamento e desenvolvimento do sistema radical.

As regiões meristemáticas da parte aérea constituem-se em regiões de demanda mais fortes que aquelas das raízes ( RICHARDS, 1993), as quais são secundárias em relação às primeiras. Tal condição mantém-se até que novo aparato fotossintético seja formado, superando as exigências energéticas da parte aérea.

BRISKE & RICHARDS (1995) apontam para alguns mecanismos compensatórios que auxiliam no reestabelecimento do stand, entre eles: (1)

Alocação de carbono entre porções desfolhadas e intactas da planta, onde as últimas passam a atuar como fonte de assimilados e (2) Redirecionamento preferencial desses assimilados para as regiões em ritmo intenso de crescimento. Esses autores ainda observam que quando há ausência de demanda fisiológica ativa da parte aérea, os carboidratos disponíveis podem ser direcionados a regiões alternativas nas raízes, bainhas e hastes das plantas, caracterizando a existência de competição entre demandas de diferentes forças.

Concordando com esses autores, NABINGER (1996), observa que, no sentido de maximizar a utilização dos fatores do meio, a planta estabelece uma hierarquia para a repartição do carbono fixado entre os diferentes compartimentos que compõem a biomassa vegetal, conforme representado na Figura 6. O autor conclui ainda que, em uma condição de radiação e temperatura adequadas, a planta prioriza a formação da área foliar, de modo a captar o máximo possível da radiação incidente. Por outro lado, a deficiência em água ou nitrogênio diminuirá a elongação foliar e, por conseqüência, a emissão de perfilhos, determinando maior crescimento inicial das raízes como forma de aumentar o tamanho do mecanismo de captura desses recursos.

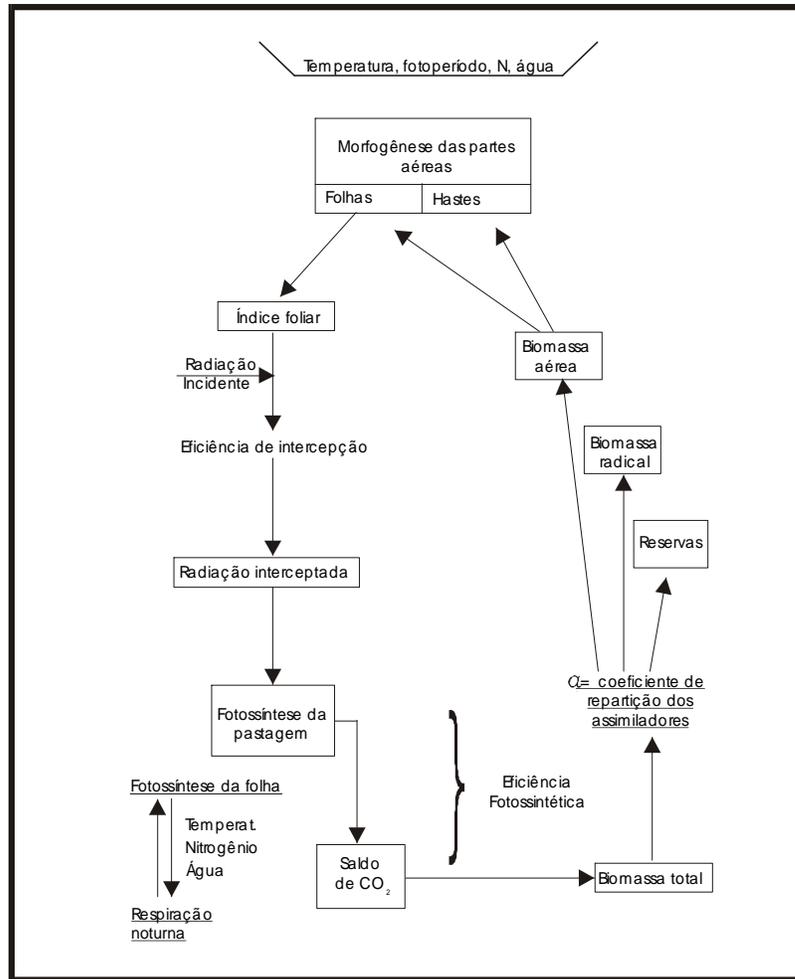


Figura 6 – Modelo hierárquico de alocação da biomassa (NABINGER, 1996, adaptado de LEMAIRE, 1991)

Esse direcionamento preferencial dos assimilados parece ser controlado por mecanismos de “feed-back” entre fontes de assimilados e demandas ou por mecanismos hormonais (RICHARDS, 1993).

