

Determinação dos fluxos de energia, vapor d'água, estoque de carbono e disponibilidade de forragem do capim Mombaça

Rodrigo de Almeida Muniz

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE "DARCY
RIBEIRO"

Campos dos Goytacazes, RJ

Fevereiro de 2011

Determinação dos fluxos de energia, vapor d'água, estoque de carbono e disponibilidade de forragem do capim Mombaça

Rodrigo de Almeida Muniz

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Elias Fernandes de Sousa - D.Sc.

Campos dos Goytacazes – RJ

Fevereiro de 2011

Determinação dos fluxos de energia, vapor d'água, estoque de carbono e disponibilidade de forragem do capim Mombaça

Rodrigo de Almeida Muniz

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 21 de Fevereiro de 2011

Comissão examinadora:

Pós-Doutorando. Bruno dos Santos Esteves (D.s., Ecologia e Recursos Naturais, Ecologia de Ecossistema) – UENF

Prof. José Carlos Mendonça (D.sc., Produção Vegetal, Agrometeorologia)
Diretor SBMET/RJ

Prof. Leonardo Duarte Batista da Silva (D.s., Agronomia, Irrigação e Drenagem) -
UFRRJ

Prof. Elias Fernandes de Sousa (D.s., Produção Vegetal, Agrometeorologia) -
UENF
Orientador

Este trabalho é dedicado a minha
família e amigos, sempre presentes em minha vida.

A minha mãe Neuza e meu pai Belarmino,
minhas irmãs Raquel e Sulaim e minha sobrinha Raysa.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela luz, pela sabedoria e pela força;

Agradeço ao Orientador Prof. Dr. Elias Fernandes de Sousa pelo apoio, pela orientação e pela paciência a mim dispensada;

Ao Co orientador Prof. Dr. José Carlos Mendonça da mesma forma pelo apoio, orientação e paciência a mim dispensada;

Aos conselheiros Prof. Dr. Claudio Marciano, Carlos Augusto, Bruno Esteves;

Às amigas, Barbara, Lidiane e Roseli pela ajuda em todas as etapas na realização deste trabalho, sem as quais não seria possível a realização deste;

Aos amigos Paulo, Rafael, Wellington, Leonardo companheiros constantes de luta;

Aos amigos do LEAG, LSOL, LFIT e LZNA que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho;

Ao Dr. Nelson Lamego proprietário da Fazenda Passarinho que deu suporte e disponibilizou uma área para avaliação da biomassa forrageira, gerando dados que serão aproveitados em artigos científicos;

A CNPq pela concessão da bolsa, a UENF pela estrutura e suporte a realização da pesquisa e da minha formação;

E um agradecimento especial a uma grande amiga que foi e é muito importante para mim, ELIANE.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	5
2.1. Geral	5
2.2. Específicos.....	5
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
3.1. Capim Mombaça.....	6
3.2 Aspectos ecofisiológicos do crescimento e desenvolvimento de espécies forrageiras	7
3.3 Manejo de pastagens.....	9
3.4 Sistema de Pastejo Racional Voisin (PRV).....	12
3.5 Seqüestro de carbono.....	14
3.6 Balanço de energia	18
3.6.1 Transporte turbulento de energia na camada limite atmosférica (CLA)	18
3.6.2 Balanço de energia de uma superfície vegetada.....	19
3.6.3 Balanço de Radiação.....	21
4. MATERIAIS MÉTODOS.....	24
4.1 Região de estudo.....	24
4.2 Caracterização da área de estudo	25
4.2.1 Cobertura do terreno	26

4.3	Medições de Campo	27
4.3.1	Medição dos fluxos e das condições meteorológicas	29
4.3.2	Medição da estrutura e biomassa das pastagens.....	31
4.3.3	Índice de área foliar (IAF) e disponibilidade de forragem	33
4.3.4	Altura do dossel	35
4.3.5	Determinação da disponibilidade de água no solo	36
4.4	Determinação da temperatura base inferior para o capim Mombaça e soma térmica	37
4.5	Determinação da taxa de acúmulo de biomassa	38
4.6	Determinação do albedo do capim Mombaça.....	39
4.7	Determinação do estoque de carbono	39
4.8	Balço de energia pelo método da razão de Bowen.....	40
4.9	Evapotranspiração de referência (ET ₀)	42
4.10	Coeficiente de cultivo (K _c)	42
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1	Condições meteorológicas.....	43
5.2	Condições do solo	46
5.2.1	Características físicas do solo e disponibilidade de água.....	46
5.2.2	Características químicas do solo	49
5.3	Disponibilidade de forragem	50
5.3.1	Acúmulo de matéria seca	50
5.3.2	Taxa de acúmulo de biomassa.....	54
5.3.3	Composição morfológica e relação Folha/Colmo (F/C)	57
5.3.4	Altura do dossel	59
5.3.5	Índice de área foliar (IAF)	62
5.4	Albedo da pastagem e disponibilidade de forragem	64
5.5	Temperatura base inferior, soma Térmica e disponibilidade de pastagem para o capim Mombaça.....	67
5.6	Estoque de carbono em pastagem de capim Mombaça.....	70
5.7	Fluxos de energia sobre pastagem de capim Mombaça	75
5.8	Evapotranspiração de referência e da cultura	80
5.9	Coeficiente de cultivo do capim Mombaça	82
6	RESUMO E CONCLUSÕES	85
	REFERÊNCIAS.....	87
	APÊNDICE.....	105

RESUMO

MUNIZ, Rodrigo de Almeida; M.Sc. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Fevereiro de 2011. **Determinação dos fluxos de energia, vapor d'água, estoque de carbono e disponibilidade de forragem do capim Mombaça.** Professor Orientador: Elias Fernandes de Sousa. Professor Conselheiro: José Carlos Mendonça.

O trabalho foi conduzido na estação experimental da Universidade Estadual do Norte Fluminense, situada na Escola Técnica Estadual Agrícola Antônio Sarlo (ETAAS) no Município de Campos dos Goytacazes. A área escolhida é ocupada com pastagem de capim Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) sob o sistema de pastoreio rotacionado, com 4 dias de pastejo e 28 dias de descanso. A pastagem é adubada e irrigada, a intensidade de pastejo determinada de acordo com a disponibilidade de biomassa seca em cada piquete. O objetivo do trabalho foi determinar a disponibilidade de forragem e o estoque de carbono na parte aérea do capim Mombaça em diferentes ciclos de pastejo. Relacionar a disponibilidade de forragem com parâmetros de altura do dossel, índice de área foliar (IAF), soma de graus dias e albedo. O trabalho teve como objetivo ainda a determinação dos fluxos de energia e vapor d'água sobre o dossel forrageiro, bem como a determinação do coeficiente de cultivo simples (Kc) do capim Mombaça sob pastejo rotacionado. Foram avaliados 3 ciclos de pastejo no período de

outono/inverno do ano de 2010. A duração dos ciclos foi respectivamente 32, 39 e 88 dias, respectivamente, para o 1º, 2º e 3º ciclo de pastejo. A disponibilidade de forragem teve variação nos diferentes ciclos de pastejo, pois foi influenciada pela estrutura do dossel medido pela razão entre a quantidade de folha e colmo (F/C). O 1º ciclo apresentou a menor razão F/C, pois a densidade populacional de perfilho era baixa, o que contribuiu para o aumento do tamanho dos perfilhos e da biomassa acumulada no colmo. A relação F/C reduziu no 2º e 3º ciclo aumentando a razão F/C conseqüentemente melhor qualidade do dossel. O IAF foi o parâmetro que melhor representou a disponibilidade de matéria seca na folha segundo análise de regressão, com R^2 de 0,87. A altura do dossel não foi um bom parâmetro para estimativa da disponibilidade de matéria seca na folha segundo análise de regressão, com R^2 de 0,15, devido à forte influência da relação F/C sobre a altura do colmo do capim Mombaça. O albedo do capim Mombaça variou de 0,21 a 0,36, com menores valores no início do ciclo de pastejo quando o IAF era baixo, aumentando à medida que o IAF aumentava. A análise de regressão entre o albedo e a disponibilidade de matéria seca na folha mostrou-se satisfatória com R^2 de 0,74. A temperatura base inferior para o capim Mombaça nas condições do experimento é 11°C, e a relação entre a soma de graus dias e a disponibilidade de matéria seca na folha foi satisfatória de acordo com a análise de regressão, com R^2 de 0,81. O potencial de estoque de carbono na parte aérea do capim Mombaça é de 21,36 t de C ha⁻¹ ano⁻¹. Os componentes do balanço de energia sobre o capim Mombaça foram 66, 23 e 12% respectivamente para o fluxo de calor latente, sensível e no solo. A evapotranspiração de referência (ET_0) e da cultura média do período foi de 2,63 e 2,49 mm dia⁻¹, respectivamente. O K_c do capim Mombaça foi de 0,98, com os maiores valores durante o segundo ciclo devido às chuvas do período.

ABSTRACT

MUNIZ, Rodrigo de Almeida; M.Sc. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. February, 2011. **Determination of the flows of energy, steam of water, stock of carbon and readiness of forage of the grass Mombaça.** Advisor: Elias Fernandes de Sousa. Supervisor: José Carlos Mendonça.

The work was conducted in the experimental station of the Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), at the Escola Estadual Agrícola Antônio Sarlo (ETAAS), in the Campos dos Goytacazes city. The area selected is covering with pasture Mombaça Grass (*Panicum maximum* cv. Mombaça) by rotated pasture system, with four days of pasture and twenty eight days of rest. The pasture is fertilized and irrigated; the intensity of pasture is given of thought of the availability of dry biomass in each pasture unit. The aim of the work was to determine the availability of forage and carbon stock in the aerial part of Mombaça grass in differently pasture cycles. To relate the availability of forage with parameters of canopy height, leave area index (LAI), days degrees addition and albedo. The work had as aim yet the determination of energy fluxes and water's steam on foraging canopy, thus with the determination of simple crop coefficient (Kc) of Mombaça grass by rotated pasture. It was evaluated three pasture cycles in the period of fall/winter of the year 2010. The duration of cycles have been respectively 32, 39 and 88 days, to first, second and third pasture cycle. The availability of forage was variable to the different pasture cycles, it was

affected by canopy structure measured by ratio between the enough of leaf and stem (L/S). The first cycle showed the decrease ratio L/S due the slow density population of tiller, what contributed to increase of size of tiller and accumulated biomass in the stem. The ratio L/S decrease in the second and third cycle increase the ratio L/S consequently better structure of canopy. The LAI was the better parameter to availability dry matter in the leave according whit the analysis of regression, with R^2 of 0.85. The canopy wasn't a good parameter to estimative of the availability of dry matter in the leave according whit the analysis of regression, with R^2 of 0.15, due the influence strong in the ratio L/S on the health of stem's Mombaça grass. The albedo of Mombaça grass varied between 0.21 and 0.36 with less values in the begin of pasture cycle when the LAI is smaller, increase with the LAI. The regression analysis between albedo and availability of dry matter in the leave showed satisfactory with R^2 of 0.74. The inferior base temperature to Mombaça grass in the conditions of experiment is 11° C and the relationship between day degrees addition and availability of dry matter in the leave was satisfactory of according with regression analysis with R^2 of 0.81. The potential os carbon stock in the aerial part of Mombaça grass is 21.36 t of C ha⁻¹ year⁻¹. The components of energy balance on the Mombaça grass flux latent heat on the Mombaça grass along of three pasture cycles were 66, 23 and 12% respectively to flux of latent heat, flux of sensitive heat and flux heat in the soil. The reference evapotranspiration (ET₀) and crop average in the period was of 2.63 and 2.49 mm day⁻¹, respectively. The Kc's Mombaça grass was 0.98 with values higher during the second cycle due the rains in the period.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, desde 2003, é o maior exportador de carne bovina do mundo e a produção de animais a pasto constitui-se a base da pecuária nacional. Segundo Bürgui e Pagotto, (2002), cerca de 99,7% da dieta dos bovinos de corte é composta de pastagem. Também Júnior et al., (2009) relataram que a produção de leite a pasto é uma das principais ferramentas para reduzir custos e aumentar a produtividade e eficiência do setor, além de satisfazer as exigências de mercado, que procura qualidade do produto e sustentabilidade ambiental.

Dados do Senso Agropecuário 2006 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE mostram que o Brasil possui uma área aproximada de 172,333,073 ha de pastagem. Segundo o mesmo senso, o Estado do Rio de Janeiro possui uma área de 1,605,959 ha, enquanto que o Município de Campos dos Goytacazes, tem 197939 ha de pasto, ocupados com um rebanho de cerca de 600.953 cabeças de bovinos. Este total corresponde a aproximadamente 30% do rebanho efetivo do Estado do Rio de Janeiro, onde 86820 são vacas ordenhadas. Além do rebanho bovino o município possui rebanhos de eqüinos, ovinos e caprinos, com menor participação. (Essa representatividade do Município de Campos dos Goytacazes é devido à sua extensa área territorial, que é de 4032 km²).

Segundo levantamento realizado em 2001, pela Prefeitura do município de Campos dos Goytacazes, 40,6% de sua área era ocupada com cultivos agrícolas, principalmente a cana-de-açúcar e 36,7 % ocupado com pastagens. Esses dados evidenciam a importância econômica dessas duas atividades para o município.

Dentro do contexto econômico e ambiental da exploração agropecuária no país e na região é preciso levar em consideração que a pecuária brasileira é sustentada a base de pastos naturais de muito baixa qualidade forrageira. Grande parte dessa área foi formada com a supressão da vegetação nativa existente a centenas de anos, com conseqüente modificação do ambiente.

Diante deste quadro, Cândido et al., (2006) relataram a necessidade de maior eficiência de utilização de forragens produzidas em pastagens, tornando-se necessário o estudo mais detalhado das diversas rotas de fluxo de biomassa que compõem o processo de produção. O aumento da eficiência de sua utilização diminuiria a pressão sobre a expansão de áreas agrícolas para a formação de novas áreas de produção de biomassa. No entanto, para se obter uma maior eficiência e produtividade, é necessário conhecer todos os fatores que influenciam a produção.

Para uma maior eficiência no manejo e maior produtividade de forragem é necessário buscar o ponto de equilíbrio entre frequência e intensidade de desfolha. Porém, o ponto de equilíbrio é de difícil determinação devido às variáveis que influenciam o desenvolvimento vegetal, que são: luminosidade, nutrientes, água, temperatura, solo, espécies forrageiras e fatores de manejo (Nascimento Júnior e Adese, 2004).

Estudos de trocas de energia entre a superfície e a atmosfera são importantes, não só para caracterizar o microclima local, como também identificar interações existentes entre elas. Além disso, possibilitam conhecer as variações do tempo e do clima da região, assim como auxiliar na identificação de efeitos de atividades antropogênicas, como o desmatamento, queimadas, ou fatores naturais sobre diferentes questões ambientais locais (Galvão e Fish (2000); Meirelle et al., (2003); Aires, (2007); Biudes et al., (2009)).

Esse tipo de estudo é fundamental por fornecer informações sobre a quantidade de água transferida para atmosfera por uma área vegetada, seja

por uma vegetação rasteira ou de médio porte (Oliveira et al., 2006). Basicamente a água transferida da superfície para a atmosfera é chamada de evapotranspiração e segundo Guandique et al., (1997), este processo está intimamente relacionado com o índice de área foliar (IAF), sendo que este índice sofre diminuição quando ocorre redução no conteúdo de água no perfil do solo. Assim, a determinação do IAF auxilia no entendimento dos processos da interceptação da radiação solar, da assimilação fotossintética, e o próprio processo de evapotranspiração.

A irradiância solar é a principal fonte de energia para toda a biosfera. Os vegetais têm a capacidade de converter a energia eletromagnética, proveniente do sol, em energia química na forma de carboidrato.

O saldo de radiação à superfície é o balanço entre a irradiação solar global incidente e a irradiação solar global refletida. A parte da irradiação incidente que não é refletida para a atmosfera é utilizada nos processos físicos e biológicos da superfície.

Segundo Meirelles et al., (2003), a quantificação da densidade dos fluxos dos componentes do balanço de energia no nível do dossel permite avaliar importantes interações entre o solo-vegetação-atmosfera, podendo ser destacados para uma vegetação sobre determinadas condições ambientais, os processos de transferência da energia disponível para a evapotranspiração (calor latente) e mudanças da temperatura (calor sensível) do ar e do solo (fluxo de calor no solo).

Mendonça, (2007) cita ser importante estudar a partição dos componentes do balanço de radiação à superfície e, sobretudo, aqueles relacionados com as perdas de água para a atmosfera, em função da crescente pressão sobre os recursos hídricos e da demanda por mecanismos de gestão de água disponível para as várias atividades humanas.

Técnicas micrometeorológicas estão sendo utilizadas para estimar as trocas de energia em uma superfície vegetada. Pezzopane e Pedro Júnior, (2003) citam que o método da razão de Bowen pode estimar a partição da energia disponível em fluxos de calor latente e sensível por meio de medidas realizadas diretamente no campo, como o saldo de radiação e o fluxo de calor no solo, e pelas estimativas dos gradientes de temperatura e pressão de vapor d'água.

‘

A determinação dos fluxos de energia entre a atmosfera, a forrageira e o solo possibilita um manejo adequado da pastagem de acordo com as limitações impostas pelo clima predominante na região, além de possibilitar uma inter-relação entre os parâmetros agrometeorológicos e a produção de biomassa, possibilitando um melhor planejamento da lotação animal.

2. OBJETIVO

2.1. Geral

1. Determinação da disponibilidade de matéria seca em diversos ciclos de pastejo do capim Mombaça;
2. Quantificar o balanço de energia e parâmetros derivados (albedo, IAF e temperatura base) sobre a cultura de capim Mombaça em diversos ciclos de pastejo, em Campos dos Goytacazes, RJ,
3. Determinar o estoque de carbono presente na parte aérea do capim Mombaça sobre sistema de pastejo rotacionado.

2.2. Específicos

1. Relacionar o albedo, índice de área foliar, altura do dossel foliar e soma de graus dias com a disponibilidade de forragem do capim Mombaça;
2. Estimar a evapotranspiração pelo método da razão de Bowen e pelo método padrão de Penman Monteith (FAO56); e
3. Estimar o coeficiente de cultivo simples (K_c) do capim Mombaça.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Capim Mombaça

A cultivar Mombaça foi lançada pela EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC), de Campo Grande, MS, em 1993. A cultivar foi classificada como BRA-006645 e coletada próximo de Korongue, na Tanzânia, em 1967. Trata-se de uma planta ereta e cespitosa com altura média de 1,65 m. As folhas são quebradiças, com largura média de 3,0 cm e sem serosidade. As lâminas apresentam poucos pêlos (duros e curtos), principalmente na face superior. As bainhas são glabras. Os colmos são levemente arroxeados. A inflorescência é uma panícula com ramificações primárias longas e secundárias longas apenas na base. As espiguetas são glabras, uniformemente distribuídas e arroxeadas em aproximadamente 1/3 da superfície externa. O verticilo normalmente apresenta micropilosidade (Savidan et al., 1990).

A espécie forrageira *Panicum maximum* cv. Mombaça apresenta um dos maiores potenciais de produção de massa seca em ambientes subtropicais e tropicais que se conhece (Carnevalli, 2003).

Segundo Gomide (1994), a temperatura ótima para o desenvolvimento do *P. Maximum* está na faixa de 19,1 a 22,9°C.

A espécie *P. Maximum* é exigente no que diz respeito à fertilidade dos solos. Sendo bastante influenciada pela prática da adubação, principalmente a adubação nitrogenada (Forni et al., 2000, Queiroz Neto, 2001). Segundo Santana et al., (2010), solos ácidos reduzem o rendimento do capim Mombaça. Segundo os autores, o uso de corretivos influenciou o perfilhamento do capim mombaça e proporcionou maior produção de matéria seca.

Melo et al., (2008) obtiveram produção de matéria seca variável do capim Mombaça ao longo do ano e submetido a diferentes doses de nitrogênio no Município de Goiânia, GO. A produtividade considerando uma dose de N de 500 kg ha⁻¹ variou de aproximadamente 1,5 a 5,5 t ha⁻¹ de matéria seca nos meses de agosto e novembro, respectivamente ao período seco e período chuvoso. Barbosa et al., (1996) obtiveram 7,2 t ha⁻¹ de matéria seca no verão e 2,4 t ha⁻¹ no inverno, Machado et al., (1997) foi de 20 a 21 t ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca. Alexandrino et al., (2005) estudaram o desenvolvimento do capim Mombaça no Município de Capinópolis, MG e obtiveram um produção de matéria seca de 4 e 2 t ha⁻¹ respectivamente, nas estações de outono e verão, no 42º dia do período de descanso.

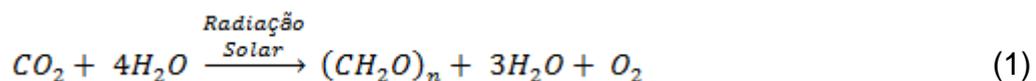
Santos et al., (2004) estudaram o efeito de diferentes intervalos de pastejo, (28, 38 e 48 dias) sobre a taxa de alongamento de folhas e hastes, e observaram variações no efeito do intervalo de pastejo sobre as taxas de alongamento de folhas e hastes, provavelmente, decorrentes da interação entre as condições ambientais (principalmente variáveis climáticas), a estrutura da planta e os mecanismos de rebrota.

3.2 Aspectos ecofisiológicos do crescimento e desenvolvimento de espécies forrageiras

A produção animal obtida em pastagens é o resultado do processo fotossintético das plantas, que utilizam a energia solar para formação de biomassa que deverá ser consumida pelo pastejo e convertida em produto animal (Nascimento Júnior e Adese, 2004).

Os organismos fotossintetizantes utilizam a energia solar para sintetizar carboidratos que não poderiam ser formados sem um *input* de energia. Mais

especificamente, a energia luminosa dirige a síntese de carboidratos a partir do dióxido de carbono e água com a liberação de oxigênio através da seguinte reação:



Taiz e Zeiger, (2004) citam que a energia armazenada nessas moléculas pode ser utilizada mais tarde para impulsionar processos celulares na planta e servir como fonte de energia para todas as formas de vida.

Segundo Montagner, (2004), a produtividade primária de um pasto é determinada basicamente pela quantidade de carbono acumulada por unidade de área de solo, por unidade de tempo. O carbono é o principal constituinte dos tecidos vegetais. A taxa de acúmulo de biomassa de um pasto é determinada pela taxa com que o nutriente é assimilado pelas plantas. O acúmulo de carbono na matéria verde é resultante dos processos de fotossíntese bruta, perdas respiratórias e distribuição entre raiz e parte aérea.

Parte do carbono assimilado pela planta é utilizada para a geração de energia na manutenção das funções vitais das células vegetais, constituindo-se na respiração de manutenção, ou para síntese de novos tecidos como: folhas, colmo e raiz. Outra parte do carbono é acumulada dentro das células na forma de amido, servindo como reserva energética a ser utilizada em situações de estresse.

A fotossíntese e respiração são altamente dependentes do suprimento de água e nitrogênio (N). A resposta da fotossíntese ao suprimento deste nutriente está relacionada à atividade fotossintética da folha e à distribuição espacial de área foliar. Gastal e Durand, (2000) citam que a área foliar verde resulta do balanço entre crescimento e senescência da planta forrageira.

Em termo de morfologia de gramíneas forrageiras, o acúmulo de forragem em pastagens envolve a integração de processos que ocorrem em níveis distintos, porém de forma concomitante. O primeiro nível está relacionado com eventos em nível de perfilho individual, ou seja, o acúmulo de forragem pode ser interpretado como o balanço entre as taxas de crescimento e senescência foliares verificadas nos perfilhos ao longo de um determinado

período de tempo. No entanto, pastagens de gramíneas são formadas por uma comunidade de perfilhos de tal forma que o balanço líquido global no acúmulo de forragem é dado por flutuações sazonais no número de perfilhos na área. Associados a processos de crescimento e senescência foliares em perfilhos individuais resultam nas taxas líquidas de acúmulo de forragem do pasto (Sbrissia et al., 2009).

No entanto, o acúmulo de biomassa vegetal é influenciado por diversos fatores bióticos e abióticos. Os componentes bióticos são intrínsecos a forrageira utilizada, a capacidade e eficiência de assimilação e acúmulo de carbono, a morfologia, e outros organismos envolvidos no processo. Os fatores abióticos são fatores extrínsecos ao vegetal, como temperatura, umidade, irradiação, solo, nutrientes e disponibilidade de água.

3.3 Manejo de pastagens

Essencialmente o objetivo do manejo das pastagens é atingir o equilíbrio efetivo e harmônico entre três grandes grupos de eficiência do sistema: crescimento, utilização da forragem produzida e conversão da forragem consumida em produto animal (Da Silva e Sbrissa, 2000).

Santos et al., (2004) acrescentam que o manejo de pastagens visa proporcionar rebrota vigorosa, favorecer a perenidade do pasto, obter elevada produção de matéria seca de boa qualidade, sincronizar disponibilidade e necessidade de forragem e atingir elevado nível de aproveitamento, reduzindo as perdas por senescência e aumentando a eficiência de colheita. Além disso, nos últimos anos tem aumentado a preocupação com a sustentabilidade do sistema e do meio ambiente.

O crescimento refere-se à produção de forragem, e é passível de ser manipulada, porém de forma limitada, pois esta é influenciada por características intrínsecas à forrageira que são fortemente influenciadas pelas condições de ambiente e deve-se encontrar um ponto de equilíbrio entre os três grupos de eficiências citados, caso contrário a pastagem irá naturalmente, entrar em processo de degradação, o que segundo Branco e Júnior, (2000)

pode ser explicado como um processo dinâmico de degeneração ou de queda relativa da produtividade.

Nascimento Júnior e Adese, (2004) citam que o ponto de equilíbrio está na combinação entre frequência e intensidade de desfolhação, no qual se alcance a produtividade animal respeitando os limites ecofisiológicos das plantas forrageiras. A maior dificuldade em se atingir este objetivo está no fato deste variar dependendo da espécie forrageira e dos fatores de manejo e de ambiente, como fertilidade do solo, temperatura, luminosidade e disponibilidade de água. Este fato foi bem comprovado pelo trabalho de Sarmiento, (2003) que demonstrou que a intensidade de desfolha foi função da altura do dossel foliar do capim Marandú (*Brachiaria brizantha* cv Marandú), pois quanto maior a altura do dossel foliar, maior é a intensidade de desfolha durante o pastejo.

Após uma desfolhação, a capacidade de rebrota das gramíneas garante, além da produtividade, a perenidade da pastagem. Entretanto, estas características podem ser potencializadas ou suprimidas em função de condições do meio e do manejo impostas às plantas forrageiras que formam uma pastagem. Por isso, o manejo das pastagens deve se basear em técnicas e estratégias que assegurem, não só a produção animal, mas também o vigor e a perenidade da pastagem (Silva, 1998).

Visando alcançar esses objetivos, Sbrissia e Silva, (2001) relataram ser necessário o estudo mais detalhado das diversas rotas de fluxo de biomassa que compõem o processo de produção e acúmulo de forragem. Os principais componentes do fluxo de biomassa a serem estudados em pastagens tropicais são: o alongamento foliar, o aparecimento foliar ou seu inverso, o filocrono; o tempo de vida da folha ou seu inverso, a senescência foliar; o alongamento das hastes e a densidade populacional de perfilhos. Porém, segundo Cândido et al., (2005b) todos esses componentes podem ser utilizados a fim de se obter um parâmetro para o manejo da pastagem, pois essas características da planta são razoavelmente constantes em uma mesma espécie ou cultivar, mas podem ser afetadas tanto pelas condições ambientais quanto pelo manejo.

Desta forma é necessário o estudo de parâmetros que avaliem a pastagem e que permitam seu manejo de forma eficiente, a fim de alcançar o máximo de acúmulo de biomassa, pois segundo Nascimento Júnior e Adese, (2004) a rebrota das plantas forrageiras é função de dois fatores: as reservas

acumuladas depois da desfolhação e o índice de área foliar. Gomide et al., (2002) relatam ainda que à fotossíntese atual (fotossíntese após o pastejo) atribui-se o papel mais importante na promoção de um novo crescimento. Contudo, sua participação está condicionada à presença de área foliar que escapa ao corte ou a uma rápida emissão de novas folhas.

Estudo realizado por Santos et al., (2004) com o objetivo de avaliar o fluxo de biomassa do capim Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça), verificou que o manejo desta gramínea, em sistema rotacionado, não pode ser baseado apenas na taxa de acúmulo de matéria seca. Carnevalli, (2003) e Barbosa et al., (2004) observaram que a máxima taxa de acúmulo líquido estava relacionada ao ponto em que o dossel forrageiro interceptava 95% da radiação incidente no capim Mombaça e Tanzânia (*Panicum maximum* cv. Tanzânia).

O dossel de um pasto é considerado plenamente desenvolvido quando ocorre a interceptação de 90 a 95% da densidade do fluxo de fótons (DFF). Isto pode ser resultado de um elevado perfilhamento e expansão da área foliar das plantas constituintes do ecossistema (Fernandes e Rossiello, 1995).

Brown e Blaser, (1968) concluíram que o IAF relacionado à interceptação de luz, parece uma forma útil para entender a produção de forragem e o desenvolvimento de melhores variedades e práticas de manejo. Hodgson, (1990) considera que as variáveis do pasto que apresentam uma maior consistência sobre a produção de forragem são a altura (h) e o índice de área foliar (IAF), especialmente em se tratando de gramíneas forrageiras prostradas, de porte baixo e com alto potencial de perfilhamento. Moura et al., (1999) e Zanchi et al., (2009) demonstraram um padrão de correlação direta do IAF com o albedo médio diurno.

Os autores acima citados demonstraram experimentalmente técnicas e princípios visando alcançar a máxima eficiência na produção e utilização da biomassa forrageira. No entanto, percebe-se que há incógnitas no que diz respeito aos parâmetros de avaliação que sirvam de orientação ao manejo das forrageiras.

3.4 Sistema de Pastejo Racional Voisin (PRV)

De acordo com Machado, (1993), o fundamento do Pastejo Racional Voisin - PRV está no desenvolvimento da biocenose do solo e nos tempos de repouso e de ocupação das parcelas de pastagens, sempre variáveis em função das condições climáticas, da fertilidade do solo, das espécies vegetais e tantas outras manifestações de vida, cuja avaliação não se enquadra em esquemas preestabelecidos.

Dessa forma, o PRV é um sistema de manejo sem roteiro predeterminado, pois a quantidade de biomassa produzida por uma forrageira é função da disponibilidade de água, radiação, temperatura, fertilidade do solo, dentre outros fatores bióticos e abióticos envolvidos no processo de formação da biomassa. Como esses fatores são difíceis de serem previstos, este sistema de manejo respeita a fisiologia do desenvolvimento das pastagens, evitando a sua degradação, além das necessidades nutricionais dos animais.

De outra forma, o PRV não é um mero roteiro de uso dos pastos. É a tecnologia mais eficiente e mais econômica para a produção sustentável à base de pasto. Trata-se do uso dialético dos conhecimentos produzidos pelas ciências, tanto básicas quanto aplicadas, nos processos de produção animal (Castagna, et al., 2008). O autor acrescenta que esta forma de produção promove a utilização otimizada da radiação e da luz solar, através do pasto e do organismo animal, respeitando o seu bem-estar e buscando sempre a maior eficiência produtiva, de acordo com os mais altos padrões de qualidade para uma produção sustentável.

O PRV possui quatro (4) leis universais do pastejo, sendo elas:

1) Lei do Repouso

Para que o pasto cortado pelo dente do animal possa dar sua máxima produtividade, é necessário que entre dois cortes consecutivos haja passado um tempo que permita sua regeneração,

2) Lei da Ocupação

O tempo global de ocupação de um piquete deve ser suficientemente curto de modo a que um pasto cortado no primeiro dia de ocupação não seja cortado de novo antes que os animais deixem a parcela,

3) Lei da Ajuda

É preciso ajudar os animais de exigências nutricionais mais elevadas para que possam colher a maior quantidade de pasto e que este seja da melhor qualidade possível,

4) Lei dos Rendimentos Regulares

Para que um bovino possa dar rendimentos regulares, é necessário que não permaneça mais do que três dias em uma mesma parcela.

O tempo de repouso varia de acordo com as condições do ambiente. Se as condições agroclimáticas forem favoráveis, o tempo de repouso tende a diminuir e caso contrário, mais tempo será necessário para que a forrageira atinja o ponto de pastejo novamente. Porém, alguns fatores referentes às plantas e ao manejo podem favorecer a rebrotação após o pastejo.

Segundo Reis e Gomide, (2000), as plantas forrageiras possuem mecanismos morfofisiológicos que lhes garantem a recuperação após as desfolhas sucessivas. Esses mecanismos envolvem a sobrevivência dos meristemas apicais (MA), o índice de área foliar (IAF) remanescente após a desfolha, os teores de reservas armazenadas nas raízes e na base do caule e a existência de gemas em condições de se desenvolverem após a desfolha. O mesmo autor cita ainda que os mecanismos que atuarão para promover a recuperação da planta após o corte ou pastejo dependerão da intensidade da desfolha, ou seja, poderá ocorrer a interação entre estes mecanismos, o que influenciará a velocidade de formação de folhas e conseqüentemente a recuperação das plantas.

Nesse contexto, vários autores associam a primeira e a segunda lei do pastejo Voisin (PRV), através da adoção de práticas de manejo, que permita rápida rebrota das plantas, após o corte ou pastejo -1º lei (Sbrissia, 2009), as quais estão associadas a conceitos básicos como: índice de área foliar (IAF),

pontos de crescimento e acúmulo de reservas orgânicas -2º lei (Nascimento Júnior e Adese, 2004). Para tanto, é preciso conjugar os componentes, intervalo entre corte e pastejo e altura do corte ou pastejo, sempre com o objetivo de obter persistência da forrageira, associada à produção e qualidade da forragem.

A terceira e a quarta lei referem-se ao consumo animal. Castagna et al., (2008) relatam que o requerimento nutricional dos animais se dá em conformidade com a terceira lei do PRV, na medida em que os animais com maiores exigências nutricionais, como, por exemplo, as vacas em lactação são as primeiras que adentram as parcelas, fazendo o “desnate”, ou seja, ingerindo a parte superior e mais nutritiva das pastagens; o “repasse” é deixado para os lotes com menor requerimento nutricional, como as vacas secas. Com respeito à quarta lei, o mesmo autor acima citado, afirma que um bovino alcança o máximo rendimento no primeiro dia de pastoreio e os rendimentos vão diminuindo à medida que aumenta o tempo de permanência na parcela.

O sistema PRV se bem executado pode proporcionar uma série de benefícios conforme citado por Melado, (2007), tais como o aumento da capacidade de lotação das pastagens, recuperação natural das pastagens degradadas, melhoria das condições e permeabilidade do solo, redução do nível de resíduos, controle natural de pragas do pasto e do gado, conservação dos recursos hídricos, redução da emissão de metano pelos animais e aumento no seqüestro de carbono, dentre outros.

3.5 Seqüestro de carbono

A importância do carbono é indiscutível, pois, os seus compostos estão presentes na natureza e faz parte da matéria viva. A base da cadeia alimentar é sustentada pelos organismos autotróficos na qual utilizam a luz solar para a assimilação do dióxido de carbono (CO₂) e liberação de oxigênio (O₂) através de um processo conhecido como fotossíntese. A quantidade e eficiência da assimilação do CO₂ pelas plantas é fortemente influenciada dentre outros fatores, pela quantidade de luz que é interceptada pela superfície foliar (Kanegae et al., 2000).

Segundo Grace, (2001) o ganho líquido de carbono é determinado pela diferença entre dois fluxos: a fotossíntese e a respiração. Portanto, em ambientes sem influência antrópica podem atuar como fontes e sumidouros de CO₂.

Medições dos fluxos líquidos de CO₂ em áreas de florestas não perturbadas, ou seja, a diferença entre o fluxo de CO₂ da atmosfera para a floresta mediante a fotossíntese durante o dia e o fluxo de CO₂ da floresta para atmosfera emitida pela respiração das plantas, decomposição da palhada sobre o solo e da matéria orgânica presente no solo da floresta, em cinco torres de medidas de fluxos no leste, centro e sudoeste da floresta Amazônica, tem mostrado que aparentemente a floresta funciona como sumidouro de parte do excesso de CO₂ atmosférico, assimilando quantidades expressivas de carbono, entre uma até nove toneladas por hectare por ano (Grace et al., 2002; Kruijt et al., 2004).

Assim como a composição e estrutura, as funções de um ecossistema não são imutáveis. Elas, da mesma forma como os serviços resultantes dessas funções, variam ao longo do tempo, podendo ser vulneráveis à ação antrópica. Por conseguinte, a ação humana, direta ou indiretamente, pode influenciar as funções de determinado ecossistema (Aduan et al., 2003).

Segundo relatório (IPCC, 2007), a concentração de dióxido de carbono na atmosfera subiu de cerca 280 ppm, em 1750, para 379 ppm, em 2005. Só durante esta última década (1995-2005), a taxa de crescimento da concentração de dióxido de carbono foi de 1,9 ppm por ano, contra 1,4 ppm por anos para o período de 1960-1995. De acordo com Mosier, (1998), as principais fontes antrópicas de emissão de CO₂ são a queima de combustíveis fósseis, o desmatamento com queimadas de florestas e as atividades associadas ao processo de industrialização.

Desta forma a influência humana sobre os ecossistemas desequilibram o equilíbrio natural dos fluxos entre a assimilação e liberação de carbono pelos organismos autotróficos. Além disto, há uma parcela de emissão por conta do desenvolvimento industrial que segundo Baird, (2002) a queima de combustíveis fósseis e a produção de cimento liberam cerca de 5,5 Gt de carbono por ano, das quais 3,3 Gt não encontraram um sumidouro.

Diante deste panorama, Barreto et al., (2009) relatam que o aumento das emissões de CO₂, vem intensificando o efeito estufa, podendo resultar em elevação significativa da temperatura do planeta. Os governos têm debatido formas de minimizar essas emissões, sem prejudicar o crescimento econômico. Os acordos baseiam-se na redução das emissões, aquisição de créditos de carbono, implementação de projetos baseados em tecnologias limpas em outros países e plantação de mais árvores com objetivo de absorver as emissões de CO₂.

Nobre e Nobre, (2002) ressaltam a necessidade de expandir o conhecimento científico sobre o comportamento dos grandes ciclos naturais do planeta envolvendo carbono, água, nutrientes etc. No que concerne às ações para um possível controle das emissões globais, visando uma desejável estabilização da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera, entender os mecanismos responsáveis pela absorção de CO₂ atmosférico pelos oceanos e pela biota terrestre são essenciais.

Com objetivo de obter melhor entendimento do ciclo do carbono e na busca de alternativas que visem explorações agropecuárias de forma a mitigar as emissões de CO₂ ou mesmo tornar as atividades agrícolas fontes sumidouros de CO₂. Vários estudos estão sendo conduzidos, obtendo grandes avanços científicos no entendimento do ciclo do carbono e em práticas de manejos mitigadoras das emissões de CO₂. A seguir seguem-se alguns trabalhos encontrados na literatura, que demonstram o potencial de estoque e seqüestro de sistemas agrícolas.

A pecuária tem sido taxada como uma das principais responsáveis pelo desmatamento e conseqüentemente aumento das emissões de CO₂, porém, a área ocupada com pastagens no Brasil é suficiente para a manutenção dos seus rebanhos. Segundo Bürgui e Pagotto, (2002), cerca de 99,7% da dieta dos bovinos de corte é composta de pastagem, o problema é que grande parte das áreas de pastagem brasileira esta degradada ou em processo avançado de degradação.

Szakács, (2003) investigou a potencialidade do seqüestro de carbono em solo de baixa fertilidade sob pastagens, com o objetivo de avaliar sua aplicabilidade nos mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL). O autor conclui que existe efetivamente a potencialidade de estocar carbono no solo

adotando-se um melhor manejo de pastagem. Estima-se esse potencial em até aproximadamente 22 t ha⁻¹ (50 cm de profundidade) em solos arenosos sob pastagens degradadas.

Estudo realizado por Segnini et al., (2007) com o objetivo de quantificar os estoques e o seqüestro de carbono em área de pastagem de *Brachiaria decumbens* em São Carlos, SP mostrou que a forrageira seqüestrou de 6,1 a 12,8 t CO₂ ha⁻¹ ano⁻¹ da atmosfera, dependendo da adubação nitrogenada. Os autores citam ainda que toda a pastagem de *Brachiaria decumbens* no Brasil tem potencial para assimilação de 8,3 a 17,3% do total de gás carbônico liberado atualmente pelas atividades relacionadas ao desmatamento e às mudanças de uso da terra.

Souza et al., (2009) avaliaram o estoque de carbono e nitrogênio sob diferentes intensidades de pastejo em sistema de integração lavoura pecuária da aveia preta mais azevém, plantada logo após a colheita da soja. Concluíram que intensidade de pastejo moderada (20 a 40 cm de altura do pasto) promoveu um aumento nos estoques de carbono orgânico total e alta intensidade de pastejo (10 cm), houve redução no estoque desses elementos, com degradação da qualidade da matéria orgânica.

Os trabalhos acima citados mostram que o ecossistema de pastagem possui um grande potencial de seqüestro de carbono da atmosfera quando estas são manejadas de forma correta, caso contrário esta pode atuar como fontes na liberação de CO₂ com a redução dos estoques de carbono orgânico presente no solo.

Desta forma, pastagens bem manejadas sob o sistema de pastejo rotacionado proporcionam uma maior assimilação de CO₂. Segundo Melado, (2007) neste sistema o pastejo é realizado sempre que o capim se encontra próximo do seu clímax de crescimento. Com isso, as forrageiras são mantidas sempre em crescimento, maximizando o processo de fotossíntese e o conseqüente seqüestro de carbono, não somente pela parte aérea, mais principalmente pelo seu sistema radicular.

3.6 Balanço de energia

3.6.1 Transporte turbulento de energia na camada limite atmosférica (CLA)

A atmosfera é a camada de ar acima da superfície terrestre, composta por uma mistura de gases retidos pela gravidade da terra (Peixoto e Oort, 1991) e a Camada Limite Planetária (CLP), com aproximadamente 10 km de altura, é a porção da atmosfera onde se processam a maioria dos fenômenos atmosféricos que interferem diretamente na vida das pessoas.

Segundo Magnano, (2007), apenas os primeiros quilômetros da CLP são afetados diretamente pela superfície do planeta. É nesta porção que se concentra o interesse dos micrometeorologistas, podendo ser definida como sendo a porção da troposfera que é diretamente influenciada pela superfície terrestre. O mesmo autor cita ainda que a CLP caracteriza-se por possuir uma grande variação temporal e espacial diária. Esta característica deve-se principalmente às variações da superfície no espaço e no tempo, da cobertura vegetal, do período do ano, da irradiação solar, etc. Por isso, situações típicas em uma determinada região podem não ser comuns em outras regiões, devido à superfície distinta.

A camada limite da atmosfera (CLA) pode ser idealizada como composta por duas camadas: a camada superficial e a camada exterior, de acordo com a influência da rotação do planeta. A camada exterior se estende, normalmente, a uma altura que varia de 500 m a 1000 m, ou mais, onde o escoamento atmosférico é influenciado não só pela rugosidade da superfície e pelo gradiente de temperatura, mas também pela rotação da terra (Kaimal e Finnigan, 1994). A camada superficial estende-se a uma altura a variar dos 50 m a 100 m, onde o escoamento atmosférico é influenciado pela rugosidade da superfície e pelo gradiente de temperatura, sendo insensível à rotação da terra. Nesta camada podem ainda ser individualizadas outras duas camadas: a camada turbulenta e a camada laminar. A camada turbulenta é caracterizada por turbulência de pequena escala totalmente desenvolvida, criando uma mistura praticamente homogênea dos constituintes atmosféricos. Na camada turbulenta, a variação vertical do transporte vertical, ou fluxo, de energia ou

massa é inferior a 10%. Por isso, é usualmente chamada de camada de fluxo constante (Peixoto e Oort, 1991). A camada laminar consiste em uma camada onde o escoamento atmosférico adquire um padrão laminar e o transporte vertical de energia e massa é efetuado por difusão molecular e sua espessura é de apenas alguns milímetros, ou menos, variando de acordo com a velocidade do vento e a rugosidade da superfície.

O estudo do balanço de energia visa contabilizar os fluxos de energia que ocorrem na camada superficial da atmosfera, onde ocorrem os fluxos de calor sensível e latente. Esses fluxos são influenciados pelo *momentum* da atmosfera, condições de radiação, pressão de vapor, temperatura do ar, velocidade e direção do vento e do tipo da vegetação, dentre outros.

3.6.2 Balanço de energia de uma superfície vegetada

O método do balanço de energia se fundamenta no princípio da conservação de energia. Em sistemas abertos, como são os cultivados, onde há constante troca de matéria e energia com o meio, geralmente alguns componentes podem ser desprezados, resultando na equação geral do saldo de radiação (R_n), composta pelos fluxos de calor latente (λE) e sensível (H) na atmosfera, e pelo fluxo de calor no solo (G).

$$R_n = G + \lambda E + H \quad (2)$$

em que R_n , G , λE e H são dados em $\text{MJ m}^{-2} \text{h}^{-1}$.

Vários trabalhos foram realizados visando quantificar os fluxos de energia em forrageiras. Silva, (2003) avaliou as relações entre a irradiância solar global e a radiação líquida sobre superfícies vegetadas com capim tânzania (*Panicum maximum* Jacq.) e com grama batatais (*Paspalum notatum* Flugge), além do desempenho de sistemas automáticos de razão de Bowen na estimativa da evapotranspiração da cultura, comparando os valores estimados pelo balanço de energia com os estimados pelo modelo de Penman-Monteith e com os medidos em lisímetro de pesagem. O autor concluiu que as estimativas da evapotranspiração obtidas pelos sistemas automáticos de razão de Bowen

superestimaram as determinações realizadas pelo lisímetro no período analisado, mostrando-se, porém, eficiente para a determinação da evapotranspiração cultura, mas está sujeito ao efeito advectivo.

Silva et al., (2005) comparam a evapotranspiração do capim Tanzânia estimado pelo método de razão de Bowen com a medida por lisímetro de pesagem. O experimento foi conduzido em Piracicaba - SP, entre os dias 21 de julho de 2000 e 15 de julho de 2001. Por meio de um lisímetro de pesagem e um sistema automático de razão de Bowen, foram obtidos valores de evapotranspiração potencial da cultura (ET_c). A evapotranspiração média do capim Tanzânia foi de 4,13 mm dia⁻¹, segundo o balanço de energia, e 4,34 mm dia⁻¹, obtida pelo lisímetro de pesagem. O autor concluiu que houve relação satisfatória entre a evapotranspiração da cultura estimada pelo método da razão de Bowen e as medidas feitas em lisímetro de pesagem.

Biudes et al., (2009) estimaram a variação sazonal do balanço de energia pelo método da razão de Bowen em uma área de vegetação monodominante de Cambará, vegetação nativa do Pantanal, na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) SESC-Pantanal e uma área de pastagem na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT). Os componentes do balanço de energia apresentaram sazonalidade, com maiores médias na estação chuvosa nas duas áreas de estudo. No cambarazal houve maior variação do fluxo de calor latente da estação seca para a chuvosa que na pastagem. Entretanto, a variação sazonal do fluxo de calor sensível foi menor no cambarazal que na pastagem, devido ao efeito termorregulador do cambarazal, em função da maior biomassa. A energia disponível aos dois sítios foi destinada prioritariamente ao fluxo de calor latente, 80,0% no cambarazal e 56,6% na pastagem, seguido pelo fluxo de calor sensível, 19,1 e 42,9%, e pelo fluxo de calor no solo, 0,3 e 7,2%.

Aires (2007) efetuou medições de fluxos de dióxido de carbono, vapor d'água e energia, usando a técnica da correlação turbulenta, durante dois anos hidrológicos, 2004-2005 e 2005-2006, em uma pastagem mediterrânica composta de vegetação do tipo C3/C4, no sul de Portugal. O autor concluiu que as frações G/R_n e H/R_n aumentaram do Outono (período de Pré-crescimento da vegetação) para o Verão (período Seco). Já a fração λE/R_n teve uma tendência contrária. Não obstante, encontrou-se que a fração λE/R_n dominou durante

todo o período de crescimento da vegetação (Outubro até meados da Primavera). Em períodos frios, com vegetação curta, temperaturas do solo baixas e reduzida capacidade da atmosfera em transportar energia (como Dezembro e Janeiro), verificou-se que o G tendeu a dominar a partição de energia ao meio-dia.

3.6.3 Balanço de Radiação

A irradiância solar é a principal fonte de energia para os diversos processos biofísicos que ocorrem na superfície. A energia solar origina-se no centro do sol, onde os núcleos de átomos de hidrogênio submetidos à alta pressão fundem-se originando núcleos de hélio com liberação de energia para o meio. Na superfície do Sol, a temperatura é em torno de 6000 K. A energia resultante desta reação é irradiada para o espaço e parte dela atinge o topo da atmosfera terrestre (R_a) com uma intensidade de cerca de 1373 W m^{-2} (Energias Renováveis, 2010).

Segundo Galvão e Fisch, (2000), ao penetrar na atmosfera, a irradiação solar sofre uma série de processos que a modificam. Uma considerável porção da irradiação incidente é refletida pelas nuvens e difusamente espalhada pela atmosfera. Outras perdas ocorrem devido à absorção de radiação pelo ozônio, vapor d'água e dióxido de carbono. Mesmo assim, uma parte significativa atinge diretamente a superfície da terra, sendo uma porção refletida e outra absorvida pela mesma. Um percentual da parte absorvida é reemitido como radiação termal, enquanto o restante aquece a superfície e o ar logo acima dela ou fornece energia para a evapotranspiração.

O sol emite irradiação de onda curta, enquanto que a parte reemitida pela superfície da terra é irradiação de onda longa, o balanço entra essas duas componentes resulta na radiação líquida (R_n), que será utilizada nos processos físicos e biológicos que ocorrem na biosfera. A radiação líquida é dada de acordo com a equação 2.

$$R_n = B_{oc} - B_{ol} \quad (3)$$

em que: B_{oc} é o balanço de ondas curtas, e B_{ol} o balanço de ondas longas.

A radiação refletida é dependente da intensidade da irradiância solar global incidente (R_s) e também do albedo da superfície (α). Em relação a superfícies com vegetação, o albedo (α) pode variar de 0,16 a 0,25, em pastagens e prados, e de 0,05 a 0,20, em florestas (Oke, 1987).

Desta forma a radiação de onda curta pode ser representada por:

$$B_{oc} = R_s \downarrow * (1 - \alpha) \quad (4)$$

em que: $R_s \downarrow$ é a irradiância de onda curta incidente, e α é o albedo ou poder refletor da superfície.

A irradiância infravermelha ($OL \downarrow$), emitida pela atmosfera e pelas nuvens, depende do perfil vertical da temperatura, das nuvens e da distribuição vertical dos gases absorventes de radiação infravermelha (Peixoto e Oort, 1991). A irradiância infravermelha terrestre ($OL \uparrow$), emitida pela superfície terrestre, é governada pela temperatura e pela emissividade da superfície de acordo com a lei de Stefan-Boltzmann (Oke, 1987).

O balanço de ondas curtas pode ser apresentado então da seguinte forma:

$$B_{ol} = OL \downarrow - OL \uparrow \quad (5)$$

em que: $OL \downarrow$ é irradiância de onda longa incidente, e $OL \uparrow$ emitida.

A Figura 3.1 mostra um esquema apresentando o balanço de ondas curtas, balanço de ondas longas e a partição da radiação líquida entre os fluxos de calor sensível, latente e no solo, bem como os principais processos de atenuação sofridos pela irradiância solar, a saber, reflexão, absorção e difusão.

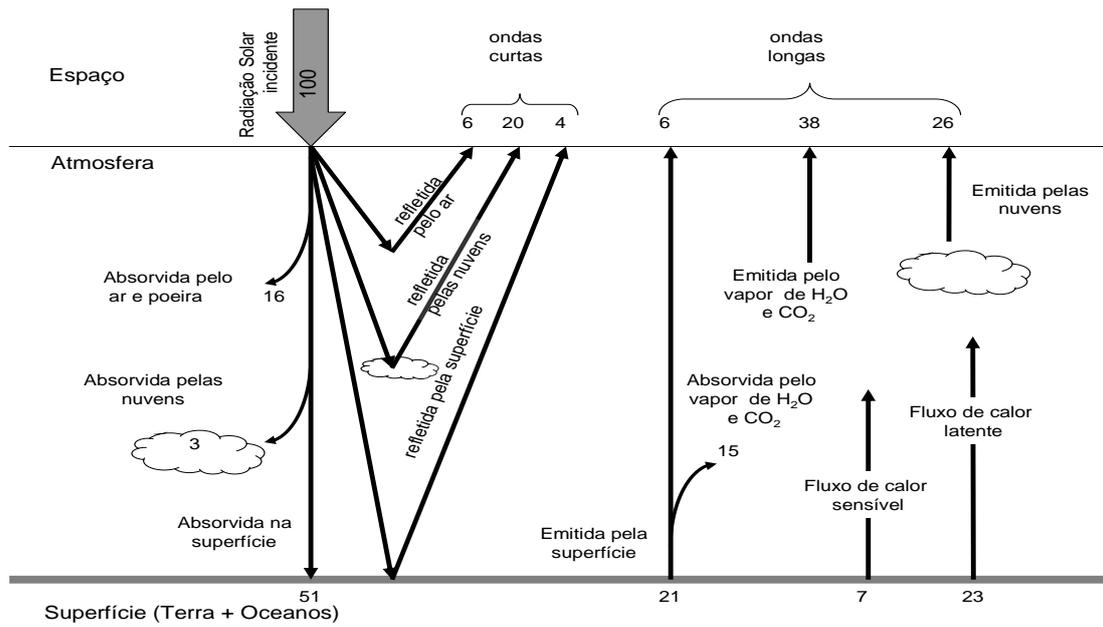


Figura 3.1. Esquema do balanço de ondas curtas e ondas longas, partição da radiação líquida em fluxo de calor sensível, latente e no solo, bem como os processos de atenuação da irradiância solar incidente, absorção, reflexão e difusão.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Região de estudo

O estudo foi realizado no Município de Campos dos Goytacazes, região norte do estado do Rio de Janeiro, estando a sede do município localizada nas coordenadas $21^{\circ} 45' 14''$ S e $41^{\circ} 19' 26''$, conforme apresentado na Figura 4.1.