## V. PROCESSOS QUE ATUAM NA RECUPERAÇÃO DAS PLANTAS APÓS O CORTE

Segundo RICHARDS (1993), após passada a primeira fase após o corte, inicia-se uma segunda, mais lenta, caracterizada por um reajuste na atividade fisiológica, associada à integração morfogenética que pode ocorrer durante muitas semanas.

### **Restabelecimento do balanço positivo de carbono**

Para que essa condição seja reestabelecida, duas condições básicas são necessárias:

#### **(a) Recuperação do aparato fotossintético**

Para que a planta tenha condições de, após o corte, estabelecer ritmo acelerado de crescimento, é fundamental a manutenção de meristemas apicais (CORSI, 1986), os quais assegurarão a presença de folhas novas, mais eficientes fotossinteticamente.

Em plantas estoloníferas e rizomatosas, esse manejo é facilmente seguido, uma vez que os pontos de crescimento mantêm-se bastante próximos ao solo e, portanto, fora do alcance da boca do animal (MONTEIRO & MORAES, 1996)

Já no caso de algumas plantas cespitosas, as quais apresentam desenvolvimento sincronizado de seus perfilhos, a possibilidade de que, em um único corte ou pastejo seja eliminada a maioria de seus meristemas ativos varia durante a estação de crescimento, com o desenvolvimento da planta (RICHARDS, 1993). Se o corte ocorrer quando essas plantas estiverem alongando suas hastes, com conseqüente elevação do meristema apical, os mesmos serão eliminados e a recuperação dessas plantas será lenta.

#### **(b) Aumento na capacidade fotossintética do material remanescente.**

Fotossíntese compensatória

Como já comentado no início deste trabalho, fotossíntese compensatória consiste na maior taxa fotossintética presente em folhas de plantas pastejadas do que em folhas de plantas intactas (RICHARDS, 1993).

Esse processo atua em conjunto com a formação do novo aparato fotossintético, multiplicando seus efeitos e garantindo à planta forrageira recuperação rápida após o corte.

## **VI. FISILOGIA DE PLANTAS FORRAGEIRAS E O MANEJO DE PASTAGENS**

Conhecidos os principais aspectos fisiológicos que regem as plantas forrageiras, passa agora a ser importante relacioná-los aos principais mecanismos de manejo comumente utilizados por pesquisadores, técnicos e produtores.

O animal sob pastejo exerce efeitos marcantes sobre a pastagem através de pisoteio, pastejo seletivo e defecação (DAVIES,1988), tornando-o de fundamental importância em experimentos de campo.

Conforme PARSONS & JOHNSON (1986), as variações existentes na intensidade de pastejo afetam não só a proporção de folhas que é colhida mas, por reduzir a área foliar, o pastejo também afeta a fotossíntese e a quantidade de folhas novas produzidas.

A Figura 7 ilustra essas interações.

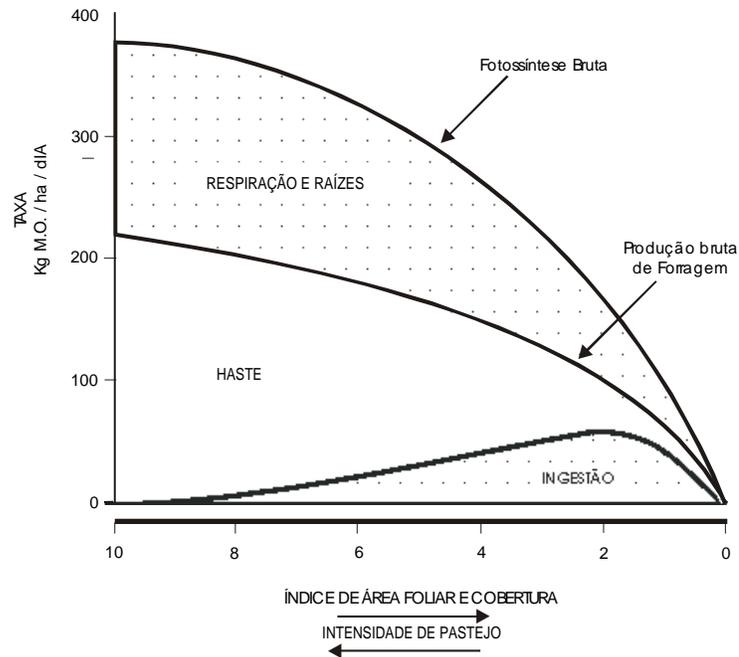


Figura 7 - Efeitos da intensidade do pastejo contínuo no balanço entre fotossíntese, produção global de tecidos, consumo e morte de material vegetal. (PARSONS *et al.* 1983).

Esses autores observaram, através da figura anterior, como as taxas

fotossintética e de produção de massa maximizam-se em pastagens mantidas com altos índices de área foliar, ou baixa pressão de pastejo, com uma alta proporção de folhas remanescentes, contribuindo para a fotossíntese. Pressão de pastejo é a relação entre a carga animal e a disponibilidade de forragem presente na pastagem MORAES, 1996).

Mas, por outro lado, essa mesma situação estará associada a grandes quantidades de material morto ou caules (BLASER *et al.*, 1986), sendo pequena a quantidade colhida (PARSONS & JOHNSON, 1986).

Em outro extremo, encontram-se as pastagens mantidas com baixos índices de área foliar, ou alta pressão de pastejo, onde uma maior proporção de tecido foliar é removida e, tanto fotossíntese como produção de massa diminuem substancialmente (PARSONS & JOHNSON, 1986).

As situações acima ilustram a condição predominante nos pastos brasileiros, onde a lotação fixa imposta aos mesmos determina baixo desempenho animal; no inverno, por falta de alimento e no verão, pela redução na qualidade do resíduo acumulado em função da ineficiente utilização da forragem produzida.

De acordo com PARSONS & JOHNSON (1986), a melhor estratégia seria aquela onde são utilizados índices de área foliar intermediários, os quais representam um melhor compromisso entre produção de matéria seca, consumo e morte de forragem.

### **Influência do manejo na estabilidade do pastejo**

Conforme PARSONS & JOHNSON (1986), a estabilidade do pastejo pode ser alterada por alguns fatores, entre eles, as mudanças na estrutura da pastagem, oriundas de diferenças na intensidade de utilização da mesma. Em situações onde o resíduo pós pastejo é reduzido, haverá sérias limitações à produtividade vegetal devido às baixas taxas fotossintéticas permitidas. Mas, por outro lado, pastagens mantidas nessas condições apresentar-se-ão mais densas, folhosas e, conseqüentemente, de melhor digestibilidade, durante a estação de crescimento.

Outro fator que pode exercer acentuada influência no comportamento da pastagem é a lotação animal, ou seja, o número de animais por área de pastagem (Figura 8).