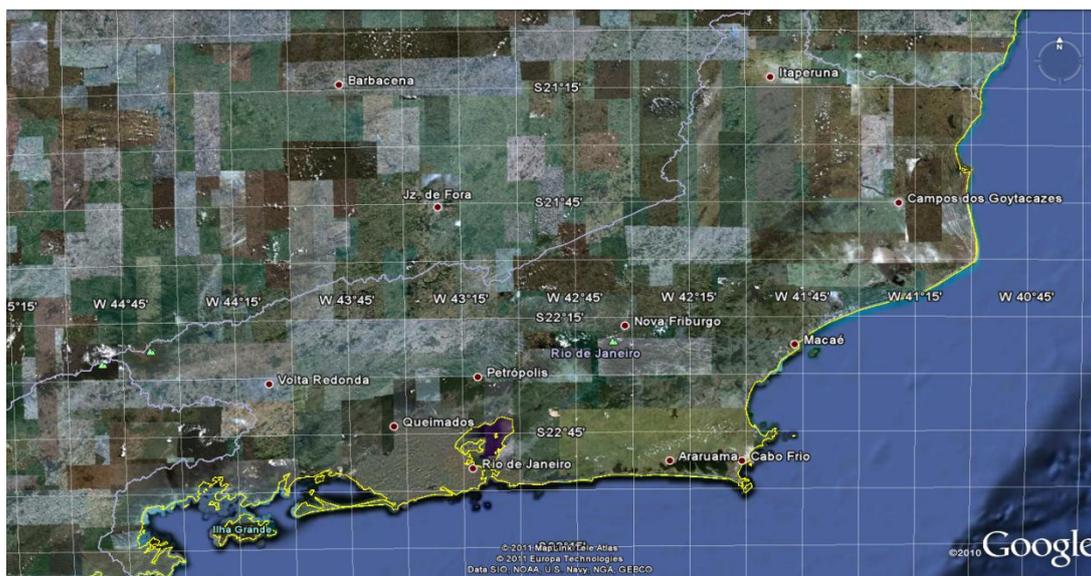


Figura 4.1. Localização geográfica do município de Campos dos Goytacazes, RJ em relação ao Estado do Rio de Janeiro.

Segundo a classificação climática de Köppem, o clima da região Norte Fluminense, RJ é classificado como Aw, isto é, clima tropical úmido, com verão chuvoso, inverno seco.

Na Figura 4.2 está apresentado as médias das temperaturas máximas e mínimas para o Município de Campos dos Goytacazes no período de 1997 a 2006.

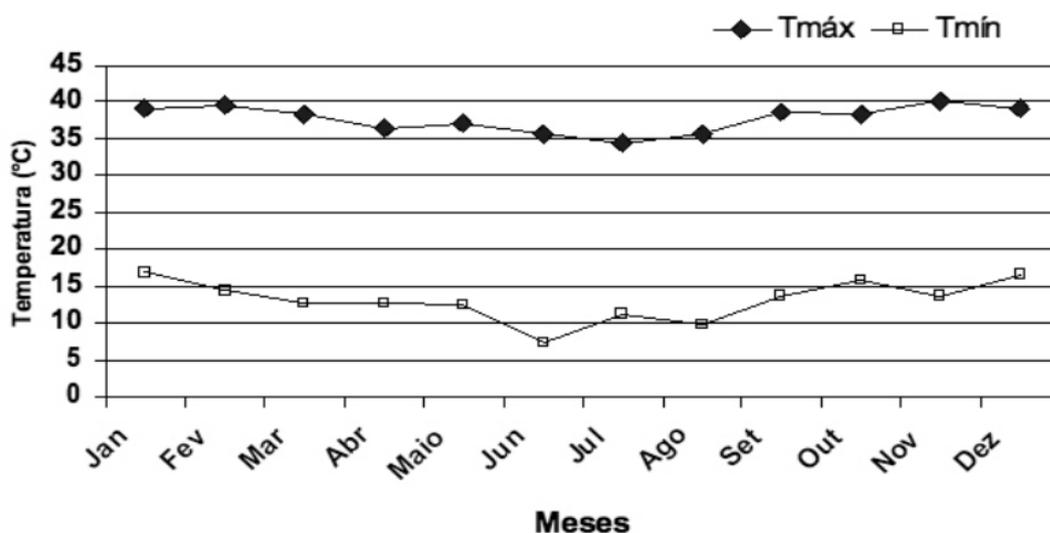


Figura 4.2: Médias mensais das temperaturas máximas e mínimas em Campos dos Goytacazes – RJ, para o período de 1997 a 2006. Fonte: Universidade Estadual do Norte Fluminense.

Pode-se observar pelo perfil da temperatura ao longo do ano na região, que os meses de junho a agosto apresentam as menores temperaturas médias máximas e mínimas. Porém, observa-se ainda que a amplitude térmica ao longo do ano é baixa para as máximas e mínimas. A temperatura máxima esteve em torno de 35° a 40° C e a temperatura mínima 07° a 17° C.

4.2 Caracterização da área de estudo

A área é ocupada por uma pastagem homogênea de capim Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) com um ano de plantio, localizada na unidade experimental da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) situada na Escola técnica Estadual Agrícola Antônio Sarlo. A

área possui aproximadamente 9 ha, dividida em piquetes com cerca de 2500 m² cada.

A área possui sistema de irrigação por aspersão em malha, cujo funcionamento efetivo se dá no período de estiagem, a fim de manter o solo próximo à capacidade de campo. Porém, durante a realização do experimento as irrigações foram comprometidas devido a problemas no conjunto motobomba e a pouca experiência dos funcionários no manejo adequado da irrigação, fato que comprometeu o fornecimento de água a cultura principalmente durante o 3º ciclo de pastejo.

A intensidade de pastejo ou carga animal por piquete é variável, sendo função da disponibilidade de forragem, mantendo-se a pressão de pastejo de 4 kg em matéria seca foliar por 100 kg de peso vivo animal.

Para determinação da taxa de lotação no pré-pastejo é feito uma avaliação da disponibilidade de forragem do piquete. O tempo máximo de pastejo é de 4 dias, com um período de descanso de 28 dias, totalizando um ciclo de 32 dias entre pastejo. Neste sistema de manejo o resíduo deixado após o pastejo varia entre 15 e 30 cm dependendo da estrutura do dossel.

Após a retirada dos animais é feito uma adubação de suplementação, com cerca de 50 kg ha⁻¹ de sulfato de amônia e 20 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio.

4.2.1 Cobertura do terreno

A Figura 4.3 apresenta a ocupação do terreno na área de pasto e no seu entorno, a fim de caracterizar qualquer possível interferência dos elementos da paisagem sobre os fluxos de energia e vapor d'água da pastagem. A cobertura vegetal é composta pelo Capim Mombaça durante todo o ano.

A estação micrometeorológica foi instalada para o monitoramento dos fluxos de energia, vapor d'água e das condições climáticas predominantes no período de realização do experimento. A estação está situada no centro do piquete que está localizado aproximadamente no centro da área de pasto. No entorno desta, situam-se o canal de drenagem Agrotécnica I a 103 m da

estação, na direção nordeste. Ao sul encontra-se uma área de solo desnudo a 158 m, a noroeste o canal “Jacaré” limite da propriedade e início de propriedade particular ocupada com lavouras de cana-de-açúcar a uma distância de 323 m, próximo à área na direção sudoeste a uma distância de 371 m da estação localiza-se ainda uma área de baixada alagada, com vegetação característica deste tipo de ambiente.



Figura 4.3: Localização da estação micrometeorológica no centro da pastagem e caracterização do terreno no entorno da área de pasto.

4.3 Solo

4.3.1 Composição textural

Para a determinação da composição textural do solo da área experimental, foram coletados 8 amostras de solo em cada unidade experimental, sendo 4 na camada de 0 – 10 cm e 4 na camada de 0 – 20 cm, totalizando 32 amostras de solo representativas. A amostragem foi realizada pelo método do anel volumétrico. Introduziu-se no solo um anel de aço (anel de Kopecky) de bordas cortantes e volume interno de 100 cm³ à profundidade de

10 e 20 cm, em seguida retirou-se o solo de seu entorno e, com o cuidado de manter o solo de seu interior sem maiores deformações.

Efetou-se a análise granulométrica seguindo a rotina do Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, LSOL/UENF, baseada na metodologia descrita por EMBRAPA (1997). As determinações foram feitas por densimetria das suspensões de solo a diferentes tempos, de acordo com os princípios da lei de Stokes.

4.3.2 Determinação da densidade do solo (da)

A amostragem para a determinação densidade do solo foi realizada pelo método do anel volumétrico. Introduziu-se no solo um anel de aço (anel de Kopecky) de bordas cortantes e volume interno de 100 cm^3 à profundidade de 10 e 20 cm, em seguida retirou-se o solo de seu entorno e, com o cuidado de manter o solo de seu interior sem maiores deformações. Foram coletadas 32 amostras indeformadas de solo, sendo 16 em cada unidade experimental em duas profundidades diferentes. As amostras foram levadas ao laboratório para posterior análise, as quais seguiram metodologia descrita por EMBRAPA, (1997).

4.3.3 Obtenção da curva de retenção

Para a obtenção da curva de retenção foram utilizadas as mesmas amostras coletadas para a determinação da densidade do solo. Os pontos da curva de retenção do solo foram realizados pela metodologia da mesa de tensão para tensões menores e, para tensões maiores, foi utilizada a metodologia da câmara de pressão descrita por Libard, (1995). O ajuste do conteúdo de água versus tensão foi feito através do modelo proposto por Genuchten (1980).

4.3.4 Análise química do solo

A análise química do solo foi realizada pelo Departamento de Produção Vegetal da Fundação Norte Fluminense de Desenvolvimento Regional (FUNDENOR). As amostras foram coletadas na camada arável, de 0 – 10 cm de profundidade, com o auxílio de um trado do tipo sonda. A análise foi realizada de uma amostra composta de solo a partir das coletas semanais realizadas para a determinação da umidade gravimétrica do solo. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos, e ao final do experimento levadas para o laboratório de análise.

Foi determinado pH em água, KCl e CaCl_2 na relação 2:1. A determinação dos teores de P, Na, K, Fe, Zn, Mn, Cu foi realizada pelo extrator Melich 1, enquanto que o Ca, Mg, e Al foi utilizado o extrator KCl a 1molar. Para a determinação de H + Al foi utilizado o extrator Acetato de Cálcio a 0,5 molar em pH 7. A determinação do teor de B foi realizada pelo extrator, água quente e, a determinação do S pelo extrator fosfato monocálcico.

A determinação da matéria orgânica do solo foi realizada pelo método proposto por Wakley e Black, (1934) e que foi adaptado por Jackson, (1982), que se baseia na oxidação do carbono orgânico do solo por íons dicromato, em meio fortemente ácido.

4.4 Medições de Campo

4.4.1 Medição dos fluxos e das condições meteorológicas

A fim de alcançar os objetivos propostos neste trabalho, foi instalada uma estação micrometeorológica para a coleta de dados meteorológicos. A estação foi instalada sobre a área ocupada pelo capim Mombaça, em fevereiro/2010 próximo ao centro da área. Na Figura 4.4 é apresentada a fotografia da estação micrometeorológica instalada.



Figura 4.4. Estação micrometeorológica instalada sobre a área ocupada por capim Mombaça.

A estação foi instalada em um piquete com características homogêneas e representativas da área de pastagem. Buscou-se um piquete que estivesse mais próximo ao centro da pastagem a fim de minimizar os efeitos advectivos e proporcionar um raio de pelo menos 100 m de bordadura da estação.

A distância mínima de *fetch* disponível relativamente à localização da estação micrometeorológica sobre o capim Mombaça é de 103 m na direção nordeste, nestas circunstâncias há uma interferência maior sobre o fluxo turbulento, pois segundo Muniz (2009) ventos na direção nordeste e leste possuem uma frequência anual de aproximadamente 40% na região.

A estação era composta dos seguintes sensores:

- 2 piranômetros LI 200 X-Li-cor, sendo um com a face voltada para cima para medir a irradiância solar incidente e o outro com a face voltada para baixo, medindo a irradiância solar refletida. Os piranômetros possuem uma sensibilidade de $90 \mu\text{A}$ por 1000 w m^{-2} e em condição de dia de céu claro possui um erro menor que 5%.

• 1 anemômetros Met One, (modelo 014A-L, Campbell Scientific Inc., Logan, Utah, USA) que registra a velocidade do vento em uma faixa de 0 a 45 m s^{-1} e precisão de 0,11 m s^{-1} .

• 3 fluxímetros HFP01-L, da Hukseflux (Campbell Scientific Inc., Logan, Utah, USA) que medem o fluxo de calor no solo, têm uma sensibilidade de 50 $\mu\text{V w}^{-1} \text{m}^{-2}$ medidas em uma faixa de $\pm 2000 \text{ W m}^{-2}$.

• 1 saldo radiômetro NR-LITE da Kipp Zonen (Campbell Scientific Inc., Logan, Utah, USA), que mede o saldo de radiação em watt m^{-2} . O sensor possui uma resposta espectral na faixa de 0 a 100 μm e uma sensibilidade de 10 $\mu\text{V w}^{-1} \text{m}^{-2}$.

• 2 conjuntos psicométricos, equipados com sensores de temperatura, que medem a temperatura de bulbo úmido e bulbo seco. Os conjuntos psicométricos foram adaptados para trabalhar em sistema de circulação forçada, através da instalação de dois *coolers* mantidos a bateria.

Os dados foram coletados a cada minuto e armazenados em valores médios a cada 10 minutos por um coletor de dados (datalogger) CR10X da Campbell Scientific Inc., Logan, Utah, USA.

A estação micrometeorológica possui duas hastes horizontais na qual os sensores foram instalados. As hastes estão dispostas a 0,10 m e 1,00 m acima do dossel da cultura (1^a e 2^a hastes) segundo metodologia proposta por Silva et al (2005). Os fluxímetros foram instalados a 0,5 cm de profundidades no solo. Esse padrão de coleta de dados foi mantido durante todo o experimento.

A estação é dotada ainda de um pluviômetro registrado Modelo S1610, da Squitter do Brasil, com sensibilidade de 0,25 mm.

4.4.2 Medição da estrutura e biomassa das pastagens

Para o bom entendimento do estoque de carbono, transferência de vapor d'água e energia entre a pastagem e a atmosfera e disponibilidade de matéria seca do capim Mombaça, é preciso o conhecimento da estrutura do dossel e da dinâmica do acúmulo de biomassa ao longo do tempo,

principalmente em gramíneas tropicais que são espécies que apresentam dinâmica sazonal em função da variação das condições meteorológicas.

Outros fatores que interferem na dinâmica das pastagens estão relacionados à disponibilidade hídrica, ao tipo de solo, fertilidade do solo, além de aspectos relacionados ao manejo do sistema de pastejo rotativo. Portanto, neste estudo, elaborou-se um plano de medições que consistiu em mensurar a biomassa vegetal, a cobertura do solo, o índice de área Foliar (IAF), a altura do dossel e teor de umidade do solo com uma frequência capaz de assegurar a observação das variações mais importantes.

Para a coleta do material vegetal e avaliação dos parâmetros supracitados, foi selecionado 4 (quatro) piquetes, sendo que cada um deles representava uma unidade experimental. A forrageira de cada unidade experimental encontrava-se na mesma idade dentro do rodízio entre os piquetes, ou seja, com período de pastejo e descanso simultâneo. Além disso, os piquetes estavam dispostos separadamente na área, de forma a amostrar toda a área de pasto.

Os piquetes da área eram identificados por uma numeração crescente, a fim de facilitar o manejo do rodízio dos piquetes. Dentre os piquetes, os de número 18, 24, 03 e 26 foram selecionados para monitoramento sistemático. O piquete de número 18 era onde a estação se encontrava localizada.

O piquete da estação foi avaliado em todos os ciclos de pastejo estudados, enquanto que os outros piquetes foram avaliados respectivamente no 1º, 2º e 3º ciclo de pastejo. A Tabela 1 apresenta a combinação de piquetes utilizados na avaliação de cada ciclo de pastejo do capim Mombaça.

Tabela 1: Combinações de piquetes coletados durante os 3 ciclos de pastejos do capim Mombaça estudado

	1º Ciclo	2º Ciclo	3º Ciclo
Piquetes amostrados	18:24	18:03	18:26

Um resumo detalhado com datas de início e fim, além da duração de cada ciclo de pastejo do capim Mombaça é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Detalhamento do início, fim e duração dos ciclos de pastejo avaliados no capim Mombaça

Ciclos de pastejo		Período de descanso
Início	Final	
23/04/10	21/05/10	38
25/05/10	27/06/10	32
01/07/10	22/09/10	83

Foi previsto que no manejo dos piquetes do capim Mombaça, o período de descanso fosse de 28 dias, como ocorreu no 1º Ciclo. Porém, o 2º Ciclo foi prolongado em uma semana devido às baixas temperaturas do final do outono, que levaram ao florescimento do capim Mombaça e a um ataque repentino de lagarta que comprometeu o desenvolvimento do capim. Com o objetivo de avaliar todo o ciclo do capim Mombaça, o 3º Ciclo teve o período de descanso prolongado até que a forrageira alcançasse o máximo de índice de área foliar e começasse a reduzir.

4.4.3 Índice de área foliar (IAF) e disponibilidade de forragem

Para a determinação do índice de área foliar (IAF) e disponibilidade de biomassa, foi confeccionado um quadro de metal com 1 m² de área na qual toda a biomassa envolvida fosse coletada.

Foi coletada ainda toda a cobertura morta sobre o solo dentro dos limites do quadro. Todo o material coletado foi imediatamente pesado por uma balança semi-analítica e retirada uma alíquota em torno de 500 g que foi levada ao laboratório para processamento.

Na primeira coleta de cada um dos ciclos de pastejo, foram feitas as avaliações da biomassa presente no resíduo pós-pastejo, a fim de quantificar a

matéria seca e estoque de carbono presente no resíduo pós-pastejo. A coleta era realizada por meio do corte de todo o material vegetal rente ao solo, seguido de pesagem e retirada da alíquota para a determinação de matéria seca e teor de carbono.

O processamento das amostras em laboratório consistiu em divisão das partes em colmo/bainha, folha e palha (matéria morta) conforme apresentado na Figura 4.5. Cada parte constituinte foi pesada e levada a estufa para uma pré-secagem a 60°C por 3 dias. Porém, as folhas antes de serem levadas a pré-secagem, foram levadas ao medidor de área foliar de LICOR-3100 para a determinação da área foliar da amostra de folha.



Figura 4.5. Amostra de capim Mombaça após processamento em laboratório, seccionada em folha (A), colmo/bainha (B) e palha (C).

Após a pré-secagem o material foi moído em moinho tipo Willey com peneira fina e a determinação da matéria seca definitiva, realizada de acordo com metodologia proposta por Silva e Queiroz, (2002).

O índice de área foliar total foi estimado por proporção linear entre a área foliar da massa de folha presente na alíquota de 500 g e a massa total de material pesado no campo na área de 1 m² no momento da coleta.

As avaliações foram feitas semanalmente, em cada época de avaliação foram coletados 10 (dez) alíquotas, sendo 5 pontos amostrados em cada unidade experimental.

4.4.4. Altura do dossel

A determinação da altura do dossel foliar foi realizada com auxílio de uma régua graduada, colocada próximo à touceira da forrageira. A régua era posicionada próxima à touceira da forrageira e visualizada horizontalmente, a leitura era feita na altura predominante das folhas conforme apresentado na Figura 4.6. Foram realizadas semanalmente 20 medidas aleatoriamente dentro de cada unidade experimental. A altura foi determinada pela média simples das alturas pontuais mensuradas.



Figura 4.6. Posicionamento da régua e visualização da altura do dossel do capim Mombaça.

4.4.5 Determinação da disponibilidade de água no solo

Para a determinação da umidade gravimétrica do solo foi utilizado o método padrão de estufa descrito por Salassier et al., (2006), que consistiu na coleta de 10 amostras pontuais em cada unidade experimental nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm de solo com o auxílio de um trado Sonda graduado em 0,1 m. Ao final das coletas as amostras simples de cada camada foram misturadas formando 2 (duas) amostras compostas por unidade experimental, sendo uma amostra de cada camada de solo.

As amostras foram armazenadas em sacos plásticos para evitar a perda de umidade e levadas ao laboratório onde foram pesadas em balança analítica e em seguida levadas a estufa a 105 °C por 72 h. Após a secagem as amostras foram pesadas novamente e por diferença foi determinado a umidade gravimétrica.

A determinação da umidade gravimétrica foi realizada com uma de freqüência de 7 dias.

Segundo Razuk, (2002), 66% e 18% do sistema radicular do capim braquiária estão de 0-10 cm e 10-20 cm de profundidade, respectivamente. Desta forma o monitoramento da umidade gravimétrica do solo foi realizado apenas nestas duas camadas de solo.

Para determinação da umidade em base peso foi utilizado a equação 6:

$$\%U_{\text{Peso}} = \frac{\text{Massa de água}}{\text{Massa de solo seco}} \times 100 \quad (6)$$

Para a conversão da umidade em base peso para volume, foi utilizado a equação 7:

$$\%U_{\text{Volume}} = \%U_{\text{Peso}} * d_a \quad (7)$$

em que: d_a é a densidade aparente do solo em g.cm^{-3} , calculado segundo a equação 8:

$$d_a = \frac{\text{Massa de solo seco}}{\text{Volume do solo}} \quad (8)$$

A lâmina atual de água (LAA) foi calculada de acordo com a equação 9.

$$LAA = \frac{(UA - PMP)}{10} Z \quad (9)$$

em que:

LAA = Lâmina atual de água no solo (mm);

PMP = Ponto de murcha permanente (%volume);

UA = umidade atual (%volume);

Z = profundidade efetiva do sistema radicular (cm), foi considerada 20 cm;

4.5. Determinação da temperatura base inferior para o capim Mombaça e soma térmica

Com o objetivo de relacionar a temperatura do ar com a produção de biomassa forrageira, foi realizada a soma térmica, ou seja, a soma de graus dias (SGD). A partir dos dados de produtividade do capim Mombaça coletados com uma frequência semanal, correlacionou-se a produção de matéria seca na folha e a SGD.

Procurou-se estabelecer uma relação linear de dependência entre produção de matéria seca (P) por unidade de área e de tempo, ou seja, P/A dt e a temperatura média do ar (Ta) no período correspondente, com:

$$\frac{P}{A} dt = a + b * SGD \quad (10)$$

onde: **a** e **b** são os coeficientes linear e angular da regressão linear simples.

A SGD foi calculada a partir do número de graus dias (GD) através da equação 11:

$$SGD = \sum GD \quad (10)$$

$$GD = (T_a - T_b) \quad (11)$$

em que: T_a (°C) é a temperatura média diária e T_b (°C) é a temperatura base inferior para o capim Mombaça.

A temperatura base inferior foi determinada quando o valor ajustado de T_b implicou em um valor de coeficiente $a = 0$, ou seja, o valor do intercepto da Eq. 9 fosse nulo. Para isso utilizou-se o algoritmo SOLVER do programa Microsoft EXCEL.

Como as coletas para determinação da disponibilidade de matéria seca do capim Mombaça foram feitas em uma frequência semanal, a SGD foi calculada para período que representava o intervalo entre uma coleta e outra.

Para a relação entre a SGD e a produção de matéria seca do capim Mombaça, foram utilizados dados de temperatura e produção apenas do 1° e 3° ciclos de pastejo. Os dados para o 2° ciclo não foram devido à ocorrência de um ataque de lagartas, fato que comprometeu a produção de folha do capim Mombaça. No mesmo período o capim floresceu, provocando uma mudança na relação fonte/dreno da planta, havendo uma maior disponibilidade de fotoassimilado para a inflorescência do que para a recuperação da massa de folha perdida durante o pastejo.

4.6 Determinação da taxa de acúmulo de biomassa

Foram ajustadas, por meio da análise de regressão as equações de acúmulo de biomassa do dossel forrageiro do capim Mombaça em função do tempo decorrido após o pastejo. As taxas de acúmulo de matéria seca nos constituintes, material vivo (Folha+Colmo), folha, colmo e palha foram determinados pelas derivadas das equações ajustadas para o acúmulo de biomassa do capim Mombaça.

As taxas de acúmulo de biomassa são função do acúmulo de biomassa em função dos dias após o pastejo, da seguinte forma:

$$\frac{dP}{dT} = 2 * a * DAP + b \quad (12)$$

em que: a e b são parâmetros da equação de regressão do acúmulo de biomassa e DAP é o número de dias decorridos após o pastejo.

4.7 Determinação do albedo do capim Mombaça

A relação entre as irradiâncias solar refletida e solar incidente médias horárias resulta no albedo ou poder refletor da superfície. Para a determinação do albedo foram utilizados dados de dois piranômetros instalados na estação micrometeorológica. O albedo da pastagem foi calculado de acordo com a relação apresentada pela equação 13.

$$\alpha = \frac{R_{r\uparrow}}{R_{s\downarrow}}$$

(13)

em que: $R_{r\uparrow}$ é a irradiância solar refletida, em $W m^{-2}$, e $R_{s\downarrow}$ é a irradiância solar global incidente, em $W m^{-2}$.

4.8 Determinação do estoque de carbono

A determinação do estoque de carbono do capim Mombaça, nos diferentes ciclos de pastejo foi realizada por meio da análise química das amostras seca e moída dos componentes morfológicos do capim Mombaça, a saber, colmo/bainha, folha, palha, cobertura morta e resíduo. As análises foram realizadas no Laboratório de nutrição mineral de plantas, do setor de Fitotecnia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, LFI/UFERJ.

A determinação do carbono foi feita pelo processo de digestão, em que em 0,05 g de amostra vegetal, são colocados 10 mL de dicromato de potássio, 0,21 mol L⁻¹(K₂Cr₂O₇). Depois foram colocados mais 10 mL de H₂SO₄, concentrado. A digestão foi feita a 150°C durante aproximadamente 1 hora, até acabarem as partículas, transformando Cr⁺⁶ a Cr⁺³. A quantidade de carbono é proporcional à quantidade de Cr⁺³ reduzido. Depois da digestão foram colocados aproximadamente 50 ml de BaCl₂ 0,5% na amostra completando o volume para 70 mL homogeneizado. O cloreto de Bário é utilizado para decantar o excesso de dicromato que não foi reduzido pelo carbono (aguardando por mais 1 hora para se fazer a leitura no colorímetro). Com os valores das concentrações serão procedidos os cálculos do estoque de carbono na área, multiplicando-se a concentração do elemento pelo peso de matéria seca correspondente às frações separadas do material vegetal.

4.9 Balanço de energia pelo método da razão de Bowen

A partição do saldo de radiação é dada pela equação 14:

$$R_n - G = H + \lambda E \quad (14)$$

em que: R_n é o saldo de radiação, G é o fluxo de calor no solo, H é o fluxo de calor sensível e λE é o fluxo de calor latente dados em MJ m⁻² h⁻¹.

A razão entre os fluxos de calor sensível e latente foi proposta por Bowen, (1976) como uma forma de análise da partição da energia disponível, esta razão é representada pela letra grega β (beta) e é dado de acordo com a equação 15:

$$\beta = \frac{H}{\lambda E} \quad (15)$$

A equação 15 pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\beta = \frac{\gamma \Delta T}{\Delta e} \quad (16)$$

em que: γ o coeficiente psicométrico, cujo valor assumido é de $0,0626 \text{ kPa} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ e ΔT é a diferença de temperatura do ar em dois níveis em $^\circ\text{C}$, e Δe é diferença de pressão de vapor d'água em dois níveis em kPa.

A pressão de vapor d'água do ar saturado (e_s) em kPa é calculado pela equação 17 proposta por Murray, (1967).

$$e_s = 0,6108 \exp \left[\frac{17,27 T_a}{237,8 + T_a} \right] \quad (17)$$

A pressão de vapor d'água atual do ar (e_a) em kPa é calculada em função da umidade relativa em cada nível através da equação 18:

$$e_a = \frac{\text{UR}\% \cdot e_s}{100} \quad (18)$$

O fluxo de calor latente de vaporização (λE), em $\text{MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ foi calculado pela equação 19:

$$\lambda E = \frac{R_n - G}{(1 + \beta)} \quad (19)$$

em que R_n é o saldo de radiação e G o fluxo de calor no solo, ambos em $\text{MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$.

A evapotranspiração real da cultura em mm foi calculada em função do fluxo de calor latente através da equação 20:

$$ET_r = \frac{\lambda E}{\lambda} \quad (20)$$

onde ET_r é a evapotranspiração real da cultura em mm e λ é o calor latente de evaporação, $2,45 \text{ MJ kg}^{-1}$.

O fluxo de calor sensível (H) em ($\text{MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) foi obtido pelo produto da razão de Bowen (β) e o fluxo de calor latente (λE).

Os valores de R_n e G registrados pela estação micrometeorológica são expressos em W m^{-2} e o fator aplicado para a conversão em MJ m^{-2} foi $0,0864$.

Para a realização dos cálculos da razão de Bowen trabalhou-se com médias horárias do período diurno, no intervalo entre 6 – 18 h. A fim de tornar os resultados da razão de Bowen mais consistentes, foi passado um filtro nos dados com o objetivo de excluir aqueles dados que apresentavam erros. O filtro foi feito de acordo com a metodologia proposta por Silva et al., (2011).

4.10 Evapotranspiração de referência (ET₀)

A evapotranspiração de referência foi calculada de acordo com a equação de Penman-Monteith FAO 56 (Allen et al., 1998).

$$ET_{0PMFAO} = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{37}{T_{hr} + 237} u_2 (e_s(T_{hr}) - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (21)$$

em que: ET_{0PMFAO} – evapotranspiração de referência (mm h⁻¹); R_n – saldo de radiação (MJ m⁻² h⁻¹); G – densidade de fluxo de calor no solo (MJ m⁻² h⁻¹); T_{hr} - temperatura média do ar (°C); Δ - inclinação da curva de pressão de saturação de vapor (kPa.°C⁻¹) calculado de acordo com Allen et al., (1998); e_s - pressão de saturação de vapor a cada hora (kPa); e_a - pressão atual de vapor (kPa); u₂ - velocidade do vento a 2 m de altura (m s⁻¹); e γ é a constante psicométrica (0,0626 kPa °C⁻¹). O valor 0,24 é utilizado no período diurno, no período noturno esse valor é substituído por 0,96.

4.11 Coeficiente de cultivo simples (K_c)

O coeficiente de cultivo para o capim Mombaça foi calculado através da equação 21.

$$K_c = \frac{ET_r}{ET_0} \quad (22)$$

em que: ET_r corresponde à lâmina de água evapotranspirada pela cultura (mm dia⁻¹) calculado pelo método do balanço de energia através da Razão de

Bowen e ET_0 é a evapotranspiração de referência calculado pelo método de Penman Monteith (Allen et al., 1998).

Para o cálculo do K_c foram utilizados dados diurnos de evapotranspiração, intervalo correspondente entre 6 e 18 horas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Condições meteorológicas

Para uma conveniente análise das transferências de energia, vapor d'água e estoque de carbono entre o ecossistema pastagem e a atmosfera é necessário primeiro conhecer a sazonalidade dos fatores meteorológicos que predominaram durante o período de estudo. Foram utilizados para o cálculo da temperatura média do ar e umidade relativa média do ar, dados diurnos, período correspondente das 6 a 18 horas, coletados pela estação micrometeorológica instalada sobre a pastagem de capim Mombaça. Nas Figuras 5.1 e 5.2 são apresentadas as variações de temperatura e umidade relativa do ar e irradiância solar global (R_s) durante a execução deste trabalho, respectivamente.

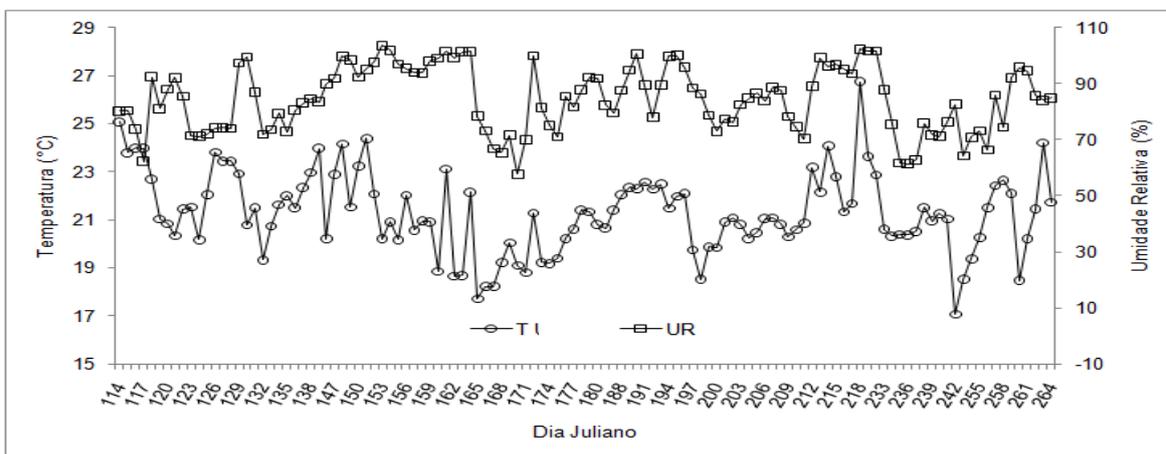


Figura 5.1. Temperatura (T) e umidade relativa (UR) do ar predominantes em Campos dos Goytacazes, RJ no período de análise dos ciclos de pastejo, no ano de 2010.

A temperatura média do ar no período analisado foi de 21 °C e a umidade relativa média do ar foi de 84,5%. A temperatura média do ar no 1°, 2° e 3° ciclo de pastejo foi respectivamente, 22,2, 20,7 e 21,25 °C, enquanto que a umidade relativa do ar foi respectivamente, 80, 88 e 83%. A umidade relativa do ar durante o 2° ciclo de pastejo foi maior em relação aos outros ciclos, fato que foi influenciado pelos eventos de precipitação no período, que foram relativamente bem distribuídos.

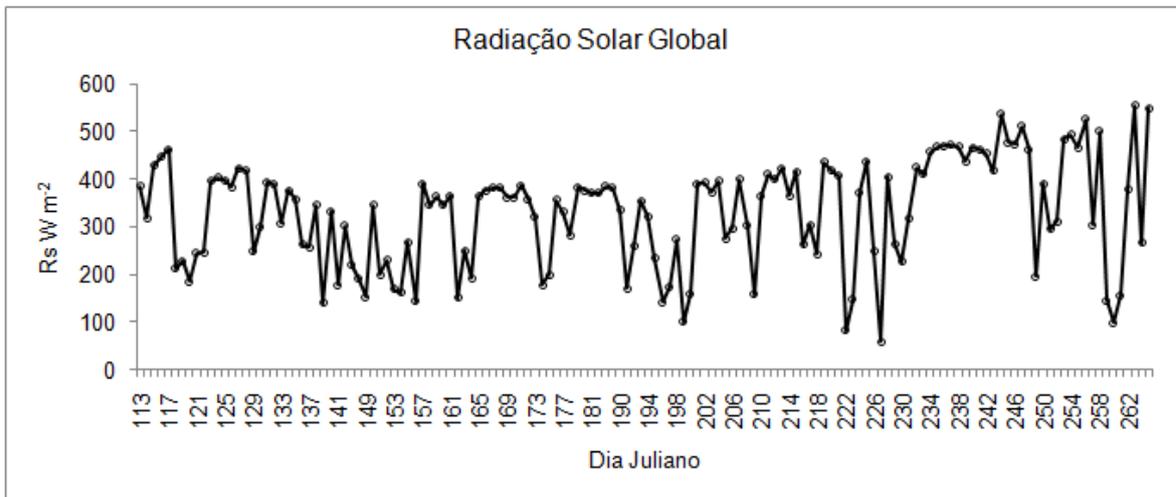


Figura 5.2. Irradiância solar global (R_s) diária em $W m^{-2}$ em Campos dos Goytacazes, RJ durante o período de avaliação dos ciclos de pastejo.

Analisando a Figura 5.2 pode - se observar uma grande variação diária da irradiância solar global, inicialmente as variações são menores, devido à época do ano, (período de outono e inverno), em que a irradiância global incidente é menor, ao final do período de estudo a radiação global incidente tende a subir devido à proximidade da primavera, em que naturalmente a radiação solar incidente aumenta. A irradiância solar global média no período foi de $318 W m^{-2}$.

A distribuição dos eventos de precipitação sobre a área de estudo está apresentada na Figura 5.3.

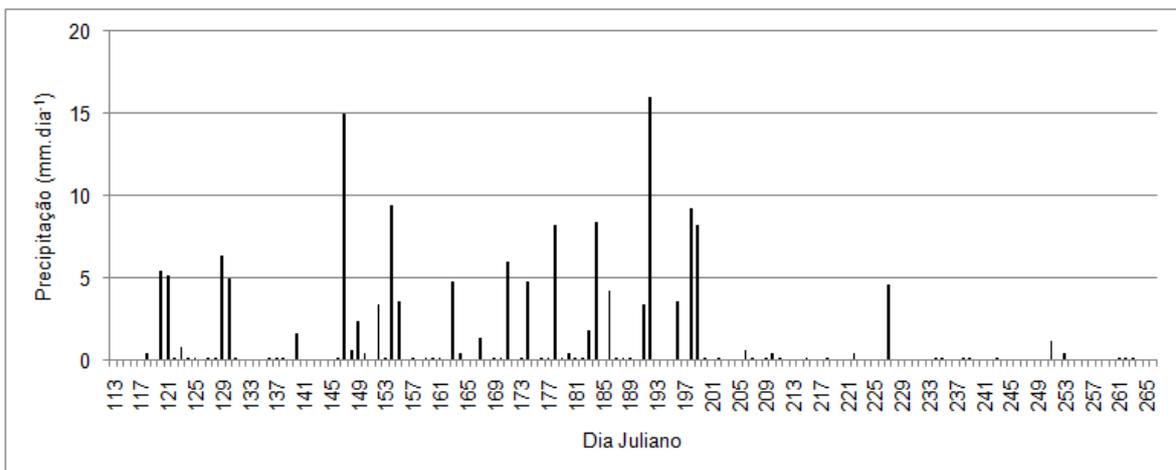


Figura 5.3. Eventos de precipitação diária sobre pastagem de capim Mombaça localizado na Escola Técnica Estadual Agrícola Antônio Sarlo durante os três ciclos de pastejo analisado.

Os eventos de precipitação foram bem distribuídos até meados do terceiro ciclo de pastejo, com 26,6, 63,4 e 66,2 mm respectivamente durante o primeiro, segundo e terceiro ciclo de pastejo do capim Mombaça.

5.2 Condições do solo

5.2.1 Características físicas do solo e disponibilidade de água

O solo da área em estudo possui uma composição textural com 57,5% de argila, 35% de silte e 7,5% de areia na sua camada de 0 – 20 cm de profundidade. A quantidade de silte presente neste solo é um indicativo de solos pouco intemperizados com presença de argilas do tipo 2:1, o que confere a este tipo de solo propriedades vérticas, das quais expansividade e contração, ou seja, o solo apresenta rachaduras quando “seco” causado pela contração das partículas e quando úmido retorna ao estado original. A densidade do solo e de partícula é de $1,15 \text{ g cm}^{-3}$ e $2,51 \text{ g cm}^{-3}$ na camada de 0-20 cm, respectivamente. O relevo local é de várzea adjacente ao tabuleiro e sofre freqüentemente com alagamento na estação chuvosa do ano.

A capacidade de campo desse solo é alcançada com uma umidade volumétrica de 50% e o ponto de murcha permanente com uma umidade volumétrica de 39%, a disponibilidade de água é de 11%.

Segundo Bianchi et al., (2006), a ocorrência de déficit hídrico no solo é o fator mais importante na determinação do rendimento das espécies. O conhecimento das condições hídricas do solo se faz necessário para entender o comportamento dos fluxos de energia, biomassa e carbono nas pastagens.

O solo atua como armazenador de água e nutrientes às plantas. Por fenômenos de adsorção e capilaridade, retendo água proveniente de chuvas e

de irrigação. Da quantidade de água contida no solo, dependerá a facilidade de extração desta água pelas plantas.

Quanto mais seco o solo se encontrar, maior será a dificuldade de absorção de água pelas plantas. Isto ocorre porque as forças que atuam na retenção da água no solo aumentam, quando a disponibilidade de água diminui. Desta forma nem toda a água presente no solo está disponível às plantas. Para avaliação da condição hídrica do solo, são utilizados alguns índices que representam a condição hídrica do solo, a saber: a umidade volumétrica e armazenamento de água no solo.

A seguir estão apresentados os resultados desses índices avaliados durante a execução deste trabalho.

Na Figura 5.4 está apresentado a variação da umidade do solo durante os três ciclos de pastejo do capim Mombaça analisado.

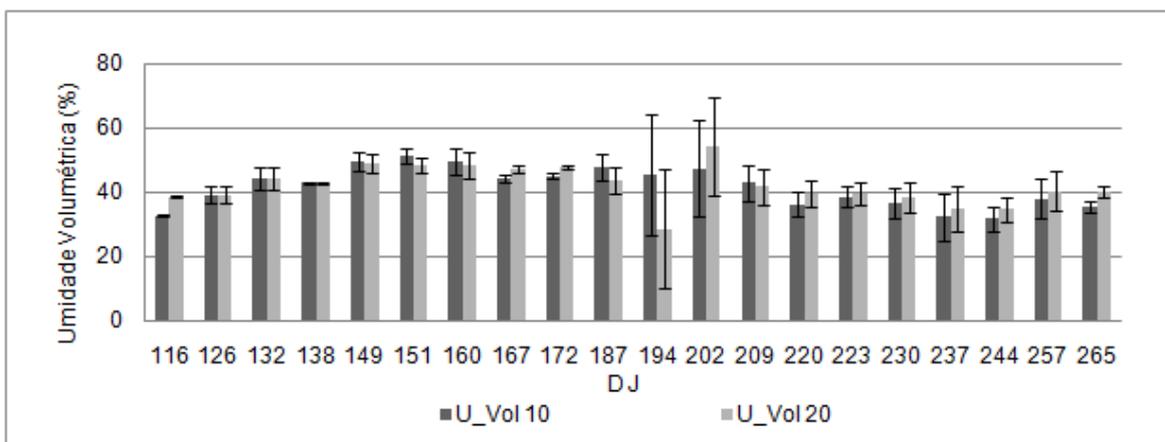


Figura 5.4. Umidade volumétrica nas camadas de 0-10 e 10-20 cm do solo durante três ciclos de pastejo do capim Mombaça.

A umidade volumétrica média do solo na área de capim Mombaça foi de 42 e 40% nas camadas de 0-10 e 10-20 cm respectivamente, durante os ciclos de pastejo.

Observa-se pela Figura 5.4 que a umidade gravimétrica do solo esteve próxima ou abaixo do ponto de murcha permanente do solo determinado, o que sugere que a planta sofreu restrições hídricas durante o período de avaliação. Porém, em condições de campo foi observado que a planta não apresentou

sintomas de murcha no período. Essas observações mostram que a tensão de água no solo a 1500 kPa determinado pelo método da câmara de pressão, não é o ponto de murcha permanente para o capim Mombaça nas condições apresentadas.

Segundo Libardi, (1995), o método da câmara de pressão, que foi utilizado para a determinação do ponto de murcha permanente não é apropriado para solos com características expansivas como o encontrado na área de estudo, este fato pode ter superestimado o ponto de murcha permanente do solo em questão.

Observou-se que a forrageira apresentou bom desenvolvimento sob condições de umidade volumétrica de até 28%, por isso, para o cálculo de armazenamento de água, o ponto de murcha permanente foi considerado metade da capacidade de campo. Nestas condições, o ponto de murcha permanente é de 25% de umidade volumétrica e a disponibilidade total de água no solo é de 50 mm na camada de 0 – 20 cm.

O armazenamento de água no solo é um valor que representa a quantidade de água disponível para a absorção das plantas. A Figura 5.5 mostra variação do armazenamento de água no solo durante o período de avaliação da forrageira, na camada de 0 – 20 cm de profundidade, sendo resultado da soma do armazenamento das camadas de 0-10 e 10-20 cm.

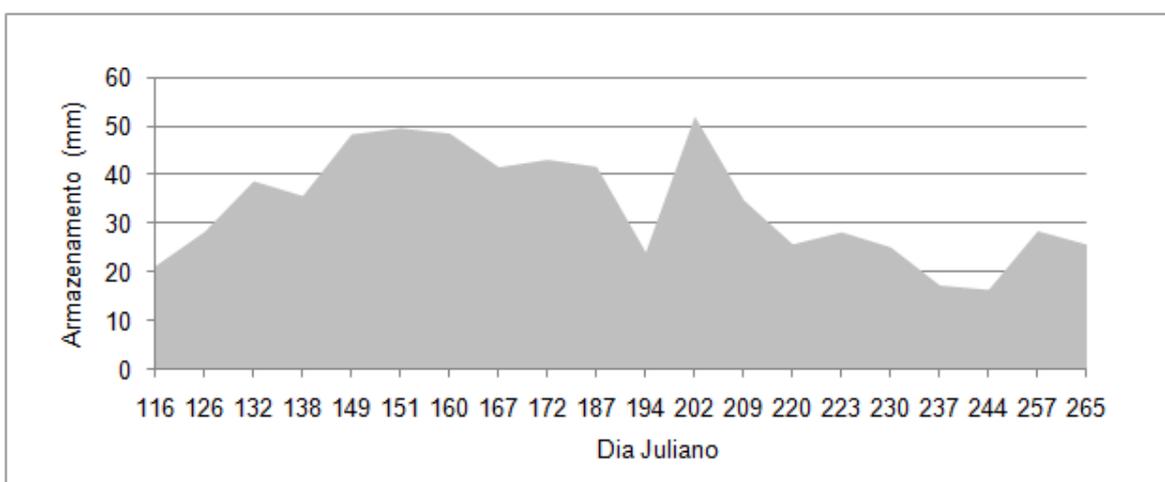


Figura 5.5. Variação do armazenamento de água na camada de 0-20 cm do solo durante três ciclos de pastejo do capim Mombaça.

A armazenagem média de água no solo durante o período avaliado foi de 33,6 mm, sendo o mínimo de 16,4 mm e o máximo de 51,8 mm respectivamente no dia 244 e 202 que correspondem ao 3º ciclo de pastejo.

5.2.2 Características químicas do solo

Além das características físicas do solo influenciarem no desenvolvimento da planta, pois dela depende a dinâmica da água no solo e a penetração do sistema radicular, as características químicas são de extrema importância para a disponibilização de nutriente às plantas. Na Tabela 3 está apresentado o resultado da análise química do solo da área experimental ocupada pelo capim Mombaça.

Tabela 3: Resultado da análise química do solo na camada de 0 – 20 cm de solo em pastagem de capim Mombaça

pH	S-SO ₄	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	Na	C	MO
H ₂ O	mg dm ⁻³	Mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³					g dm ⁻³		
4,6	106	6	2,7	29,6	19,5	7,4	60,3	3,7	24,6	42,41
CTC	SB	V	m	ISNa	Fe	Cu	Zn	Mn	B	
mmol _c dm ⁻³		%	%	%	mg dm ⁻³					
115,8	55,50	48	12	3	556,74	1,62	4,0	18,27	0,32	

Pode-se observar que o solo apresenta-se relativamente ácido, com pH 4,6, o que pode dificultar a absorção de nutrientes pelas plantas. O solo possui baixa saturação por base, sendo considerado um solo distrófico, pois sua saturação por base é menor que 60%. Outro fator que se deve atentar para a análise são as altas concentrações de ferro no solo. O ferro em excesso é proveniente da baixa qualidade da água de irrigação, que possui alta

concentração de ferro, condição essa observada em campo, pois a água apresenta coloração avermelhada e um odor de ferrugem característico.

5.3 Disponibilidade de forragem

5.3.1 Acúmulo de matéria seca

No manejo do pasto, o objetivo principal, é proporcionar ao animal uma dieta composta de folhas ao invés de colmo e material morto. Para isso é preciso conhecer a dinâmica do desenvolvimento das pastagens e os fatores que influenciam a produção de biomassa. A fim de conhecer o processo de acúmulo de matéria seca, foram avaliados aspectos do relvado para posterior relação com a disponibilidade de biomassa no fim do período de descanso.

Na Figura 5.6 será apresentada a dinâmica da disponibilidade de biomassa durante os 3 (três) ciclos de pastejo analisados em função do número de dias transcorrido após o pastejo (DAP). As equações de regressão da disponibilidade de biomassa do capim Mombaça em função do DAP e o coeficiente de determinação (R^2) para cada ciclo de pastejo, estão apresentados no apêndice Tabela A1.

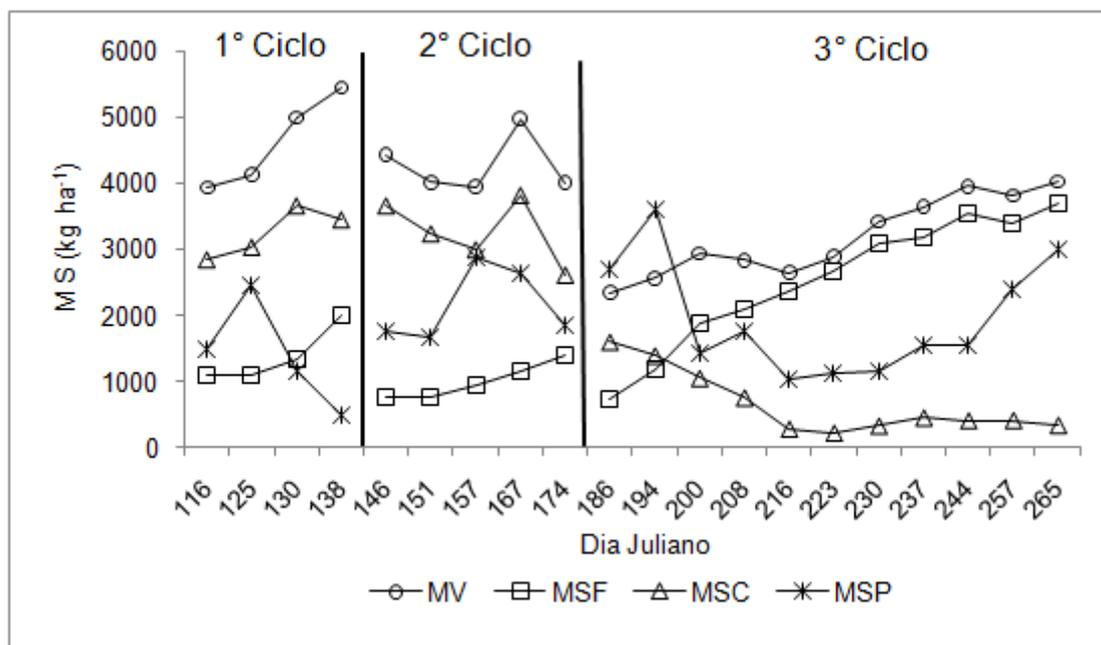


Figura 5.6. Disponibilidade de biomassa forrageira, em kg ha⁻¹ de matéria seca (MS) nos constituintes MV (material vivo=folha+colmo), folha (MSF), colmo (MSC) e palha (MSP) ao longo do período de avaliação.

Ao analisar os ciclos de pastejo do capim Mombaça, observa-se que no 1º ciclo, o acúmulo de matéria seca viva foi crescente até o período pré-pastejo devido ao acúmulo positivo de matéria seca na folha e no colmo. Porém, o acúmulo de matéria seca no colmo apresentou declínio no final do período de descanso, enquanto que a matéria morta diminuiu, indicando que o balanço entre a produção de novas folhas e a senescência das folhas mais velhas foi positivo nesta fase do desenvolvimento do capim Mombaça.

Durante o 2º ciclo de pastejo, o acúmulo de matéria seca viva, foi constante durante todo o período de descanso. Isto ocorreu devido ao aumento de matéria seca na folha e uma redução de matéria seca no colmo. Esta tendência de declínio apresentada no final do 1º ciclo indica haver aporte de reservas do colmo para as folhas. Neste ciclo de pastejo, o material senescente apresentou uma variação maior, porém pela análise de regressão linear observa-se tendência crescente até os 13 DAP com posterior declínio.

O 3º ciclo de pastejo representa a dinâmica de crescimento e acúmulo de matéria seca do capim Mombaça, pois seu período de descanso foi prolongado até redução do IAF.

O acúmulo de matéria seca viva foi crescente até o último dia de análise, similarmente a matéria seca na folha também foi crescente, porém com uma redução na taxa de acúmulo de matéria seca na folha no final do período, o que pode ser observado pela tendência de estabilização da curva de matéria seca na folha.

A matéria seca no colmo foi decrescente até os 40 DAP quando estabilizou e voltou a subir. Os valores mínimos de biomassa no colmo foram encontrados em torno de 50 DAP e tornaram a subir aproximadamente aos 60 DAP, coincidindo com o período de máximo acúmulo de matéria seca na folha.

A matéria seca na palha reduziu ao longo do período de descanso, atingindo valores mínimos em torno de 40 DAP quando se manteve estabilizado por um período, provavelmente devido ao balanço entre a senescência e fotossíntese bruta terem se igualado, passado este período a matéria seca na palha teve uma tendência de aumento, fato que pode ser devido ao balanço negativo entre a senescência e a fotossíntese bruta, período em que a taxa de acúmulo de matéria seca na folha reduz.

Segundo Santos et al., (2004), o manejo de pastagem visa atingir elevado nível de aproveitamento da forragem produzida, reduzindo as perdas por senescência e aumentando a eficiência da colheita.

A produtividade de matéria seca viva da parte aérea do capim Mombaça no 1º, 2º e 3º ciclos de pastejo foi de 4454, 4009 e 4030 kg ha⁻¹ de matéria seca respectivamente. Esta produtividade máxima foi alcançada aos 25, 29 e 84 DAP respectivamente. Quadros et al., (2000) avaliando a disponibilidade de forragem do capim Mombaça na região de Jaboticabal, SP no período de janeiro a abril obtiveram uma produtividade média de 9764 kg ha⁻¹ de matéria seca com uma quantidade de adubação mínima de 101,5, 15,1 e 126 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O respectivamente.