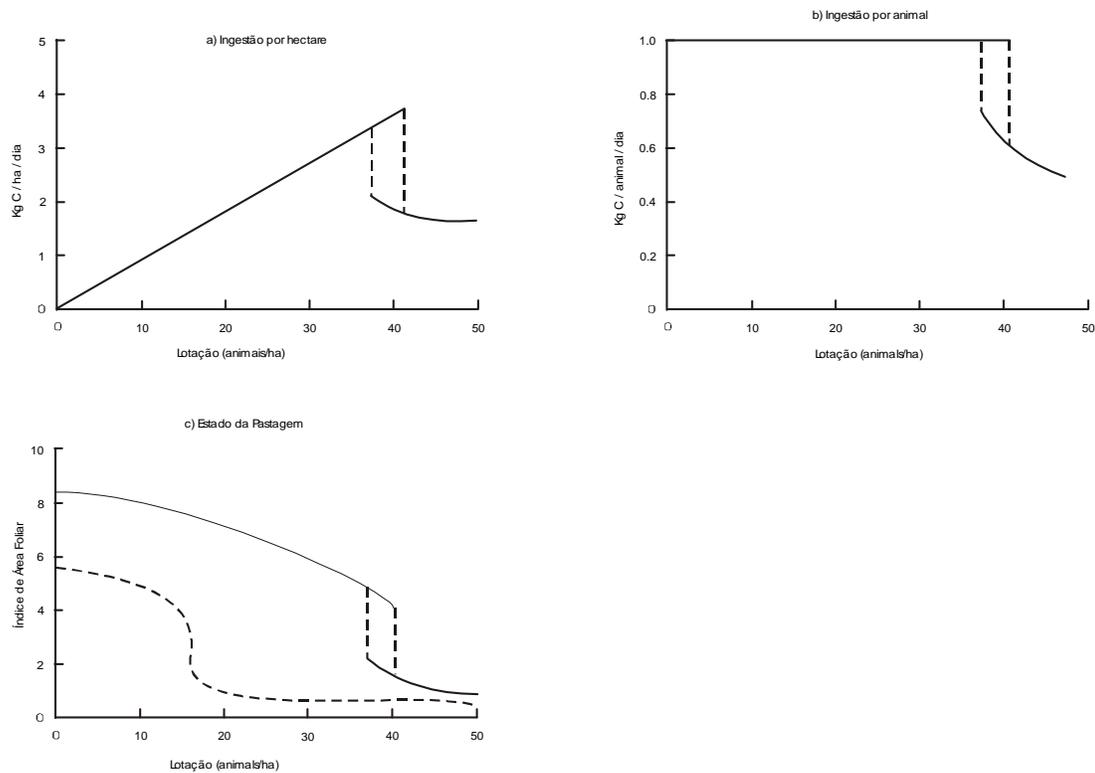


Figura 8 - Efeitos da lotação no a) consumo por hectare, b) consumo por animal e c) Estado da pastagem (IAF), sob pastejo contínuo. (Johnson & Parsons (1985), citados por PARSONS & JOHNSON (1986)).

A partir desses modelos, PARSONS & JOHNSON (1986) observam que, sob baixas lotações, o consumo de forragem é limitado pelo reduzido número de animais sendo que, dessa forma, plantas e animais equilibram-se em condições de alto índice de área foliar.

Sob lotações mais elevadas, o modelo sugere que, conforme aumenta o número de animais, aumenta o consumo de forragem por hectare, com o consumo por animal ainda mantendo-se em níveis máximos. Nessas condições, plantas e animais equilibram-se em condições de baixos índices de área foliar.

A partir de uma certa lotação, 40 animais por hectare no caso da figura anterior, a capacidade de resposta da planta forrageira a um aumento no número de animais torna-se limitada, podendo a mesma não ter mais condições de atender à demanda de forragem devido à redução drástica na fotossíntese e, conseqüentemente, na produção vegetal.

Além desses fatores, deve-se ressaltar, mais uma vez, a importância das condições ambientais na resposta vegetal ao pastejo pois a produção de novos perfilhos é dependente de condições favoráveis em termos de fertilidade do solo, umidade, temperatura e insolação (SIMÃO NETO, 1986). Esse autor observa que, qualquer sistema de pastejo que ignore os efeitos dessa recuperação variável pode tornar-se improdutivo ao longo dos anos, principalmente se a área em questão for mantida com lotações fixas elevadas, aumentando o risco de que as interações entre plantas e animais tornem-se insustentáveis, à medida que ocorram flutuações no estado da pastagem (PARSONS & JOHNSON, 1986).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BLASER, R.E. et al. **Forage-animal management systems**. Local: Virginia  
Agricultural Experiment Station, 1986, (Bulletin 86-7).
2. BRISKE, D.D; RICHARDS, J.H. Plant responses to defoliation: a physiological, morphological and demographic evaluation. In: BEDUNAH, D.J.; GOSEBEE, R.E. (eds). **Wildland Plants: physiological geology and developmental morphology**. Denver, Colorado: Society of Range Management, 1995. p. 635-710 .
3. CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS (17.: 1993: Palmerston North). **Proceedings**, 1993. p. 96-104.