Os resultados encontrados por Quadros et al., (2000) são superiores aos encontrados neste trabalho, o que pode ser devido à adubação nitrogenada e à época do ano mais favorável ao desenvolvimento de gramíneas tropicais como o capim Mombaça.

Souza et al., (2005) obtiveram uma produtividade de 34.530 kg ha⁻¹ de forragem de capim Mombaça sob irrigação e 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio na estação chuvosa de outubro de 1999 a março de 2000. Considerando resultados de matéria seca determinada neste trabalho, essa produção corresponde a cerca de 8.000 kg ha⁻¹ de matéria seca.

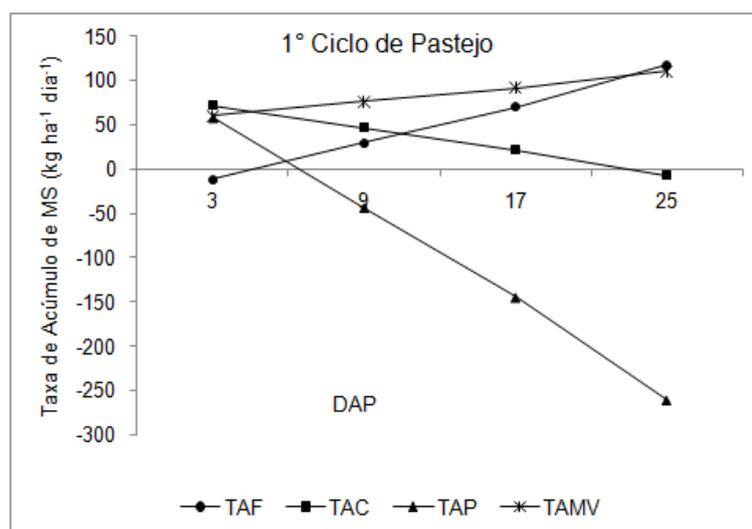
Ribeiro et al., (2009) estudaram a influência da irrigação e ausência da irrigação, nas épocas secas e chuvosas sobre a disponibilidade de biomassa do capim Mombaça na mesma área experimental em que o presente trabalho foi executado. No período de junho a outubro de 2002 e maio a outubro de 2003 época seca e novembro de 2002 a abril 2003 época chuvosa, os autores obtiveram uma produtividade de 3.271 kg ha⁻¹ de matéria seca viva na época seca e 6.742 kg ha⁻¹ de matéria seca viva na época chuvosa. Esses resultados são inferiores ao encontrado no presente trabalho, mesmo com os problemas citados anteriormente que comprometeram o funcionamento do sistema de irrigação, mostrando que o capim Mombaça obteve uma boa produtividade durante o período avaliado.

A quantidade de matéria seca acumulada no colmo apresentou uma tendência decrescente, do primeiro até o meado do 3º ciclo de pastejo. Barbosa et al., (2002) obtiveram resultados semelhantes com o capim Tanzânia. Os autores explicam que esta diferença é dada pela compensação peso/densidade de perfilhos, pois, quando a população de perfilhos é elevada, estes tendem a apresentar menor peso seco. Já em situação inversa, ou seja, com menor população de perfilhos, apresentam maior peso seco.

Fisher e Silva, (2001) citam ainda que em desfolhações severas, onde a maior parte do tecido fotossintetizante é removida, a fixação de carbono pode ser insuficiente para assegurar a manutenção dos tecidos restantes e para a síntese de nova área foliar. Nessa condição, a produção de novas folhas necessita ser suportada pelo aporte de reservas. Ocorrendo “perdas” de carbono pela respiração, determinada pela síntese de novos tecidos, havendo uma perda inicial da massa de forragem (balanço de carbono negativo). Esse balanço só se tornará positivo quando a massa surgida for capaz de assimilar carbono suficiente para superar as perdas por senescência e respiração.

5.3.2 Taxa de acúmulo de biomassa

A eficiência no manejo de forragem é alcançada quando o acúmulo líquido de biomassa é máximo. Segundo Santos et al., (2004), a taxa de acúmulo líquido de forragem depende das taxas de crescimento e senescência do pasto. A Figura 5.7 apresenta a taxa de acúmulo de folha (TAF), taxa de acúmulo de colmo (TAC) e taxa de acúmulo de palha (TAP) e taxa de acúmulo de material vivo (TAMV) para os 1° e 3° ciclos de pastejo do capim Mombaça.



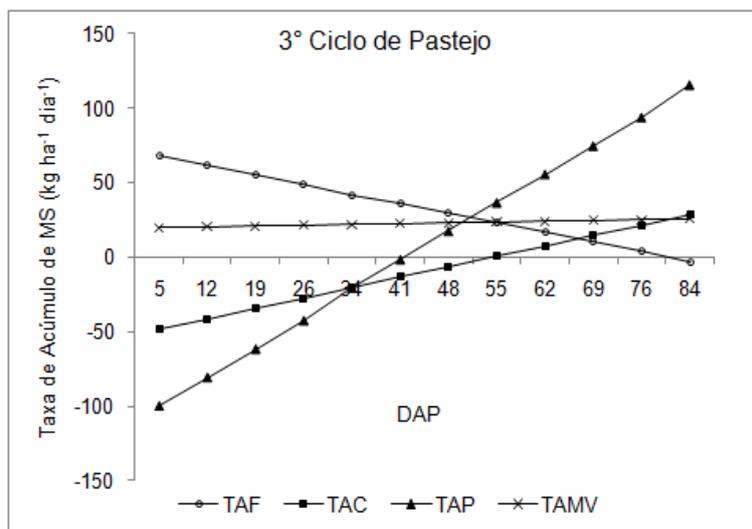


Figura 5.7. Taxa de acúmulo líquido de biomassa em kg ha⁻¹ dia⁻¹ de matéria seca na folha (TAF), colmo (TAC), palha (TAP) e material vivo (TAMV) em função dos dias após o pastejo do capim Mombaça para o primeiro e terceiro ciclo de pastejo.

Para a análise das taxas de acúmulo de biomassa, não foi considerado o 2º ciclo de pastejo, devido à ocorrência de lagartas, que comprometeu o desenvolvimento da forrageira e conseqüentemente o resultado da análise das taxas de acúmulo de biomassa.

Na Figura 5.7 observa-se que durante o 1º ciclo de pastejo, a TAF é negativa até o 5º DAP, quando está próxima de zero. Isso é função da TAP que é positiva, ou seja, o balanço entre o crescimento e a senescência neste período é negativo, pois a senescência é maior que o aparecimento de folhas. A TAP torna-se negativa a partir do 7º DAP decorrente do processo de decomposição. A TAC reduz até a condição pré-pastejo, indicando que o dreno

principal é a folha e que há uma alocação de reservas do colmo para a produção de novas folhas. O balanço entre a TAC e a TAF resulta na TAMV, onde, observa-se que foi positivo até a condição pré-pastejo.

No 3º ciclo de pastejo, a TAF foi decrescente ao longo do período de descanso. A maior TAF foi observada aos cinco DAP quando foi registrado a menor TAC e TAP, Indicando que no início do 3º ciclo, diferentemente do 1º ciclo, não havia senescência foliar e mobilização de reservas para o colmo, ou seja, o colmo não atuava como um dreno de fotoassimilado. Neste período, o colmo atuava como fonte de fotoassimilado para a recomposição das folhas.

O balanço entre a TAC e a TAF manteve o TAMV praticamente estável ao longo do período de descanso. A partir dos 49º DAP a TAP tornou-se maior que a TAF, indicativo de que o balanço entre o crescimento da folha é menor que a senescência.

A partir do dia 67º DAP o colmo passa a atuar como dreno principal, neste momento a planta inicia o processo de acúmulo de reservas, com conseqüente alongamento da haste, redução da densidade de perfilhos e diminuição da relação folha/colmo.

Santos et al., (2004) observaram ainda que a taxa de senescência do capim Mombaça foi maior com 48 dias de intervalo de pastejo. Cândido et al., (2006) observaram que para o capim Tanzânia com um período maior de descanso (3,5 folhas/perfilho), a cultivar atingiu um IAF tão elevado no pré-pastejo que causou um sombreamento capaz de comprometer a taxa fotossintética das folhas formadas logo após o pastejo.

Barbosa et al., (2002) estudando características morfogênicas do capim Mombaça, observaram que com índice de área foliar baixo, a taxa de aparecimento de novos perfilhos foi elevada devido ao aumento da intensidade de luz sob as gemas axilares. Quando o IAF aumentou com os dias após o pastejo, a taxa de aparecimento de novos perfilhos diminuiu, pois a quantidade de luz sobre as gemas axilares foi reduzida. Carnevalli, (2003) observou que a densidade populacional de perfilhos de capim Mombaça reduziu com o aumento do período de descanso, devido ao aumento do IAF que sombreou as partes baixas do dossel.

Carnevalli, (2003) observou ainda que a taxa de expansão foliar do capim Mombaça foi maior quando o IAF deixado após o pastejo era menor, a

autora cita que isso pode estar relacionado à necessidade de aumento rápido de área foliar.

5.3.3. Composição morfológica e relação Folha/Colmo (F/C)

A relação Folha/Colmo (F/C) é um índice que determina a qualidade do dossel, segundo Gomide et al., (2007) a redução da relação F/C sinaliza uma diminuição no valor nutritivo da forragem disponível, bem como prejuízos para a eficiência do pastejo animal. A composição morfológica e a relação folha/colmo em diferentes ciclos de pastejo estão apresentadas na Figura 5.8.

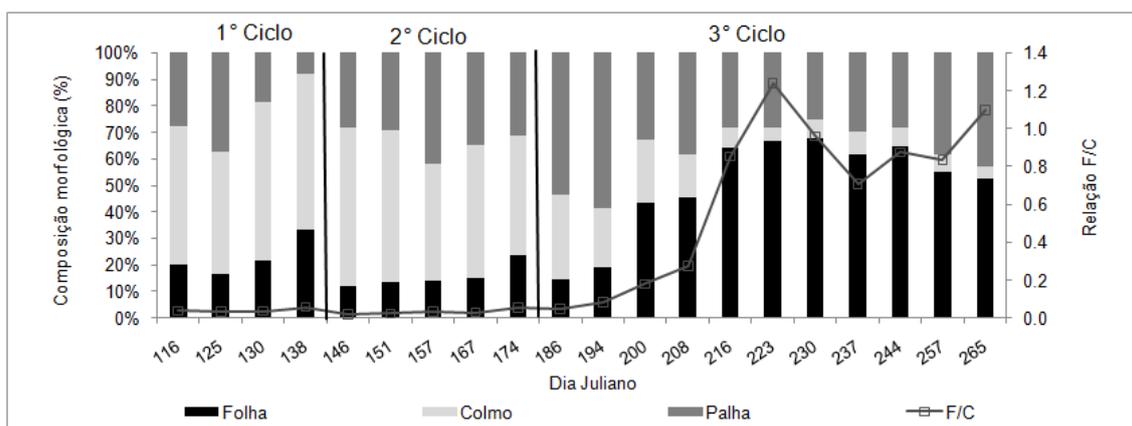


Figura 5.8. Composição morfológica do capim Mombaça e relação folha/colmo de três ciclos de pastejo em Campos dos Goytacazes, RJ.

Durante o 1º ciclo de pastejo do capim Mombaça, a porcentagem média de folha, colmo e material morto foram respectivamente, 23, 54 e 23%. No 2º ciclo foi de 15, 51 e 33% e no 3º ciclo foi de 50, 19 e 36% respectivamente para folha, colmo e palha.

A relação F/C foi de no máximo 0,58 no 1º ciclo de pastejo, aos 25 DAP, 0,52 aos 29 DAP no 2º ciclo e no 3º ciclo foi de 12,4 aos 48 DAP. Herling, (2006) encontrou uma relação F/C para o capim Mombaça de 4,1, 1,5 e 1,0

respectivamente para os meses de janeiro, março e abril considerando uma oferta de forragem de 12 %.

Analisando-se o 3º ciclo de pastejo do capim Mombaça, que teve o período de descanso (PD) prolongado, observa-se que a relação F/C foi crescente até os 42 DAP e a partir daí seguiu uma tendência decrescente. Resultado similar foi encontrado por Gomide et al., (2007), que avaliaram características estruturais do capim Mombaça sob diferentes intervalos de descanso, observaram que o prolongamento do período de descanso, compromete a estrutura do pasto, estreitando a relação F/C e reduzindo a população de perfilhos. Os autores obtiveram uma relação F/C de 4,6, 3,7 e 1,7 respectivamente para PD de 2,5, 3,5 e 4,5 folhas por perfilho. Candido et al., (2006) observaram que a taxa de alongamento da haste do capim Mombaça foi menor quando o PD foi de 1,5 folhas por perfilho, quando comparado com PD de 2,5 e 3,5 folhas por perfilhos, os autores citam ainda que não houve diferença entre o PD de 2,5 e 3,5 folhas por perfilho, mostrando que o IAF crítico foi atingido logo após a expansão da segunda folha, desencadeando o processo de alongamento da haste. Desta forma os resultados apresentados mostram que o prolongamento do PD provocou uma redução na relação folha/colmo do capim Mombaça.

Adese, (2006) relata que a relação F/C na pré-desfolhação do capim Mombaça não foi influenciada pela interação freqüência x intensidade de corte, a autora encontrou uma relação F/C 6,6 e 5,5 para uma altura de resíduo de 25 e 50 cm respectivamente.

Nascimento Júnior e Adese, (1997), afirmam que em uma pastagem estabelecida existe um sistema de compensação entre tamanho e a densidade populacional de perfilhos (DPP). Em lotação contínua, de acordo com o manejo adotado (diferentes alturas, massas forrageiras, ofertas de forragem, etc.) e dentro dos limites ecofisiológicos de resistência ao pastejo, pode-se ter desde uma comunidade com elevado número de perfilhos leves até uma com baixo número de perfilhos pesados. Quando o pasto está em desequilíbrio, observa-se redução constante no número de perfilhos com o aumento do crescimento individual e conseqüente redução do valor nutricional e consumo. Em lotação rotacionada, a combinação entre intensidade e freqüência de desfolhação

modifica o tempo do pasto até atingir novamente a condição de pré-pastejo estabelecida e a trajetória das coordenadas tamanho:densidade de perfilhos.

Como citado anteriormente a variação da DPP do capim Mombaça apresenta uma variação sazonal ao longo do ano, segundo Rodrigues, (2008) o capim Mombaça reduz a emissão de novos perfilhos no final do verão.

A avaliação do 1º ciclo de pastejo do capim Mombaça ocorreu no outono, período em que a DPP é baixa, o que promove um maior alongamento dos perfilhos, aumentando assim sua massa seca. Nestas circunstâncias a matéria seca acumulada no colmo é alta conforme observado anteriormente. No 2º até meado do 3º ciclo de pastejo a DPP reduziu, ou seja, foram emitidos mais perfilhos, porém, com tamanho menor, nesta situação a quantidade de matéria seca no colmo tende a reduzir conforme resultados apresentados anteriormente.

O aumento da matéria seca do colmo a partir do meado do 3º ciclo foi efeito do IAF elevado que aumentou o sombreamento diminuindo a DPP. Segundo Taiz e Zeiger, (2004), o processo de alongamento da haste é influenciado pela ausência de luz no interior do dossel, pois, à medida que este se desenvolve, diminui a incidência de luz no seu interior, alterando sua qualidade, com uma maior absorção no espectro do vermelho. Com isso, a relação vermelho/vermelho extremo (V/VE) é reduzida no interior do dossel. Esse evento após ser detectado pela planta por meio do sistema fitocromo desencadeia o processo de alongamento da haste.

5.3.4 Altura do dossel

A altura do dossel é um dos parâmetros utilizados como estimativa da disponibilidade de biomassa. Na Figura 5.9 é apresentada a variação da altura do dossel do capim Mombaça. As equações resultantes da análise de regressão linear entre a altura do dossel e os dias após o pastejo, bem como o coeficiente de determinação (R^2) estão apresentados no apêndice A na Tabela A2.

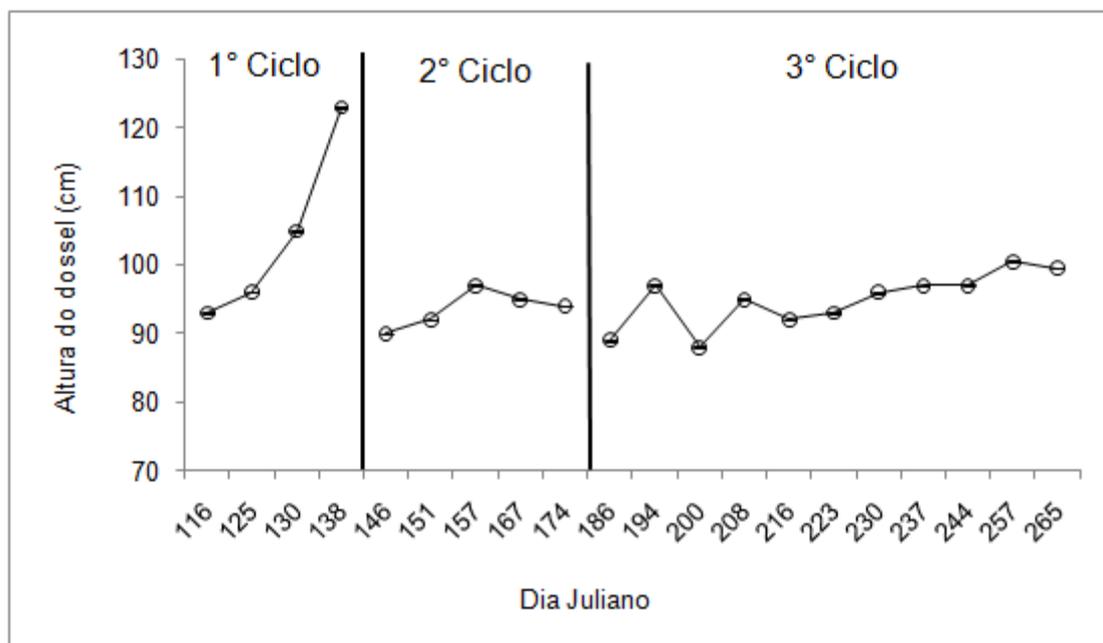


Figura 5.9. Variação da altura do dossel do capim Mombaça sob sistema de pastejo rotacionado, ao longo do período três ciclos de pastejo avaliado.

Relacionando-se a Figura 5.9, que apresenta a variação da altura do dossel, com a Figura 5.6, pode-se observar que durante o 1º ciclo de pastejo do capim Mombaça a altura do dossel aumentou até a condição pré-pastejo atingindo uma altura máxima de 123 cm. Neste ciclo a disponibilidade de forragem seguiu a mesma tendência de crescimento até a condição pré-pastejo.

Durante o 2º ciclo a curva de altura do dossel foi ascendente até os 13 DAP com uma altura de 97 cm, seguido de uma redução na altura. No entanto, a disponibilidade de forragem (Folha + Colmo) não sofreu grande variação ao longo do período de descanso, já o acúmulo de matéria seca na folha foi crescente até a condição pré-pastejo.

No 3º ciclo de pastejo a altura do dossel foi ascendente até o último dia de avaliação, concomitantemente a disponibilidade de forragem e o acúmulo de matéria seca na folha que também foi crescente até a condição pré-pastejo.

O capim Mombaça alcançou uma altura média de 104, 93,6, e 94,9 cm respectivamente para o 1º, 2º e 3º ciclo de pastejo, sendo estes valores intermediários aos encontrados por Santos et al., (2004) no período de abril/maio com altura de 107,3, 134, 165,6 cm respectivamente para 28, 38 e 48 dias de descanso, sob as mesmas circunstâncias. Porém, no período de maio/julho a altura foi de 72,3, 86,4, 84,5 cm respectivamente para diferentes períodos de descanso. Gomide et al., (2007) obtiveram alturas no pré-pastejo de 79,1, 97,9, 117,2 respectivamente para 2,5, 3,5 e 4,5 folhas por perfilho de período de descanso. Estudo realizado por Montagner (2004) mostrou que não houve uma variação significativa na altura do dossel de capim Mombaça sob diferentes alturas de pós-pastejo e estação do ano, sendo a altura média encontrada pela autora de 93 cm.

A Figura 5.10 mostra o resultado da análise de regressão relacionando à disponibilidade de matéria seca na folha e à altura do dossel para o capim Mombaça coletados ponto a ponto.

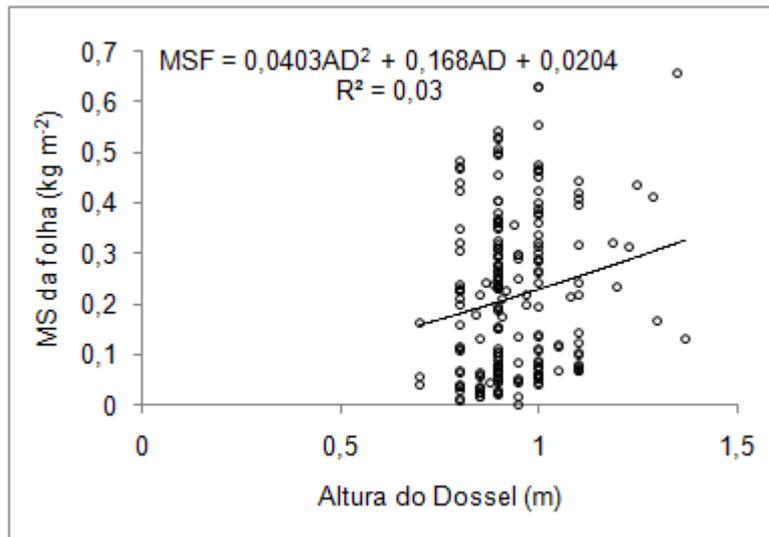


Figura 5.10. Resultado da análise de regressão linear e seu respectivo coeficiente de determinação (R²) entre a produção de matéria seca na folha e altura do dossel do capim Mombaça.

Analisando a Figura 5.10 observa-se que o parâmetro altura do dossel não apresentou uma relação satisfatória com a disponibilidade de matéria seca na folha.

Durante o período de avaliação das pastagens, percebe-se que a altura do dossel foi muito mais influenciada pela estrutura do dossel do que pela disponibilidade de forragem. De acordo com a composição morfológica do pasto apresentado anteriormente, observa-se uma melhora da qualidade pelo aumento da relação F/C, conseqüência de um menor acúmulo de matéria seca no colmo e maior acúmulo de matéria seca na folha. Da mesma forma a altura do dossel foi maior durante o 1º ciclo de pastejo do capim Mombaça. Portanto, a altura do dossel foi muito mais influenciada pela densidade de perfilhos do que pela disponibilidade de pastagem das forrageiras. Segundo Niklas, (1994), o aumento em altura de pasto quase sempre conduz a uma redução concomitante na relação F/C por perfilho, pelo fato de que para suportar o peso de um órgão (no caso a folha) o diâmetro das estruturas de suporte (no caso as hastes) altera-se em proporção à força requerida para seu suporte.

5.3.5 Índice de área foliar (IAF)

O índice de área foliar é um dos parâmetros mais importantes para a avaliação da forragem, devido à sua interferência nos fluxos de energia, vapor d'água e carbono, além de ser uma boa indicação da variação sazonal da vegetação. A Figura 5.11 apresenta a variação do IAF do capim Mombaça em 3 (três) ciclos de pastejo, estando as equações da análise de regressão linear e coeficientes de determinação (R^2) apresentados no apêndice A na Tabela A3.

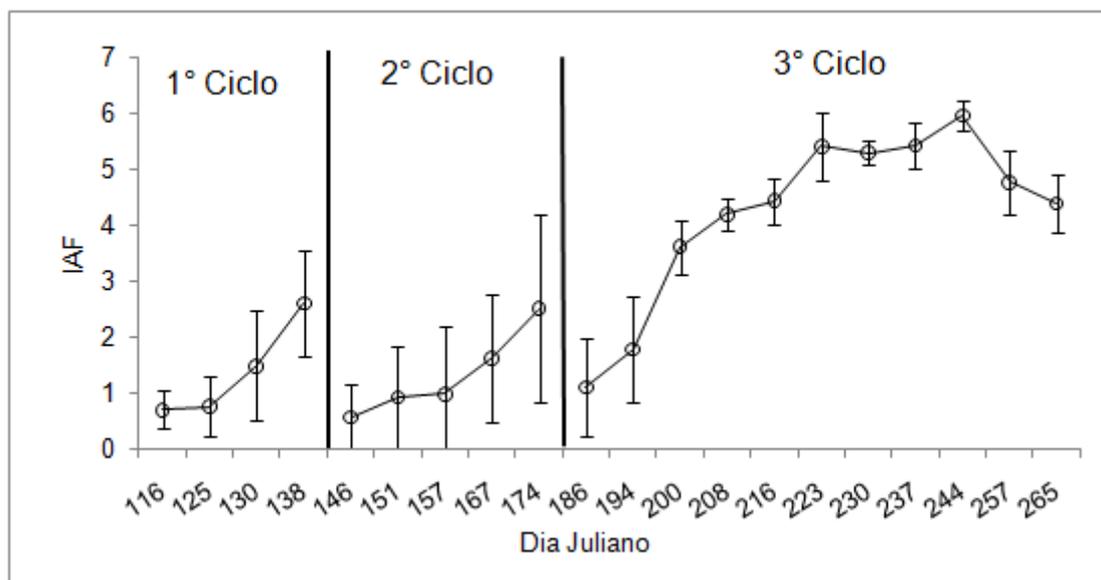


Figura 5.11. Variação do Índice de área foliar (IAF) e desvio padrão do capim Mombaça sob sistema de pastejo rotacionado, ao longo de três ciclos de pastejo avaliado.

Na Figura 5.11, observa-se que em todos os ciclos de pastejo avaliados, o índice de área foliar apresentou uma relação satisfatória com o acúmulo de matéria seca na folha (Figura 5.6), o que é esperado, pois quanto maior o IAF maior acúmulo de matéria seca nas folhas. Durante o 1º e 2º ciclo de pastejo o IAF do capim Mombaça foi crescente até a condição pré-pastejo. No 3º ciclo o IAF foi crescente até 56 DAP quando começou a reduzir.

O IAF máximo do capim Mombaça durante o 1º, 2º e 3º ciclo de pastejo foi respectivamente, 2,61, 2,50 e 5,95. Carnevalli, (2003) estudando a dinâmica de rebrotação sob diferentes alturas de resíduo e freqüência de pastejo obteve um IAF médio de 4,89 independente da altura do resíduo e da freqüência de pastejo. Cândido et al., (2005a) encontraram valores de IAF para o capim Mombaça de 5,1 com período de descanso (PD) de 2,5 folhas por perfilho aos 29 dias após o corte, 7,8 com PD de 3,5 folhas por perfilho aos 33 dias após o corte e 12,4 com PD de 4,5 folhas por perfilho aos 42 dias após o corte.

A Figura 5.12 mostra o resultado da análise de regressão linear, relacionando o IAF com a produção de matéria seca na folha e o coeficiente de determinação da regressão (R^2).