4. CORSI, M. Pastagens de alta produtividade. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM (8.: 1986: Piracicaba). **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 499-512.
5. CORSI, M.; NASCIMENTO JR, D. Princípios de fisiologia e morfologia de plantas forrageiras aplicadas no manejo das pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C. de FARIA, V.P. de (eds.). **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba. FEALQ, 1986. p. 11-37.
6. DAVIES, A. The regrowth of grass swards. In: JONES, M.B.; LAZENBY, A. (eds.). The grass crop: the physiological basis of production. London: Chapman and Hall,1988. p.85-127.
7. GOMIDE, J.A. Fisiologia do crescimento livre de plantas forrageiras. In: PEIXOTO, MOURA, J.C. de; FARIA, V.P. de (eds.). Pastagens: fundamentos da exploração racional. Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 01-10.
8. JACQUES, A.V.A. Fisiologia do crescimento de plantas forrageiras (área foliar e reservas orgânicas). In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM (1973: Piracicaba). **Anais**. Piracicaba: ESALQ, 1973. P 95-101.
9. HARRIS, W. Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pasture . In: Plant relations in pastures, Brisbane Proceedings. Melbourne: CSIRO,1976. p. 67-85.
10. HUMPHREYS, L.R. **The evolving science of grassland improvement** . Cambridge: Cambridge University Press, 1997. p. 108-127.

11. MACHADO, E.C. Metabolismo fotossintético do carbono: plantas tipo C3, C4 e CAM. *O Agrônomo*, Campinas, v. 40, p.5-13, 1988.
12. MAGALHÃES, A.C.N. Fotossíntese. In: FERRI, M.G.(coord.). **Fisiologia vegetal 1**. São Paulo: EPU, 1985. p. 117-166.
13. MILTHORPE, F.L.; DAVIDSON, J.L. Physiological aspects of regrowth in grasses.  
MILTHORPE, F.L.; IVINS, J.D. (eds.). **The growth of cereals and grasses**. Londres: Butterworths, 1966. p. 241-254.
14. MONTEIRO, A.L.G.; MORAES, A. Fisiologia e morfologia de plantas forrageiras  
In:  
MONTEIRO, A.L.G. et al. (eds.) **Forragicultura no Paraná**. Londrina: CPAF,  
1996. p.75-92.
15. MORAES, A. Pressões de pastejo e produção animal em milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke). Porto Alegre. 1984. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1984.
16. MORAES, A. Manejo de pastagem. In: MONTEIRO, A.L.G. et al. (eds.).  
Forragicultura no Paraná. Londrina: CPAF, 1996. p. 109-122.
17. NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In: SIMPÓSIO  
SOBRE MANEJO DAS PASTAGENS (13.: 1996: Piracicaba). **Anais**.  
Piracicaba:  
FEALQ, 1996, p. 15-95.
18. PARSONS, A.J. et al. The physiology of grass growth under grazing. 2.  
Photosynthesis, Crop growth and animal intake of continuously grazed swards.  
**Journal Of Applied Ecology**, v. 20, p. 127-139, 1983.
19. PARSONS, A.J.; JOHNSON, I.R. The physiology of grass growth under grazing

In: FRAME, J. (ed.) **Occasional Symposium No.19**. Malvern Worcestershire: British Grassland Society, 1986. p . 3-13.

20. RICHARDS, J.H. Physiology of plants recovering from defoliation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS (17.: 1993: Palmerston North). **Proceedings**, 1993. p. 85-94.
22. RODRIGUES, L.R.A. Fatores morfofisiológicos de plantas forrageiras e o manejo das pastagens. In: CURSO DE MANEJO DE PASTAGENS. (1.: 1985: Nova Odessa I Curso...São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, 1985. P. 2-18.
23. SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. Belmont: Wadsworth. 1992.
24. SIMÃO NETO, M. Sistemas de pastejo.2. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM (8.: 1986: Piracicaba). **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 291- 308.
25. YEOH H.; BADGER, M.R.; WATSON, L. Variations in Km (CO<sub>2</sub>) of Ribulose-1-5-Biphosphate Carboxylase among grasses. **Plant Physiology**: v. 66, p.1110-1112, 1980.
- FEALQ, 1997. p.161-189. CORSI, M.; NASCIMENTO JR., D. Princípios de fisiologia e morfologia de plantas forrageiras aplicados no manejo das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM,**

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.