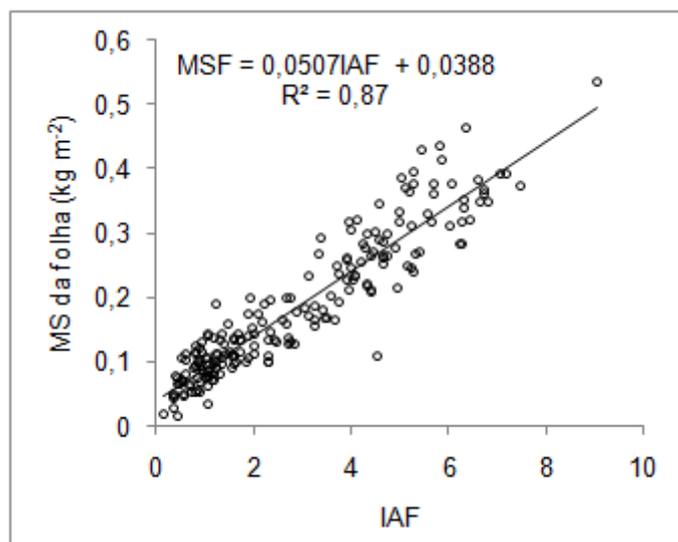


Figura 5.12. Resultado da análise de regressão linear e R^2 entre a produção de matéria seca na folha e o IAF do capim Mombaça.

A Figura 5.12 apresenta uma correlação positiva entre a matéria seca na folha e o IAF. A análise de regressão linear gerou uma equação com coeficiente de determinação (R^2) de 0,87, sendo considerado satisfatório.

Os resultados apresentados são condizentes com diversos trabalhos que relacionam o parâmetro IAF com o acúmulo de biomassa forrageira. Fagundes et al., (1999), Barbosa, (2004), Cândido et al., (2005b), Adese, (2006), Zanchi et al., (2009).

5.4 Albedo da pastagem e disponibilidade de forragem

O albedo serve como um parâmetro de representação do estado da superfície vegetada. Desta forma, a dinâmica do crescimento apresentado pela vegetação em função da sazonalidade ou do manejo empregado deve provocar um impacto no albedo.

Estudos como o de Bastable et al., (1993), Fisch (1996) e Moura et al., (1999) visavam estudar o desmatamento da floresta Amazônica através do impacto que as ações antropogênicas causam sobre a vegetação nativa, utilizando o albedo como uma forma de representação da superfície após a interferência humana.

Com vista à caracterização da superfície, a Figura 5.13 apresenta a variação da cobertura do solo ao longo do 3º ciclo de pastejo do capim Mombaça e o comportamento do albedo ao longo deste ciclo.

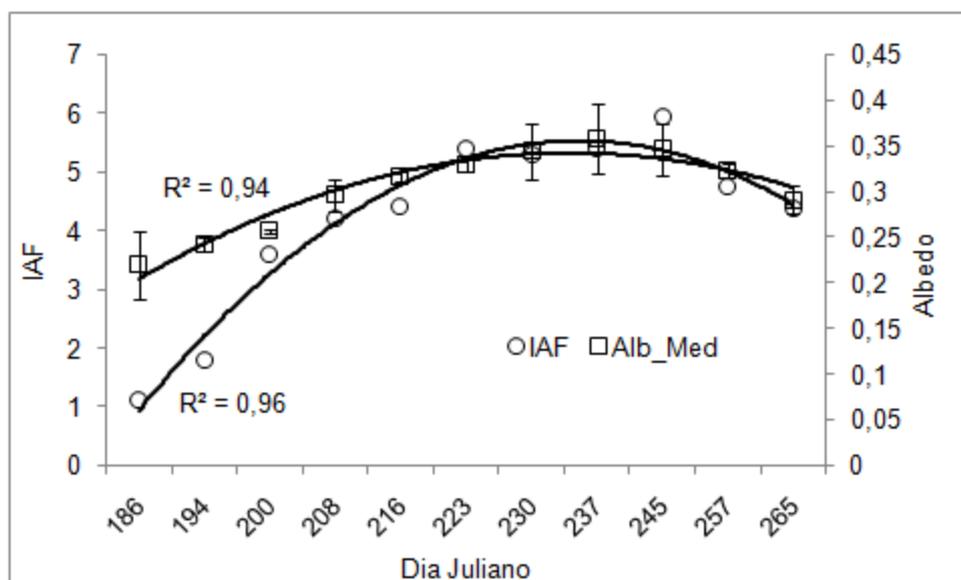


Figura 5.13. Variação do IAF e albedo do capim Mombaça sob sistema de pastejo rotacionado, ao longo de três ciclos de pastejo avaliado.

Por meio da Figura 5.13 observar-se que há uma grande representatividade do albedo na caracterização da cobertura do solo pelas folhas do capim Mombaça. Nos primeiros dias após o pastejo, o albedo foi menor (0,22) à medida que o capim foi desenvolvendo, aumentando o IAF, o albedo foi crescente atingindo um valor máximo de 0,36 com um IAF de 5,41, próximo do IAF máximo que foi de 5,95 na semana seguinte com um albedo de 0,35. Com o prolongamento do período de descanso, o IAF começou a reduzir provocando uma redução no albedo médio da pastagem chegando ao valor de 0,29 no dia 265.

O comportamento do albedo médio da pastagem ao longo do tempo é condizente com os resultados encontrados na literatura. Souza et al., (2010) estudaram a variação do albedo ao longo do ciclo da cultura da soja, os menores valores de albedo foram encontrados no início do crescimento,

quando o IAF era baixo, nestas circunstâncias, o albedo foi influenciado por condições do solo, como a umidade. André et al., (2010) observaram que o albedo apresentou valores crescentes com o aumento do IAF da cana-se-açúcar com valores médios de 0,24 no estágio de perfilhamento a 0,31 no estágio de maturação.

Moura et al., (1999) estudaram a variação do albedo em áreas de pastagem de *Barchiaria brizantha* na estação seca e na estação chuvosa. O albedo médio na estação seca e chuvosa foi de 0,2. Zanchi et al., (2009) obtiveram um albedo variável entre 0,18 e 0,16 em pastagem predominantemente de *Urochloa*, na Amazônia.

Couto, (2009) e Lima et al., (2009) observaram ainda mudança sazonal da pastagem em função da disponibilidade hídrica do solo, precipitação e oferta de energia solar.

Relacionou-se ainda neste trabalho, as variações do albedo do capim Mombaça durante os diferentes períodos de descanso, com a produção de biomassa seca na folha. Na Figura 5.14 está apresentada a análise de regressão linear, relacionando o albedo com a produção de biomassa seca na folha do capim Mombaça.

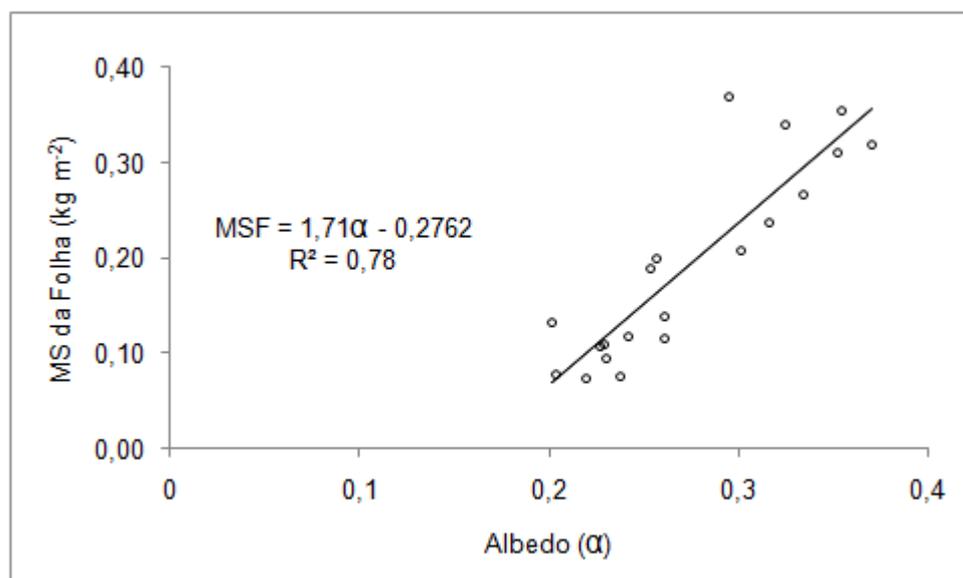


Figura 5.14. Relação entre o albedo e a produção de matéria seca na folha em kg m⁻² em pastagem de capim Mombaça, em Campos dos Goytacazes, RJ.

Pela análise de regressão linear apresentada na Figura 5.14 observa-se que existe uma relação significativa entre o albedo e a produção de matéria ($R^2=0,78$). Observa-se que o albedo da forrageira aumenta concomitantemente a produção de matéria seca na folha. Esse resultado era esperado pela relação satisfatória entre o IAF e o Albedo, conforme abordado anteriormente, visto que a biomassa produzida para o consumo animal é a própria folha. Além disso, o IAF também se mostrou um dos melhores parâmetros para a estimativa da disponibilidade de forragem, conforme apresentado pela análise de regressão linear apresentada no tópico **5.3.5**.

São poucos os trabalhos na literatura que relacionam o albedo diretamente com a produtividade de matéria seca da cultura, porém, trabalhos que relacionam o IAF com o albedo são freqüentes. André et al., (2010) relacionaram o albedo com os estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar, Souza et al., (2010) e Fontana et al., (1991) observaram uma relação positiva do albedo com o IAF nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura da soja.

5.5. Temperatura base inferior, soma térmica e disponibilidade de pastagem para o capim Mombaça

A temperatura base inferior calculada para o capim Mombaça nas condições do Município de Campos dos Goytacazes, RJ no período de outono e inverno foi de 11 °C. Conforme apresentado anteriormente, a temperatura média máxima no município de Campos dos Goytacazes, RJ, não apresenta restrição ao crescimento da forrageira.

Segundo Corsi, (1976), a baixa temperatura noturna nas regiões dos trópicos e dos subtropicos é o principal fator causador de estacionalidade de produção de forrageiras. Porém, existe um efeito causado pelo fotoperíodo sobre a produtividade de gramíneas forrageiras, mas segundo Rolim, (1980) em revisão de experimentos de cultivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condições controladas constatou que há um efeito mais acentuado da temperatura sobre a produtividade do que o fotoperíodo.

Estudo realizado por Cargnelutti Filho et al., (2005), para a determinação da temperatura base de variedades feijão encontrou variabilidade da temperatura base e da soma de graus dias em função da época de cultivo. Faustino, (2007) analisando a digestibilidade efetiva (DE) da matéria seca do capim Mombaça, Atlas, Massai, Tobiata e Tanzânia no verão e no inverno, concluiu que o valor do coeficiente angular da equação linear de regressão é constante para todas as forrageiras estudadas, porém variável em função da estação do ano. Segundo a autora, existe um padrão uniforme de redução na DE da matéria seca, o que explica um valor constante para as cultivares dentro de uma mesma estação do ano.

Poucos são os trabalhos encontrados na literatura para a determinação da temperatura base de gramíneas tropicais. Na Tabela 4 estão apresentados alguns valores de temperatura base para algumas gramíneas tropicais.

Tabela 4. Temperatura base inferior (TBI) de algumas gramíneas tropicais

Espécie	TBI °C
<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça	17,5
<i>Panicum maximum</i> cv. Tobiata	17,5
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia	17,1
<i>Panicum maximum</i> cv. Atlas	16,2
<i>Panicum maximum</i> cv. Massai	15,6
<i>Pennisetum purpureum</i>	15,6
<i>Cynodon nlemfuensis</i> var. nlemfuensis cv. Florico	12

Fonte: Adaptado por Moreno (2004) e Villa Nova et al., (2004).

Observa-se que a temperatura base para o capim Mombaça proposta para este trabalho foi inferior à encontrada na literatura, conforme esclarecido anteriormente há uma variabilidade da TBI em função da estação do ano, sendo este trabalho realizado na época mais fria do ano na região, o que pode ter contribuído para uma subestimação da temperatura base inferior, sendo

necessário um período maior de avaliação para maior consistência dos resultados.

Na Figura 5.15 está apresentada a relação entre a soma térmica e a disponibilidade de matéria seca na folha do capim Mombaça, com resultado da temperatura média do ar e dados de biomassa coletados com uma frequência semanal.

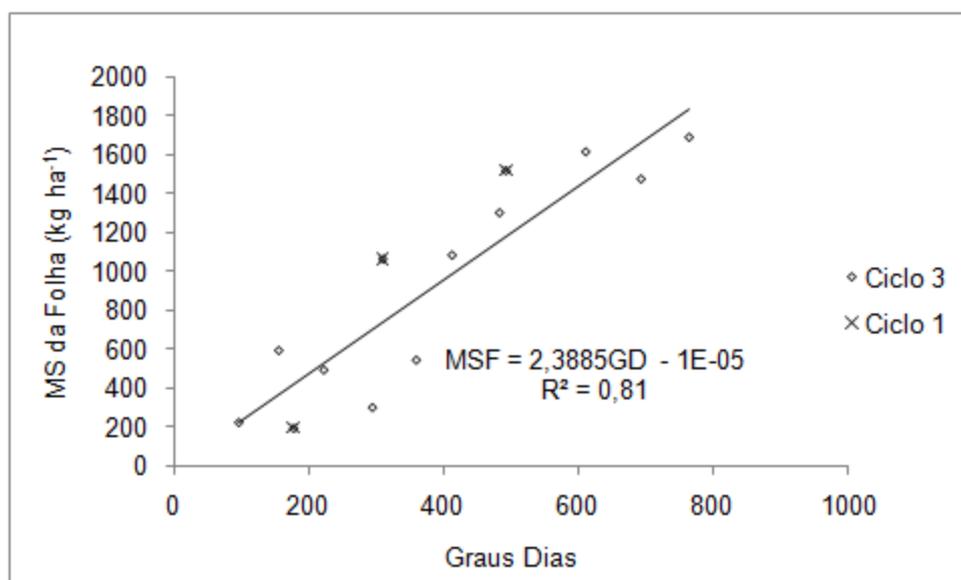


Figura 5.15. Disponibilidade de matéria seca na folha do capim e soma térmica em dois ciclos de pastejo do capim Mombaça.

Na Figura 5.15 pode-se observar uma relação satisfatória entre a disponibilidade de forragem do capim Mombaça e a soma térmica, cujo coeficiente de determinação (R^2) foi igual a 0,81. Porém, a produtividade das forrageiras não é influenciada apenas por variáveis meteorológicas, fatores como disponibilidade de água no solo e nutrientes são determinantes para o bom desempenho produtivo da forrageira.

Pinheiro, (2002) relacionou a produtividade do capim *Panicum maximum* cv. Tanzânia sob diferentes doses de nitrogênio com a soma de unidades fototérmicas. A relação entre esses fatores foram superiores nas maiores doses de nitrogênio, sendo o coeficiente de determinação (R^2) de 0,70,

0,71, 0,96, 0,89 e 0,97 respectivamente para as doses de 0, 100, 275, 756 e 2,079 kg ha⁻¹ de N. Mostrando que nas menores doses de nitrogênio a deficiência do elemento influenciou negativamente na produtividade da forrageira com conseqüente redução no coeficiente de determinação (R²) da regressão linear entre a produtividade x soma de unidades fototérmicas.

Desta forma, os resultados obtidos indicam que a soma térmica pode ser utilizada para a estimativa da MS da folha do capim Mombaça, sendo utilizado como um parâmetro para o manejo da pastagem. Porém, vale atentar que o estudo foi realizado em apenas duas estações do ano e em apenas um ambiente do Município de Campos dos Goytacazes, RJ, e para que se tenha uma maior consistência dos resultados, é necessário um período maior de coletas de dados de disponibilidade de forragem e monitoramento da temperatura do ar ao longo do ano e em diferentes locais do Município, a fim de se formular uma equação mais abrangente e capaz de prever a disponibilidade de forragem em nível regional e não apenas local.

São necessários ainda antes do uso deste parâmetro, experimentos de campo para a validação e viabilidade da utilização deste parâmetro no manejo das forrageiras.

5.6 Estoque de carbono em pastagem de capim Mombaça

Na Figura 5.16 está apresentado o estoque de carbono no capim Mombaça no 1º, 2º e 3º ciclos de pastejo.

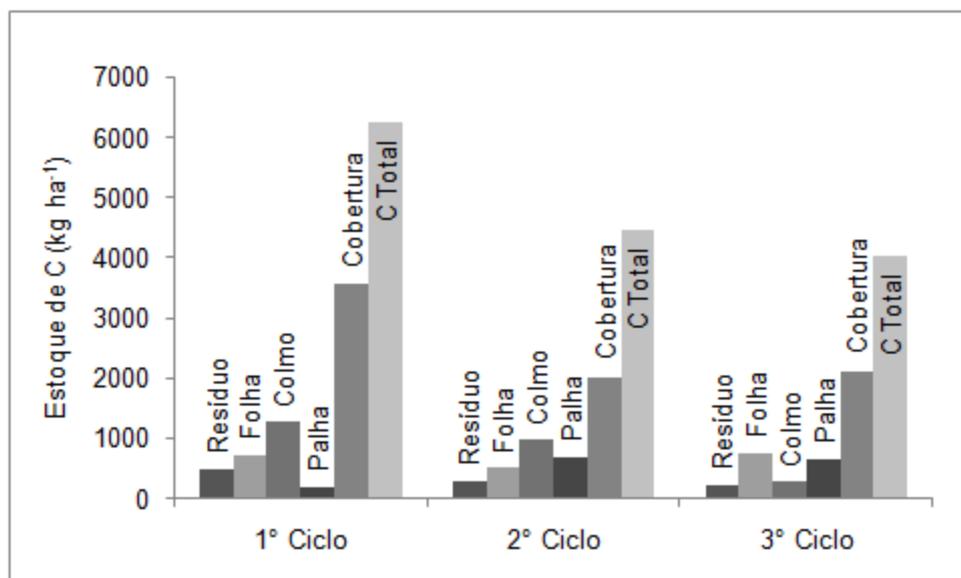


Figura 5.16. Estoque de carbono em pré-pastejo de capim Mombaça sob sistema de pastejo rotacionado com 28 dias de descanso, no período de outono/inverno.

Por meio da análise química de carbono da biomassa seca dos diferentes estratos aéreos do capim Mombaça e da cobertura morta produzida pela forrageira, estimou-se cerca de 38% de carbono na matéria seca do resíduo pós-pastejo do capim Mombaça e 37% nos constituintes folha, colmo e material morto (palha e cobertura).

De posse do percentual de carbono na matéria seca e da produção total de matéria seca, foi determinado o estoque total de carbono incorporado na matéria seca do capim Mombaça sob sistema de pastejo rotacionado com 28 dias de descanso e 4 dias de pastejo.

O estoque de carbono incorporado na matéria seca do capim Mombaça reduziu do 1º ao 3º ciclo de pastejo, com um total de 6.261, 4.474 e 4.038 kg ha⁻¹ de carbono. O menor estoque de carbono no 2º ciclo foi devido à ocorrência de lagarta neste ciclo, enquanto que no 3º ciclo o menor estoque foi consequência da redução da temperatura, irradiância solar e fotoperíodo no inverno.

Os resultados mostram que 52% de todo o carbono estocado na matéria seca do capim Mombaça encontra-se na cobertura morta depositada sobre o solo, sugerindo que há uma alta deposição de carbono orgânico no

solo. O carbono restante está presente em 6, 13, 17 e 10 % no resíduo pós-pastejo, folha, colmo e palha proveniente da senescência antes da deposição sobre o solo respectivamente.

Porém, deve-se levar em consideração que os valores apresentados são resultados de um determinado momento da pastagem de capim Mombaça. Para uma correta avaliação do potencial de estoque de carbono do capim Mombaça sob o sistema de pastejo rotacionado seria necessário uma análise que representasse a sazonalidade da cultura ao longo do ano.

A Figura 5.17 apresenta a dinâmica da deposição de matéria morta sob o solo ao longo dos três ciclos de pastejo analisado do capim Mombaça.

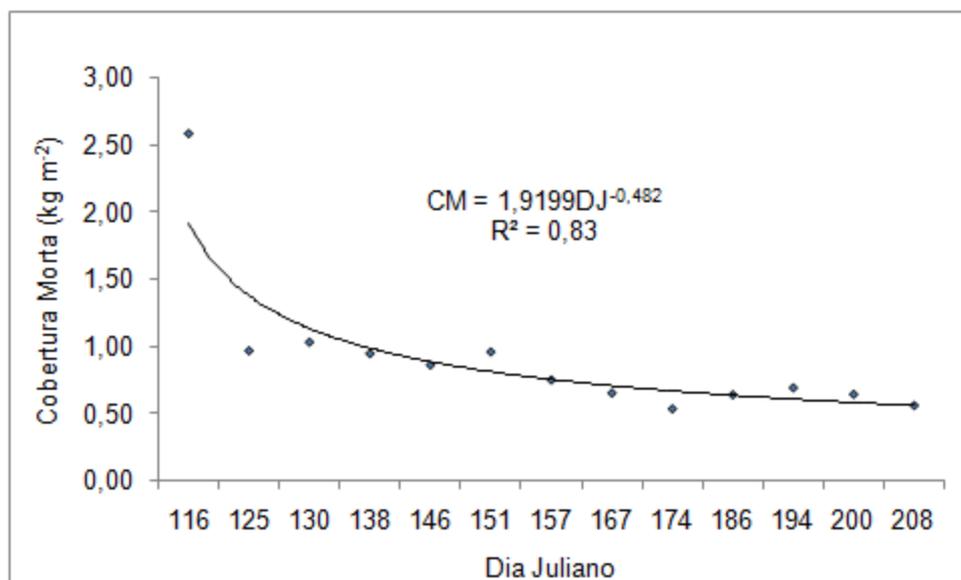


Figura 5.17. Variação da cobertura morta depositada sobre o solo ocupado com capim Mombaça ao longo de três ciclos de pastejo no período de outono e inverno.

Na Figura 5.17 pode-se perceber que a matéria morta depositada sobre o solo no 1º ciclo de pastejo é consequência de deposições anteriores ao período avaliado. Percebe-se que há uma rápida redução da quantidade de matéria morta em função do tempo e que esta cobertura morta tende a uma estabilidade.

Durante o período de outono e inverno a redução da temperatura e da precipitação não favorecem o desenvolvimento de gramíneas tropicais como o capim Mombaça. Este tem redução no acúmulo de matéria seca, tornando o crescimento retardado e com uma menor produção de forragem. Com isso será menor a deposição de matéria morta sobre o solo diminuindo desta forma o estoque de carbono sobre o solo, sugerindo que neste período a decomposição foi maior que a deposição de matéria morta. Porém, a taxa de acúmulo líquido de matéria seca na palha ainda não depositada no chão foi positiva, com um valor de 96,28 kg ha⁻¹ de carbono no mesmo período.

A taxa de acúmulo líquido de carbono no colmo foi negativa ao longo dos três períodos de pastejo avaliado, com -777,17 kg ha⁻¹ de carbono. Não há base para afirmar que uma taxa negativa de carbono fixado no colmo seja resultado de uma liberação de CO₂ para a atmosfera, pois a redução da quantidade de colmo, como abordado anteriormente, é função da densidade populacional de perfilhos e varia ao longo do ano. No período de outono e inverno a densidade é maior, com perfilhos menores e com menor peso, enquanto que na primavera e verão a densidade de perfilhos é menor, porém, com uma maior massa seca por perfilho. Desta forma sem dados que representem a taxa de acúmulo de carbono nas estações da primavera e verão, não há como afirmar se o acúmulo de carbono nestas estações pode tornar este balanço positivo ao longo de um ano.

A maior parte do carbono presente na matéria seca da folha é exportada na forma de produto animal durante o pastejo, sendo exportada durante os três ciclos avaliados uma quantidade de 5.051 kg ha⁻¹ de carbono na forma de produto animal.

Durante o período avaliado o acúmulo líquido de carbono no resíduo foi de 278,97 kg ha⁻¹ de carbono. O resíduo pós-pastejo aloca permanentemente uma quantidade de carbono na sua matéria seca, pois, este embora possua uma dinâmica sazonal, não é exportado pelo pastejo anual. Da intensidade e frequência de pastejo dependerá a quantidade de carbono estocado no resíduo.

De acordo com os dados apresentados até o momento, observa-se que o capim Mombaça possui um grande potencial para estoque de carbono, porém, para que se possa afirmar a sua potencialidade com respeito ao

seqüestro de carbono seria necessária uma análise da biomassa produzida ao longo de todo o ano, a fim de representar a variação do acúmulo de biomassa em função das diferentes estações do ano. Seria necessária ainda uma avaliação da quantidade de carbono estocado nas raízes, além da quantidade de matéria orgânica presente no solo oriundo da deposição de matéria morta do capim Mombaça.

A seguir estão apresentados dados da literatura que mostram a produção anual de carbono de diferentes coberturas vegetais. Por meio destes pode-se por analogia, conhecer o potencial do sistema e da forragem para o estoque de carbono.

Tabela 5. Produção anual de carbono em t ha⁻¹ para diferentes coberturas vegetais

Planta	Estoque de C (t de C ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Referência	Obs:
Capim Mombaça	21,36	Dados do trabalho	Parte aérea
<i>Eucalyptus paniculata</i>	13,6	Resende et al., (2001)	Parte aérea
<i>Eucalyptus grandis</i>	8,4	Resende et al., (2001)	Parte aérea
Dendê	4,5	Resende et al., (2001)	----
Cana-de-açúcar	16,2*	Resende et al., (2001)	Parte aérea
Floresta estacional semidecidual	1,26	Boina, (2008)	Parte aérea e solo
<i>Pinus taeda</i> . L	14,23	Watzlawick et al., (2005)	Parte aérea e solo
<i>Tectona grandis</i> L. F.	58,6	Almeida et al., (2010)	Parte aérea 5,04 % e solo 90,8%
Soja em Plantio Direto	75*	Walter et al., (2009)	Parte aérea e solo
<i>Brachiaria humidicola</i>	10	Tarré et al., (2001)	Solo, pastagem degradada

Obs: * estoque de carbono relativo a um ciclo da cultura.

Analizando a Tabela 5 pode-se observar que o capim Mombaça possui potencial de estoque de carbono (considerando um acúmulo médio dos três ciclos avaliados como uma amostra do estoque anual) inferior apenas a *Tectona grandis* L. F. e soja em plantio direto. Cabe ressaltar que estes são dados de estoque de carbono, e não representam a quantidade de carbono seqüestrado pela cobertura vegetal.

Segundo Urquiaga et al., (2010), em áreas de pastagem, a dinâmica do C no solo não é muito diferente da que ocorre nos sistemas agrícolas e, de fato, a pouca frequência com que ocorre o revolvimento do solo leva a uma condição semelhante à observada em sistema de plantio direto. Os autores citam ainda que somente pastagens com área foliar suficiente para alimentar o gado, bem como para nutrir as raízes da pastagem, conseguem manter os estoques de carbono no solo em níveis similares ao encontrado nos solos sob vegetação nativa.

5.7. Fluxos de energia sobre pastagem de capim Mombaça

Os balanços médios, a evapotranspiração real e alguns parâmetros da cobertura vegetada para cada dia de coleta estão apresentados na Tabela 6. A Figura 5.18 apresenta a média diária dos fluxos de energia sobre a pastagem do capim Mombaça, durante os três ciclos de pastejo avaliado.

Tabela 6: Valores de índice de área foliar (IAF), altura do dossel (Alt), as relações do fluxo de calor no solo (G), fluxo de calor latente (LE) e fluxo de calor sensível (H) com o saldo de radiação à superfície (Rn) e evapotranspiração real do capim Mombaça, amostrados em alguns dias (DJ) ao longo do experimento

DJ	IAF	Alt (m)	G/Rn	Le/Rn	H/Rn	Etr (mm)
116	0,70	0,93	0,15	0,66	0,20	4,40
125	0,76	0,96	0,14	0,69	0,20	6,08
130	1,48	1,05	0,20	0,62	0,23	3,34
138	2,61	1,23	0,12	0,66	0,23	3,64
146	0,57	0,90	0,11	0,74	0,21	2,75
151	0,92	0,92	0,15	0,70	0,25	1,45
157	0,99	0,97	0,10	0,70	0,25	2,93
167	1,63	0,95	0,08	0,70	0,27	3,36
174	2,50	0,94	0,20	0,60	0,20	3,50
186	1,10	0,89	0,11	0,68	0,25	3,36
194	1,79	0,97	0,14	0,68	0,22	2,16
200	3,61	0,88	0,14	0,64	0,24	3,72
208	4,20	0,95	0,18	0,60	0,22	3,52
216	4,43	0,92	0,08	0,69	0,25	2,84
223	5,41	0,93	0,14	0,63	0,25	4,94
237	5,29	0,96	0,07	0,71	0,23	6,24
244	5,42	0,97	0,14	0,64	0,24	6,34
257	5,95	0,97	0,17	0,67	0,23	4,98
265	4,77	1,01	0,06	0,71	0,23	5,34
		Média	0,13	0,67	0,23	3,94
		DP	0,04	0,04	0,02	1,38
		CV	0,32	0,06	0,09	0,35

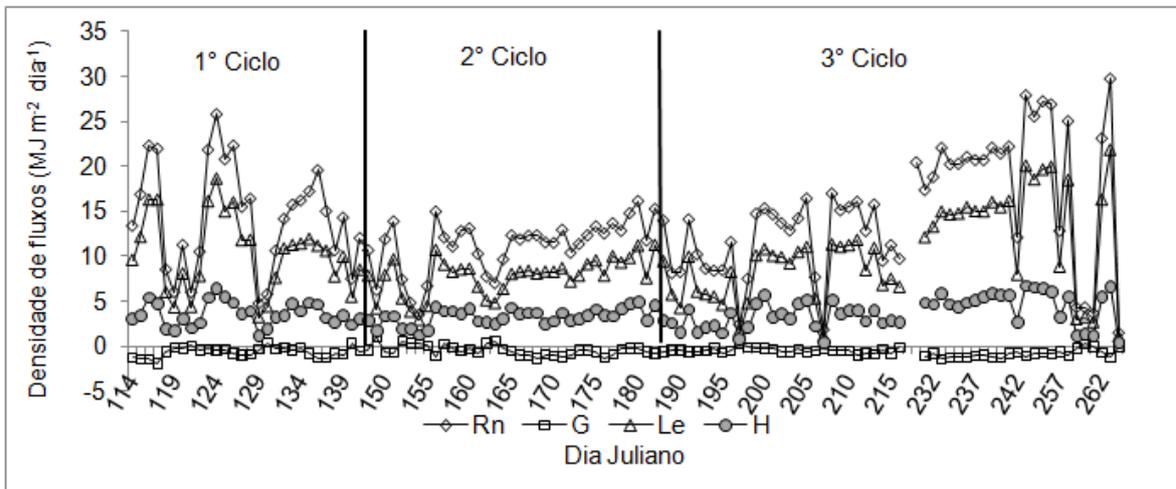


Figura 5.18. Densidade dos fluxos de calor latente (LE), calor sensível (H) e de calor no solo sobre pastagem do capim Mombaça durante três ciclos de pastejo rotacionado, em Campos dos Goytacazes, RJ.

A evapotranspiração real da cultura para cada dia de coleta apresentado na Tabela 9 foi calculado através da média da evapotranspiração do dia de coleta e de mais 4 dias, sendo dois anteriores e dois posteriores ao dia de coleta.

Durante todo o período de estudo a partição do saldo de radiação foi, em média, 66% de LE, 12 % de G e 23% de H. Verificou-se desta forma que dos componentes do balanço de energia, o fluxo de calor latente, que é a energia destinada à evaporação da água e a transpiração da planta, foi dominante nos três ciclos de pastejo do capim Mombaça. A menor partição do balanço de energia foi destinada ao fluxo de calor no solo, porém, este sofreu uma maior variação conforme observado pelo CV apresentado na Tabela 9. Esta variação é devido a sucessivas desfolhações que reduz o IAF aumentando a quantidade de radiação que atinge o solo. Mendonça et al., (2007) e Teixeira, (2001) observaram um aumento do fluxo de calor no solo com a redução do IAF na cultura do feijão e da banana respectivamente.

O fluxo de calor sensível foi menor devido às irrigações realizadas e aos eventos de precipitação durante o período de avaliação do capim Mombaça. Havendo água disponível no sistema uma maior quantidade de energia foi alocada para a evapotranspiração, 66% do saldo de radiação.

Conforme apresentado na Figura 5.18 a evapotranspiração sofreu uma variação em função das condições climáticas reinantes no período, que envolveu duas estações, outono e inverno. A ET_r média mensal do capim Mombaça foi de 3,93, 3,90, 3,11, 3,28, 5,35, 4,96 mm dia⁻¹ respectivamente para os meses de abril, maio, junho, julho, agosto e setembro. Silva et al., (2005) obtiveram uma evapotranspiração para o capim Tanzânia de 3,84 mm dia⁻¹ nos meses de abril e maio, 3,10 mm dia⁻¹ nos meses de junho e julho e 3,85 mm dia⁻¹ nos meses de agosto e setembro em Piracicaba, SP.

O fluxo de calor latente reduziu no 2º ciclo de pastejo e voltou a subir no 3º ciclo de pastejo. Essa variação ocorreu devido à estação do ano na qual o experimento foi realizado, de meado do outono até início da primavera, período em que ocorre uma redução natural da irradiância solar global (R_g), porém, a redução da radiação global não influenciou significativamente as relações entre o R_n e os fluxos de calor latente, sensível e no solo, pois são influenciadas principalmente pela disponibilidade de água no sistema.

Biúdes et al., (2009) observaram que o fluxo de calor sensível no Cambarazal apresentou pouca variação sazonal e que um aumento na disponibilidade hídrica do solo provocou um incremento na relação LE/R_n . Segundo Galvão e Fisch, (2000), a menor variação do H é devido ao efeito liberador/moderador do armazenamento de energia na biomassa, o qual age no sentido de manter baixa troca de calor entre a vegetação e a atmosfera durante o ano.

O comportamento diurno, considerando o período de 6 – 18 h, do saldo de radiação (R_n), fluxo de calor latente (LE), fluxo de calor sensível (H) e fluxo de calor no solo (G) para dias representativos do período de avaliação dos fluxos sobre a pastagem de capim Mombaça, está apresentado na Figura 5.19.

Foram selecionados 4 dias representativos de todo o período, sendo 2 dias para o 1º e 2º ciclo de pastejo e 2 dias para o 3º ciclo, visto ser este maior que os outros, a saber, os dias Juliano 131, 167, 187 e 237 respectivamente. Optou-se por não apresentar os dias característicos de cada dia de coleta conforme analisado anteriormente na Tabela 9, porque os fluxos mantiveram tendência de estabilidade ao longo do período de estudo do capim Mombaça.

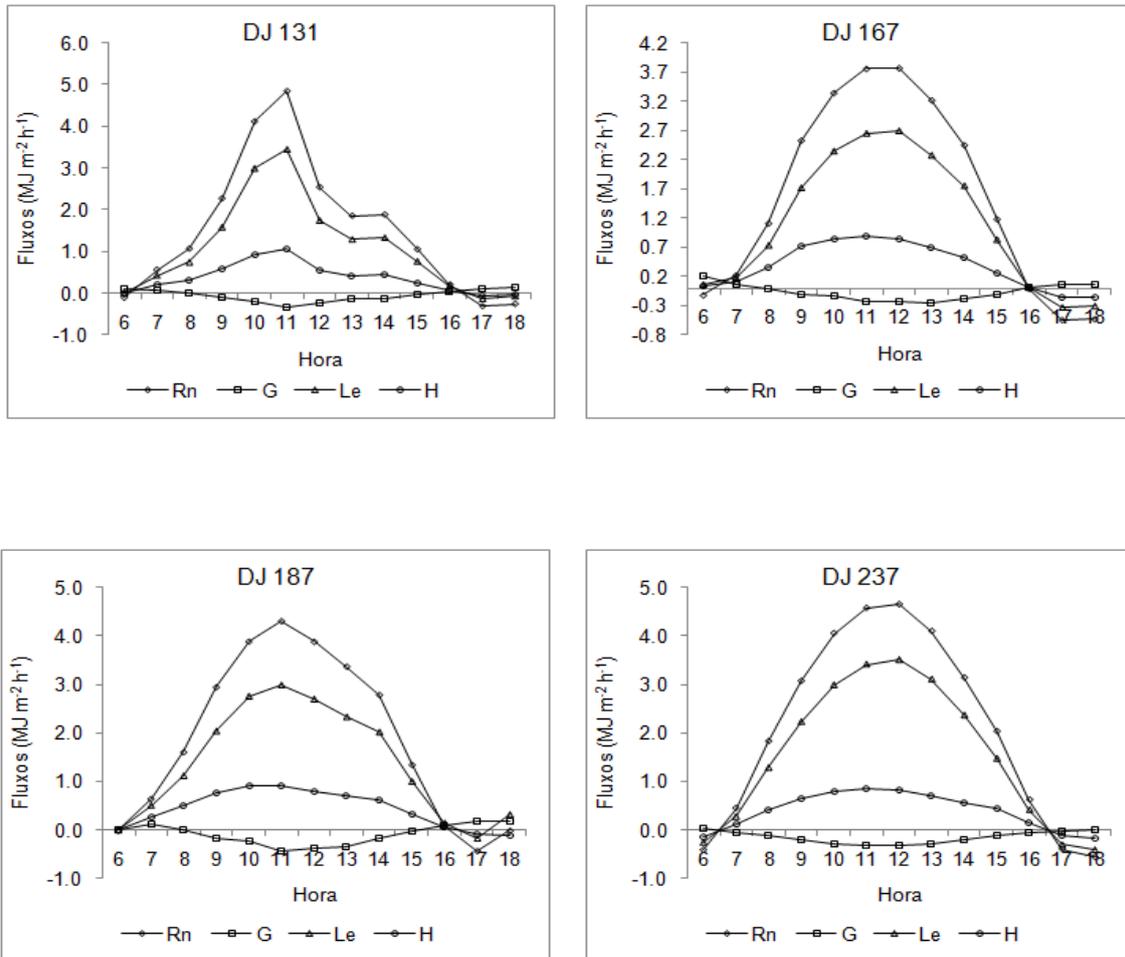


Figura 5.19. Curso diário dos fluxos de energia sobre pastagem de capim para os dias Juliano 131, 167, 187 e 237, obtidos pelo sistema razão de Bowen.

Nota-se que no dia 131 há presença de nebulosidade, o que influencia diretamente nos fluxos de calor sensível e latente. Os dias 167, 187 e 237 apresentam céu claro em que se observa a simetria da curva ao longo do dia. Nos dias avaliados, observa-se que o R_n é máximo por volta do meio dia, exceto no dia 131 devido à presença de nuvens. No momento em que o R_n é máximo, uma maior quantidade de energia é disponibilizada ao sistema na qual será distribuída entre os componentes do balanço de energia. Neste momento os fluxos de calor latente, calor sensível, e fluxo de calor no solo são máximos, o que significa que mais energia está sendo utilizada para a evaporação, transpiração e aquecimento do ar e do solo. Nestas circunstâncias, o solo e o ar atuam como um “armazém”, guardando parte da energia disponível, essa

energia será redirecionada à superfície quando o saldo de radiação for negativo.

Os valores de G permaneceram próximos a zero durante todo o período. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva, (2000) e Moura, (2005) que avaliaram o balanço de energia sobre a cultura da mangueira e goiabeira respectivamente. Os autores citam que o fluxo de calor no solo ficou próximo a zero devido ao sombreamento constante do solo causado pelo dossel da cultura.

A razão de Bowen indicada pelos valores de β para os dias característicos foram de 0,37, 0,47, 0,32 e 0,33 respectivamente para os dias 131, 167, 187 e 237. Esses valores mostram que a maior parte da energia foi disponibilizada para o processo evapotranspirativo do sistema. A evapotranspiração para esses dias foi respectivamente, 2,47, 2,60, 2,97, 3,58 mm dia⁻¹. Segundo Lopes, (1999), valores de β na faixa entre 1 e -1 é um indicativo de que a umidade nos níveis mais próximos à copa apresenta-se mais elevada. Meirelles et al, (2003) estudando o balanço de energia em pastagem de capim *Brachiaria brizantha* no Cerrado no período de 15/11 a 09/12/2001, que corresponde ao início das chuvas no Cerrado, obtiveram para 2 dias característicos um β de 0,70 e 0,49, o que correspondeu a uma evapotranspiração de 6,1 mm e 8,4 mm. Os altos valores de ET foram devido à ausência de nebulosidade, o que aumentou a demanda transpirativa e a evaporação direta da superfície do solo.

Nos dias característicos analisados, o β alcançou os valores máximos no início da manhã e final da tarde, o que também foi observado por Soares, (2003) e Silva, (2000) para as culturas de videira e mangueira respectivamente na região do submédio São Francisco.

5.8 Evapotranspiração de referência e da cultura

Na Figura 5.20 está apresentada a variação da evapotranspiração de referência (ET_0) calculada pelo método de Penman Monteith FAO 56 e a evapotranspiração real do capim Mombaça medido pelo método da razão de

Bowen, sob sistema de pastejo rotacionado durante o período de execução do experimento.

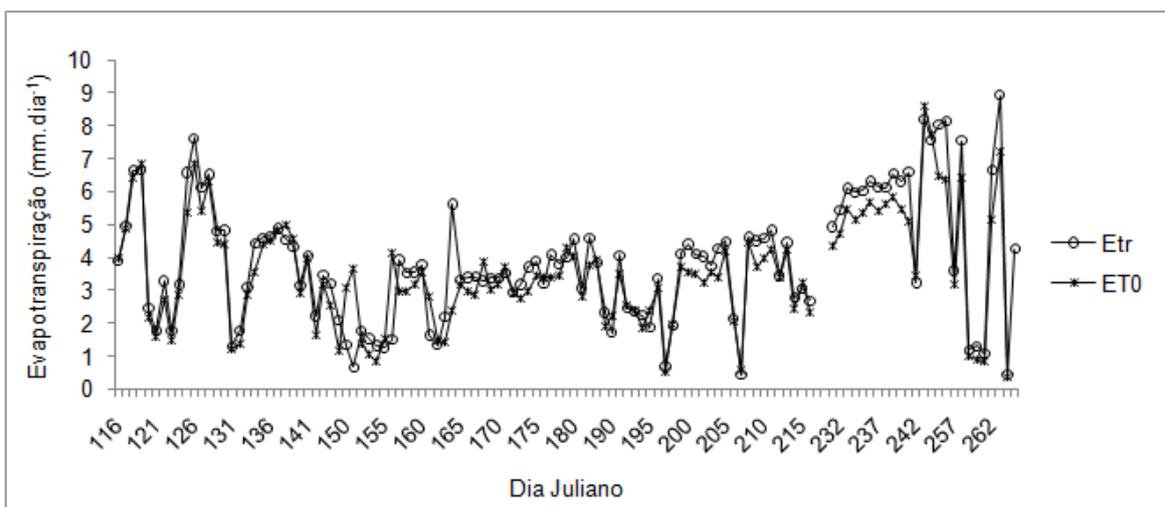


Figura 5.20. Evapotranspiração de referência (ET_0) e real (ET_r) do capim Mombaça em mm dia^{-1} sob sistema de pastejo rotacionado, em Campos dos Goytacazes, RJ.

Analisando a Figura 5.20 observa-se a evapotranspiração de referência e real da cultura ao longo do período de estudo. Os valores de ET_0 e ET_r seguem a mesma tendência ao longo do período, havendo sobreposição desta em alguns momentos, principalmente no 2º ciclo de pastejo, que corresponde aos dias 146 a 186, período em que houve maior disponibilidade hídrica no solo para a cultura.

As curvas apresentam alguns picos decrescentes ao longo do período, característicos de dias nublados, onde a oferta de energia para a evapotranspiração foi baixa. De maneira geral observa-se uma variação sazonal da evapotranspiração ao longo dos ciclos avaliados, representando bem a redução da evapotranspiração no período de outono para o inverno e um aumento gradual no período de inverno para a primavera.

Os valores médios de evapotranspiração real da cultura (ET_r) e de referência (ET_0) média para o período foram de 3,87 e 3,56 mm.dia^{-1} , respectivamente. A evapotranspiração máxima foi de 8,93 e 8,59 mm dia^{-1} para

a ET_r e ET_0 respectivamente. A evapotranspiração mínima foi de 0,43 e 0,38 mm dia^{-1} respectivamente para a ET_r e ET_0 .

Silva et al., (2005) obtiveram uma evapotranspiração média anual para o capim Tanzânia sob pastejo rotacionado com um período de descanso de 36 dias de 4,13 mm dia^{-1} . Delgado-Rojas et al., (2004) observaram uma evapotranspiração máxima para o capim Tanzânia nos meses de agosto a novembro que variou entre 0,70 e 5,33 mm dia^{-1} na localidade de Piracicaba, SP, sendo que os maiores valores foram registrados no mês de novembro.

5.9 Coeficiente de cultivo simples do capim Mombaça

Na Figura 5.21 está apresentado a variação do coeficiente de cultivo simples (K_c) do capim Mombaça sob sistema de pastejo rotacionado.

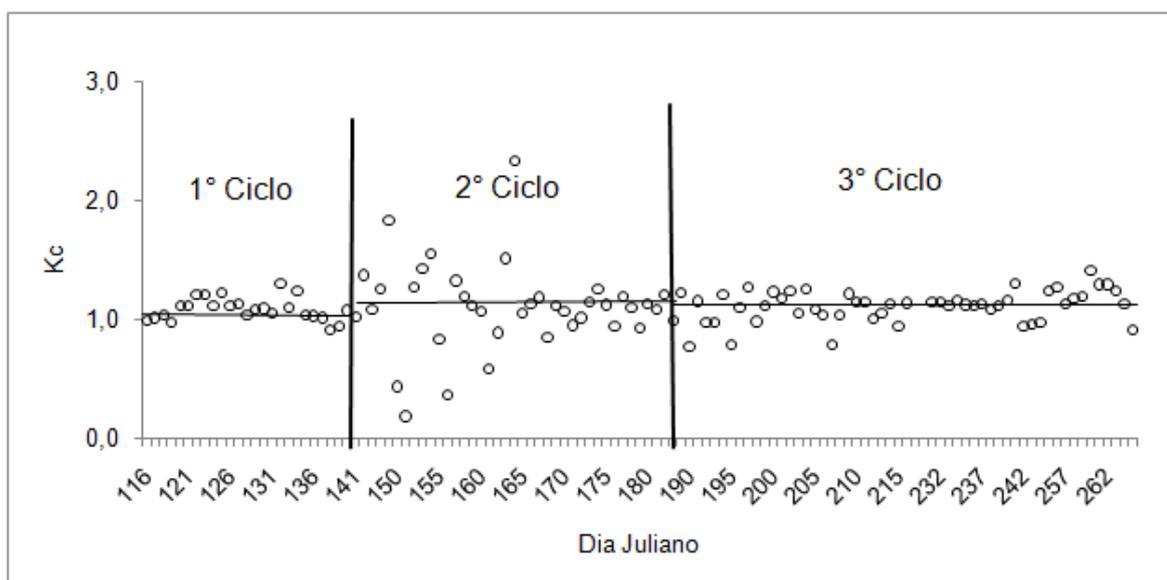


Figura 5.21. Variação do K_c do capim Mombaça ao longo de 3 ciclos de pastejo no período de outono e inverno, em Campos dos Goytacazes, RJ.

O comportamento do K_c para o capim Mombaça sob sistema de pastejo rotacionado não apresentou o padrão característico para um curva de K_c . Pode-se observar que o K_c sofreu pouca variação ao longo de cada ciclo de

estudo mesmo após desfolha e posterior rebrotação. O maior valor ocorreu no 2º ciclo de pastejo em que a cultura, devido às chuvas, teve maior disponibilidade de água durante o período de descanso em relação aos outros ciclos. O K_c médio foi de 1,08, 1,11 e 1,11 respectivamente para o 1º, 2º e 3º ciclos de pastejo.

Este padrão é justificável, pois em uma área sob sistema de pastejo rotacionado os piquetes encontram-se em idades diferentes. As unidades experimentais amostradas apresentaram apenas a variação da biomassa forrageira no período de descanso, porém a área ocupada por uma unidade experimental não apresenta a distância de *fetch* mínima da estação suficiente para representar os fluxos de energia e vapor d'água apenas para a unidade experimental na qual a estação estava localizada, no entanto, esta registrava os fluxos de energia e vapor d'água de toda a área de pasto.

Desta forma em um determinado momento, a área encontra-se com piquetes com diversas idades, conseqüentemente diferentes IAFs e demanda evapotranspirométrica diferente. O valor apresentado pelo K_c representa uma média de todos os piquetes sob diferentes idades de períodos de descanso. O K_c médio do capim Mombaça sob sistema de pastejo rotacionado no período de outono/inverno foi de 1,11. Este valor representa uma evapotranspiração real da cultura 11% maior que a evapotranspiração de referência. São poucos os trabalhos encontrados sobre determinação do coeficiente de cultivo para gramíneas tropicais. Allen et al., (1998) apresentam uma tabela de K_c para diferentes culturas. Segundo os autores, pastos rotacionados possuem um K_c médio de 1,05, enquanto que culturas como a cana-de-açúcar que atinge um IAF próximo ao da forrageira estudada possui um K_c máximo de 1,25.

Xavier et al., (2004) obtiveram valores de K_c para o capim Tanzânia na localidade de Piracicaba e Pereira Barreto que variaram ao longo do período de descanso e da época do ano. Os autores encontraram valores de 1,52 e 1,54 em fevereiro e de 0,42 e 1,30 em agosto, respectivamente para as localidades de Piracicaba e Pereira Barreto.

Segundo Doorenbos e Pruitt, (1977) e Doorenbos e Kassam, (1979), o coeficiente de cultivo varia com a altura e estágio de desenvolvimento da cultura, velocidade do vento e umidade relativa do ar. Pereira et al, (1994) e

Cunha et al, (1996) constataram que o K_c sofre variação ao longo do ciclo da cultura, assumindo valores baixos no subperíodo da semeadura a emergência, valores máximos durante o subperíodo de máxima intensidade fotossintética das plantas. Na maioria das culturas, o K_c aumenta com o IAF e com a cobertura do solo. Em um sistema de manejo rotacionado de forrageira, o principal objetivo é obter alto rendimento forrageiro, rápida rebrotação e alta taxa fotossintética. No sistema de pastejo rotacionado busca-se um máximo desempenho da forrageira e desta forma, em média a área de pasto como um todo permanece sob alta intensidade fotossintética, alto IAF e cobertura do solo.

Portanto, o valor de K_c encontrado no presente trabalho apresenta consistência com os resultados encontrados na literatura. Porém, é necessário um período maior de avaliação, a fim de conhecer a variação do K_c nos meses de maior intensidade luminosa (primavera e verão).

Para o manejo da irrigação, pode-se ainda, utilizar um K_c variável ao longo do período de descanso, pois cada piquete encontra-se em estádios de desenvolvimentos diferenciados, o que envolve aplicação de lâminas diferenciadas, conforme estudo realizado por Xavier et al., (2004). No entanto, para este tipo de avaliação é necessário a aplicação de outros métodos na determinação da evapotranspiração da cultura que seja capaz de medir a evapotranspiração de apenas um piquete durante o seu período de descanso.

6. RESUMO E CONCLUSÕES

O capim Mombaça apresentou um rendimento satisfatório de biomassa no período de outono/inverno com uma produtividade de matéria seca viva da parte aérea no 1º, 2º e 3 ciclos de pastejo de 4.454, 4.009 e 4.030 kg ha⁻¹ de matéria seca respectivamente.

O IAF mostrou ser o parâmetro mais adequado para a representação da cobertura do solo e da disponibilidade de forragem. Enquanto que a altura do dossel embora seguisse a mesma tendência do acúmulo de matéria seca, na parte aérea a magnitude da resposta foi diferenciada entre os ciclos de pastejo. Isto acontece devido este parâmetro ter sido altamente influenciado pela qualidade da forrageira representada pela relação Folha/Colmo.

A relação entre a disponibilidade de forragem com a soma térmica também se mostrou satisfatória para a estimativa da disponibilidade de forragem. Porém, esta relação deve ser validada com experimentos de campo por um período de no mínimo 1 (um) ano a fim de representar a sazonalidade da cultura para posterior utilização em nível de produtor.

O albedo da forrageira medido ao longo dos ciclos de pastejo apresentou uma correlação positiva com a disponibilidade de forragem do

capim Mombaça, com uma de variação de 0,22 a 0,36 do início ao fim do ciclo de pastejo. Este parâmetro também deve ser validado através de experimento de campo por um período maior de tempo, através de sensores instalados sobre a pastagem e imagens de satélite, o que possibilita uma determinação da disponibilidade de forragens através de técnicas de sensoriamento remoto.

O capim Mombaça apresentou durante o período analisado, um potencial de estoque de carbono na parte aérea de $21,36 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Porém, estes resultados não representam o potencial do sistema para o seqüestro de carbono, visto ser necessária para isso uma análise do fluxo de CO_2 da planta e no solo, bem como a contabilização da matéria orgânica presente no solo oriundo da deposição de biomassa pelo capim Mombaça.

O método do balanço de energia pela Razão de Bowen se mostrou satisfatório para a contabilização dos fluxos de energia sobre o capim Mombaça e para a determinação da evapotranspiração real da cultura. Durante o período avaliado, a evapotranspiração da cultura esteve próxima à evapotranspiração de referência. A evapotranspiração de referência e real da cultura durante o período foi respectivamente $3,56$ e $3,87 \text{ mm dia}^{-1}$.

O K_c médio do período avaliado foi de 1,11, sendo que este não apresentou variação significativa na condição pré e pós-pastejo de um mesmo ciclo, porém, apresentou diferença entre os ciclos de pastejo. O K_c médio para o 1º, 2º e 3º ciclos de pastejo foi respectivamente, 1,08, 1,11 e 1,11. Para uma avaliação mais completa a respeito da variação sazonal do K_c do capim Mombaça é necessário a sua determinação no período de maior intensidade luminosa (primavera e verão), além da aplicação de métodos de determinação da evapotranspiração que sejam capazes de medir a variação da evapotranspiração da cultura do capim Mombaça ao longo de um período de descanso.

REFERENCIAS

- Adese, B. L. (2006) *Características morfofisiológicas e acúmulo de forragem em capim Mombaça submetido a regimes de desfolhação*. Tese (Doutorado em Zootecnia), Viçosa, Minas Gerais. Universidade Federal de Viçosa – UFV, 221p.
- Aduan, R. E.; Vilela, M. F.; Klink, C. A. (2003) *Ciclagem de carbono em ecossistemas terrestres – O caso do Cerrado Brasileiro – Planaltina, DF: Embrapa Cerrados*. 30 p. – (Documento / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; 105)
- Aires, L. M. I. (2007) *Fluxos de CO₂, H₂O e energia numa pastagem mediterrânica C3/C4*. Tese (Doutorado em Ciências Aplicadas ao Meio Ambiente), Évora, Portugal. Universidade de Aveiro Departamento de Ciência e Ordenamento. 174 p.
- Alexandrino, E., Gomide, J.A., Gomide, C.A.M. (2005) *Crescimento e desenvolvimento do dossel de Panicum maximum cv. Mombaça*. *Revista Brasileira de Zootecnia* ., V.34, N.6, p. 2164-2173.

- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smuth, M. (2006) *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 301p. (Irrigation and Drainage, Paper 56.)
- Almeida, E. M.; Campelo Jr, J. H.; Finger, Z. (2010) *Determinação do estoque de carbono (Tectona grandis L. F.) em diferentes idades*. Ciência Florestal, V.20, n.4, p.559-568.
- André, R. G. B.; Mendonça, J. C.; Marques, V. S.; Pinheiro, F. A. M.; Marques, J. (2010) *Aspectos energéticos do desenvolvimento da cana de açúcar. Parte 1: Balanço de radiação e parâmetros derivados*. Revista Brasileira de Meteorologia, V.25, n.3, p.375-382.
- Bufarah, G., Alcântara, P. B. (1998) *Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas*. 4. ed. São Paulo: Nobel,. 162 p.
- Baird, C. (2002) *Química ambiental*. 2º Ed. Porto Alegre : BookMan.
- Barbosa, M.A.A.F.; Damasceno, J.C.; Cecato, U.; Sakaguti, E..S. (1996) *Estudo de perfilhamento em 4 cultivares de Panicum maximum Jacq. submetidos à duas alturas de corte*. Anais Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 33., Fortaleza,. p. 109-111.
- Barbosa, R.A. (2004) *Características morfofisiológicas e acúmulo de forragem em capim-tanzânia (Panicum maximum Jacq. cv. Tanzânia) submetido a frequências e intensidades de pastejo*. Tese (Doutorado em Zootecnia), Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa, UFV. 119p.
- Barbosa, R.A., Nascimento JR, D., Da Silva, S. C. (2004) *Caracterização morfogênica e submetido a combinações de estrutural do Capim-Tanzânia intensidade e frequência de desfolhação*. Anais Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 41, Campo Grande.
- Barbosa, R.A.; Nascimento JR, D.; Euclides, V. P. B.; Regazzi, A. J.; Fonseca, D. M. (2002) *Características morfogênicas e acúmulo de forragem do Capim*

- *Tanzânia (Panicum maximum Jacq. Cv. Tanzânia) em dois resíduos forrageiro pós-pastejo*. R. Bras. Zootec., v.31, n.2, p. 583-593.
- Barreto, L. V.; Freitas, A. C. S.; Paiva, L. C. (2009) *Sequestro de carbono*. Centro Científico Conhecer, Goiânia, Enciclopédia Biosfera n.07, ISSN 1809-059351.
- Bastable, H. G.; Shuttleworth, W. J.; Dallarosa, R. L.G. (1993) *Observations of climate, albedo and surface radiation over cleared und undisturbed Amazonian forest*. Int. J. Climatol. , Chicester, v.13, p.783-796.
- Biudes, M. S., Júnior, J. H. C., Nogueira, J. S., Sanches, J. S. N. (2009) *Estimativa do balanço de energia em Cambarazal e pastagem no norte do Pantanal pelo método da razão de Bowen*. Revista Brasileira de Meteorologia, v.24, n.2, 135-143.
- Boina, A. (2008) *Quantificação de estoque de biomassa e de carbono em floresta estacional, semidecidual, vale do Rio Doce, Minas Gerais*. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa. UFV. 82.p
- Bowen, I. S. (1926) *The ratio of heat losses by conduction and by evaporation from any water surface*. Physical Review, New York. v.27, p.779-787.
- Bürgi, R.; Pagotto, D.S. (2002) *Aspectos mercadológicos dos sistemas de produção animal em pastagens*. In: Simpósio sobre manejo da pastagem: Inovações tecnológicas no manejo de pastagens, 19., 2002, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, p.217-231.
- Braga, G. J.; Mello, A. C. L.; Pedreira, C. G. S.; Medeiro, H. R. (2009) *Fotossíntese e taxa diária de produção de forragem em pastagens de capim - Tanzânia sob lotação intermitente*. Pesq. Agropec. bras., Brasília, v. 44, n.1, p.84-9.

- Branco, R. H.; Júnior, D. N. (2000) *Degradação de pastagens. Diminuição da produtividade com o tempo. Conceito de sustentabilidade. Trabalho apresentado como parte das exigências da Disciplina de Forragicultura Universidade Federal de Viçosa.* p. 27.
- Brown, R.H.; Blaser, R.E. (1968) *Leaf area index in pasture growth. Herbage Abstracts*, v.38, n.1, p.1-9.
- Cândido, M. J. D.; Alexandrino, E.; Gomide, J.A. (2005a) *Duração do período de descanso e crescimento do dossel de Panicum maximum cv. Mombaça sob lotação intermitente. Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.2, p.398-405.
- Cândido, M. J. D.; Gomide, C. A. M.; Alexandrino, E. (2005b) *Morfofisiologia do dossel de Panicum maximum cv. Mombaça sob lotação intermitente com três períodos de descanso. Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.2, p.338-347.
- Cândido, M. J. D.; Silva, R. G.; Neiva, J. N. M.; Facó, O.; Yuri, I. B.; Faria, S. F. (2006) *Fluxo de biomassa em Capim-Tanzânia pastejado por ovinos sob três períodos de descanso. Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.6, p.2234-2242.
- Cargnelutti Filho, A. Ribeiro, N. D.; Jost, E.; Trentin, M.; Silva, J. C. (2005) *Determinação da temperatura base e graus dias para cultivares de feijão.* In: Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão, 8. 2005, Goiânia. Anais... Santo Antônio de Goiás, Goiânia : Embrapa Arroz e Feijão. v.2. p.1136-1139.
- Carnevalli, R.A. (2003) *Dinâmica da rebrotação de pastos de Capim- Mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente.* Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência Animal e Pastagens), Piracicaba, ESALQ. 136 p.
- Carvalho, C. A. B.; Silva, S. C.; Sbrissa, A. F.; Pinto, L. F. M.; Carnevalli, R. A.; Fagundes, J. L.; Pedreira, G. S.; (2000) *Demografia do perfilhamento e taxa*

- de acúmulo de matéria seca em capim 'Tifton 85' sob pastejo. *Scientia Agrícola*, v. 57, n.4, p.591-600.
- Castagna, A. A., Aronovich, M., Rodrigues, E. (2008) *Pastoreio racional Voisin: Manejo agroecológico de pastagens. Manual Técnico 10* ISSN 1983-5671. Niterói, RJ – Programa Rio Rural. 33 p.
- Corsi, M. (1976) *Espécies forrageiras para pastagens*. In: Simpósio sobre Manejo de Pastagem, 3. Piracicaba. Anais... Piracicaba, SP: ESALQ, USP, 1979. P. 5-36.
- Couto, D. L. N. (2009) *Albedo e cerrado sensu strictu como resposta a variação climática e biológica – conexões com índice de vegetação, estoque de carbono e fluxos de CO₂*. Dissertação (Mestre em ciências). São Paulo, SP, Universidade de São Paulo – USP, 88p.
- Cunha, G. R.; Bergamaschi, H.; Berlato M. A.; Matzenauer, R. (1996) *Balanco de energia em cultura de milho*. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.4, n.1, p.1-14.
- Da Silva, S.C., Sbrissia, A.F. (2000) *A planta forrageira no sistema de produção*. Anais Simpósio sobre manejo de pastagem: a planta forrageira no sistema de produção, 17, Piracicaba: FEALQ, p. 3-20.
- Da Silva, S.C. Pedreira, C.G.S. (1997) *Princípios de ecologia aplicados ao manejo de pastagem*. Anais Simpósio sobre ecossistemas de pastagem, 3. Jaboticabal. FUNESP, p. 1-62,.
- Delgado-Rojas, J. S.; Novaes, M.; Lourenço, L. F.; Coelho, R. D. (2004) *Evapotranspiração máxima do capim "Tanzânia" (Panicum maximum J.) em pastejo rotacionado, baseada na evapotranspiração do tanque "Classe A" e no índice de área foliar*. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.24, n.1, p.226-234.
- Dobashi, A.F., Penati, M.A., Baroni, L.G., Corsi, M., Jacintho, G.C. (2001) *Avaliação de três métodos indiretos para a determinação de massa de*

forragem em pastagem rotacionada de Panicum maximum cv. Tanzânia em diferentes níveis de resíduo sob irrigação. Anais Reunião Anual da Sociedade Piracicaba: SBZ.

Doorenbos, J.; Pruitt, W. O.; (1977) *Crop water requirement. Rome : FAO.* 144p. (FAO. Irrigation and Drainage, 24).

Doorenbos, J.; Kassam, A. H.; (1979) *Efeito da água no rendimento das culturas. FAO.* 306p. (FAO. Irrigation and Drainage, 24).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). (1997) *Manual de análises de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS.*

Energiasrenovaveis, Solar, Fonte. Disponível em: http://www.energiasrenovaveis.com/html/energias/solar_fonte.asp>. Acessado em: 01/02/2010.

Fagundes, J. L.; Silva, S. C.; Pedreira, C. G. S.; Sbrissia, A. F.; Carnevalli, R. A.; Carvalho, C. A. B.; Pinto, L. F. M. (1999) *Índice de área foliar, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de Cynodon spp. sob diferentes intensidades de pastejo. Scientia Agrícola, v.56, n.4, p.1441-1150.*

Fernandes, M.S., Rossiello, R.O.P. (1995) *Mineral nitrogen in plant physiology and plant nutrition. Critical Reviews in Plant Sciences. n.14.v2, p.111-148,.*

Faustino, M. G. (2007) *Modelagem de algumas características qualitativas de capins do gênero Panicum em função das variáveis climáticas. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirz – ESALQ/USP, 71p.*

Fisch, G. (1996) *Camada limite Amazônica: Aspectos observacionais e de modelagem. Tese (Doutorado em Meteorologia) - São José dos Campos, SP. INPE-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 171p.*

- Fisher, A.; Silva, S. C. (2001) *O ecossistema de pastagens e a produção animal*. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38. Piracicaba, Anais...Piracicaba: ESALQ. P.733-754.
- Fontana, D. C.; Berlato, M. A.; Bergamaschi, H. (1991) *Balanço de radiação da soja em região subtropical do Brasil*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.26, n.3, p.411 – 418.
- Galvão, J. A. C. Fisch, G. (2000) *Balanço de radiação em área de pastagem na Amazônia*. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 1-10.
- Gardner, A. L. (1986) *Técnicas de pesquisa em pastagens e aplicabilidade de resultados em sistemas de produção*. Brasília, DF. IICA/EMBRAPA. 197p.
- Gastal, F., Durand, J.L. (2000) *Effects of nitrogen and water supply on N and C fluxes and partitioning in defoliated sward*. In: Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. CAB International.
- Genuchten, M. T. Van. *A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils*. Soil Science Society of America Journal, v.44, p.892-898, 1980.
- Gomes, M. C. R. (1999) *Efeito da irrigação suplementar na produtividade da cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes, RJ*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, 51p.
- Gomide, J.A. (1994) *Fisiologia do crescimento livre de plantas forrageiras*. In: Peixoto, A.M. (Ed.) *Pastagens: fundamentos de exploração racional*. Piracicaba: FEALQ, p.1-14.
- Gomide, C. A. M.; Gomide, J. A.; Martinez, H.; Paciullo, D. S. C. (2002) *Fotossíntese, Reservas Orgânicas e Rebrotas do Capim-Mombaça (Panicum maximum Jacq.) sob Diferentes Intensidades de Desfolha do Perfilho*. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.6, p.2165-2175,.

- Gomide, C. A. M.; Gomide, J. A.; Alexandrino, E. (2007) *Características estruturais e produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a períodos de descanso*. Pesq. Agropec. bras., Brasília, v.42, n.10, p. 1487-1497.
- Guandique, M.E.G., Villa Nova, N.A., Libardi, P.L. (1997) *Determinação da evapotranspiração e do coeficiente de cultura (Kc) para o feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) irrigado através de vários métodos*. Anais Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10. Anais. Piracicaba : Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, p.612-619.
- Forni, S.; Michel Filho, I. C.; Favoretto, V.; Malheiros, E. B. (2000) *Efeito de estratégias de adubação com NPK sobre a produção, qualidade e estrutura das cultivares Tanzânia e Mombaça de Panicum Maximum Jacq.* (compact disc). In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 37., Viçosa, 2000. Anais. Viçosa: SBZ, 2000.
- Grace, J. (2001) *Carbon Cycle*. In: Encyclopedia of biodiversity. New York: Academic Press. v. 1, p. 609-629.
- Grace, J.; Lloyd, J.; McIntyre, J.; Miranda, A.; Meir, P.; Miranda, H.; Nobre, C. A.; Moncrieff, J.; Massheder, J.; Malhi, Y.; Wright, I.; Gash, J. (2002) *Carbon dioxide uptake by an undisturbed Tropical Rain Forest in Southwest Amazonia, 1992 to 1993*, Science, v. 270, n. 5237, p.778-780.
- Haddade, I. R., Obeid, J. A., Fonseca, D. M., Pereira, O. G., Silva, M. A. P. (2002) *Crescimento de Espécies Forrageiras Tropicais Submetidas a Diferentes Períodos de Alagamento*. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.5, p.1924-1930.
- Herling, V. R. (2006) *Algumas características morfológicas e estruturais e valor nutritivo do capim Mombaça (Panicum maximum, jacq. cv. Mombaça) sob intensidades de pastejo e períodos de ocupação*. Tese (Professor livre-docente do Departamento de Zootecnia). Pirassununga-SP. Universidade de São Paulo Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. 121p.

Hodgson, J.G. (1990) *Grazing management: science into practice*. Harlow: Longman Scientific e Technical, 203p.

<http://www.planetaorganico.com.br/voisin2.htm>. Acessado em: 06/02/2010.

IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M. L. Parry, O.F. Canziani. J. P. Palutikof, P. J. van der Linden and C.E Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp.

Jackson, M. L. (1982) *Análisis químico de suelos*. Barcelona: Ediciones Omega, 1982. p. 282-309.

Júnior, A.J.S., Jayme, D.G., Barreto, A.C., Fernandes, L.O., Oliveira, A.I., Sene, G.A., Fernandez, A.T., Oliveira, Y.M., Calvacante, R.A., Coutinho, A.C. (2009) *Produção de matéria verde no período da seca em sistema de pastejo de Tifton 85 sob manejo de irrigação e sequeiro*. Anais II Seminário Iniciação Científica – IFTM, Campus Uberaba, MG..

Júnior, D. N.; Adese, B. (2004) *Acúmulo de biomassa na pastagem*. Anais II Simpósio Sobre Manejo Estratégico da Pastagem, UFV, Viçosa.

Kaimal, J.C.; Finnigan, J.J. (1994) *Atmospheric boundary layer flows. their structure and measurement*. New York: Oxford: Oxford University Press. 289p.

Kanegae, M. F.; Braz, V. S.; Franco, A. C. (2000) *Efeitos da sazonalidade e disponibilidade de luz na sobrevivência e crescimento de Bowdichia virgilioides em duas fitofisionomias típicas dos cerrados do Brasil Central*. Revista Brasileira de Botânica, São Paulo, v.23, n.4, p.459-468.

Kruijt, B.; Elbers, J. A.; Randow, C. V.; Araújo, A. C.; Oliveira, P. J.; Culf, A.; Manzi, A. O.; Nobre, A. D.; Kabat, P.; Moors, E. J. *The Robustness of Eddy Correlation Fluxes for Amazon Rain Forest Conditions*. (2004) Ecological

- Applications Vol. 14, No. 4, Supplement: The Large-scale Biosphere-Atmosphere Experiment in the Amazon, pp. S101-S113
- Libardi, P. L. (1995) *Dinâmica da água no solo*. Piracicaba: ESALQ – Departamento de Física e Meteorologia. 497p.
- Lima, P. C. S.; Leitão, M. M. V. B. R.; Azevedo, P. V.; Oliveira, G. M.; Sobrinho, J. E.; Moura, M. S. B.; Menezes, H. E. A.; Pinto, M. G. C. L. (2009) *Albedo de pastagem e caatinga*. XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de 2009. Belo Horizonte, MG. p 100
- Lopes, P. M. O. (1999) *Evapotranspiração da mangueira na região do submédio São Francisco*. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais), Campina Grande – PB, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG. 108p.
- Machado, L. C. P. (1993) *Manejo de rodeos de cria em campos naturais com Pastoreo Racional Voisin*. Anais Congresso Mundial de Cría Vacuna, 1. Buenos Aires: CAAA. p. 267-282.
- Machado, A.O.; Cecato, U.; Mira, R.T.; Pereira, L.A.F.; Martins, E.N.; Damasceno, J.C.; Santos, G.T. (1997) *Avaliação de genótipos de Panicum maximum (Jacq) em duas alturas de corte*. Anais Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 34. Juiz de Fora, SBZ,. p.219-221.
- Magnano, R. O. (2007) *Espectros de turbulência em terreno complexo*. Tese (Doutorado em Física) – Santa Maria – RS, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, 97p.
- Meirelles, M. L.; Farias, S. E. M.; Franco, A, C. (2003) *Balanço de Energia de uma Pastagem Cultivada no Cerrado*. Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X ; 81. Planaltina, DF. 14 p.

- Melado, J. (2007) *Pastagem ecológica e serviços ambientais da pecuária sustentável*. Resumo do V CBA – Palestra. *Rev. Bras. de Agroecologia*. Vol.2 No.2.p 1777-1783.
- Mello, S. Q. S.; França, A. F. S.; Lanna, A. C.; Bergamaschine, A. F.; Klimann, H. J.; Rios, L. C.; Soares, T. V. (2008) *Adubação nitrogenada em capim-Mombaça: Produção, eficiência de conversão e recuperação aparente do nitrogênio*. *Ciência animal Brasileira*, v. 9, n.4, p.935-947.
- Mendonça, J. C.; Sousa, E. F.; Bernardo, S.; Sugawara, M. T.; Peçanha, A. L.; Gottardo, R. D. (2007) *Determinação do coeficiente cultural (Kc) do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.), em Campos dos Goytacazes, RJ*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.11, n.5, p.471- 475.
- Mendonça, J. C. (2007) *Estimativa da evapotranspiração regional utilizando imagens digitais orbitais na Região Norte Fluminense, RJ*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes, RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias – UENF/CCTA, 167p.
- Moreno, L. S. B. (2004) *Produção de forragem de capins do gênero Panicum e modelagem de respostas fisiológicas e morfofisiológicas em função de variáveis climáticas*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Piracicaba – SP, Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, 86p.
- Mosier, A. R. (1998) *Soil processes and global change*. *Biol. Fertil. Soils*, 27: 221-229.
- Moura, M. A. L.; Lyra, R. F. F.; Benincasa, M.; Filho, M. F. N. (1999) *Variação do albedo em áreas de floresta e pastagem na Amazônia*. *Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria*, v. 7, n. 2, p. 163-168.
- Moura, M. S. B. (2005) *Consumo hídrico, produtividade e qualidade do fruto da goiabeira irrigada na região do Submédio São Francisco*. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) Campina Grande – PB. UFCG/CCT/DCA. 122p.

- Montagner, D. B. (2004) *Fluxos de carbono e nitrogênio em pastos sob pastejo*.
Disciplina: Zoo 750 e 753, Viçosa, MG.
- Moraes, M. G., Alves, J. D.; Oliveira, L. E. M.; Vitorino, P. F. R. G., (2001)
Magalhães, M. M. *Caracterização do crescimento e da atividade das desidrogenases alcoólica e lática em seis espécies herbáceas sob condições de hipoxia*. Ciência agrotecnica, Lavras, v.25, n.1, p. 86-95.
- Muniz, R. A. (2009) *Caracterização preliminar da direção e velocidade do vento em Campos dos goytacazes, RJ*. Monografia (Graduação em Agronomia)
Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 90p.
- Murray, F. W. (1967) *On the computation of saturation vapor pressure*. J. Appl. Meteor. 6:203-204.
- Nascimento Júnior, D.; Queiroz, D.S.; Santos, M.V.F. (1997) *Degradação das pastagens e critérios para avaliação*. Anais Simpósio Sobre Manejo de Pastagem, 11, Piracicaba: FEALQ, 325p..
- Niklas, K.J. (1994) *Plant allometry: the scaling process*. Chicago: University of Chicago Press. Library of Congress Cataloging in Publication Data. 386p
- Nobre, C. A.; Nobre, A. D. (2002) *O balanço de carbono da Amazônia brasileira*. Estudos Avançados 16 (45).
- Oliveira, M.B.L.; Von Randow, C.; Manzi, A.O.; Alvalá, R.C., Sá, L. D., Leitão, M.M.V.B.R.; Souza, A. (2006) *Fluxos turbulentos de energia sobre o Pantanal sul Mato-Grossense*. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 21, n. 3b, p. 159-165.
- Oke, T.R. (1987) *Boundary layer climates*. 2. ed., London: Routledge,, 436 p.
- Pereira, A. R.; Pedras, J. F.; Vila Nova, N. A.; Cury, D. M. (1994) *Consumo de água e coeficiente de cultura da batata (Solanum tuberosum L. cv. Itararé)*

- em plantas de inverno no município de Botucatu, SP. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.3, p.59-62.
- Pedro Jr, M. J. (1990) *Aptidão climática para plantas forrageiras no Estado de São Paulo*. Campinas-SP: Instituto Agrônomo. 13p. (Boletim Técnico 139).
- Peixoto, J.P.; Oort, A.H. (1991). *Physics of climate*. American Institute of Physics, New York. 434 p.
- Pezzopane, J. R. M.; Pedro Júnior, M. J. (2003) *Balanço de energia em vinhedo de 'Niágara Rosada'*. *Bragantia*, v. 62, n. 1, p. 155-161.
- Pinheiro, V. D. (2002) *Viabilidade econômica da irrigação de pastagem de capim Tanzânia em diferentes regiões do Brasil*. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Piracicaba – SP. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP. 85p.
- Quadros, D. G.; Rodrigues, L. R.; Favoretto, V.; Ramos, K. B. R. (2000) *Disponibilidade de forragem em pastagens dos capins Mombaça e Tanzânia submetidos a diferentes estratégias de adubação (N, P e K)*. In *Simpósio Pecuária 2000 – Perspectiva para o III milênio*, 1., Pirassununga, Anais. Pirassununga: FZEA-USP, 2000. 1 CD-ROM
- Queiroz Neto, F.; Martha Jr., G. B.; Penati, M. A.; Corsi, M.; Menezes, M. J. T. (2001) *Impacto of increasing nitrogen fertiliser rates upon na irrigated Tanzânia glass pasture*. 1. Dry matter yeld. In: *International Glassland Congress*, 19., São Pedro, 2001. Proceedings. Piracicaba: FEALQ, 2001. p.209-210.
- Razuk, R.B. (2002) *Avaliação do sistema radicular de acessos de Brachiaria brizantha e suas relações com atributos químicos e físicos do solo*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Dourados: UFMS,. 56 p.
- Reis, R. A.; Gomide, C. A. M. (2000) *Fundamentos do Pastoreio Rotativo*. In: *Rainoldo Alberto Kochhann; Gilberto Omar Tomm; Renato Serena*

- Fontaneli. (Org.). *Sistemas de produção de leite baseado em pastagens sob plantio direto*. Passo Fundo: EMBRAPA, , v. Único, p. 191-214.
- Resende, A. S.; Santos, A. O.; Gondim, A.; Xavier, R. P.; Coelho, C. H. M.; Oliveira, O. C.; Alves, B. J. R.; Boddey, R. M. (2001) *Urquiaga S. Efeito estufa e o seqüestro de carbono em sistemas de cultivo com espécies florestais e na cultura de cana de açúcar*. EMBRAPA Agrobiologia, 25p, (Documento 133), ISSN 1517-8498.
- Ribeiro, E. G.; Fontes, C. A. A.; Palieraqui, J. G. B.; Cóser, A. C.; Martins, C. E.; Silva, R. C. (2009) *Influência da irrigação, nas épocas secas e chuvosa, na produção e composição química dos capins napier e Mombaça em sistema de lotação intermitente*. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, n.8, p.1432-1442.
- Rodrigues, C. S. (2008) *Caracterização morfogênica de gramíneas forrageiras tropicais sob crescimento livre*. Dissertação (mestrado em Zootecnia), Viçosa, UFV. 103p.
- Rolim, F. A. (1980) *Estacionalidade de produção de forrageiras*. In: *Simpósio sobre manejo da pastagem*, 6., Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1980. P. 243-270.
- Santana, G. S.; Bianchi, P. P. M.; Morita, I. M.; Isepon, O. J.; Fernandes, F. M. (2010) *Production and bromatologic composition of glass-mombaça (Panicum maximum Jacq.), submitted to different sources and doses of acidify corrective*. Ciências Agrárias, Londrina, V.31, n.1, p. 241-246.
- Santos, P. M.; Balsalobre, M. A. A.; Corsi, M. (2004) *Características Morfogenéticas e Taxa de Acúmulo de Forragem do Capim-Mombaça Submetido a Três Intervalos de Pastejo*. Revista Brasileira de Zootecnia, v.33, n.4, p.843-851.
- Sarmiento, D.O.L. (2003) *Comportamento ingestivo de bovinos em pastos de capim-Marandu submetidos a regimes de lotação contínua*. Dissertação

- (Mestrado em Agronomia - Ciência Animal e Pastagens), Piracicaba, ESALQ. 76p.
- Savidan, Y.H.; Jank, L.; Costa, J.C.G. (1990) *Registro de 25 acessos selecionados de Panicum maximum*. Campo Grande: EMBRAPA, CNPGC,. 68 p. (EMBRAPA. CNPGC, Documentos, 44).
- Sbrissia, A.F. (2004) *Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu sob lotação contínua*. Piracicaba. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 199 p
- Sbrissia, A.F.; Da Silva, S.C.; Nascimento Junior, D.; Pereira, L.E.T. (2009) *Crescimento da planta forrageira: aspectos relativos ao acúmulo de valor nutritivo da forragem*. Anais Simpósio Sobre Manejo de Pastagem, 25. Piracicaba:FEALQ, p. 37-60.
- Sbrissia, A.F.; Silva, S.C. (2001) *O. ecossistema de pastagens e a produção animal*. Anais Simpósio Sobre a Produção Animal na Visão dos Brasileiros/ Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, p.731-754.
- Silva, D. J., Queiroz, A. C. (2002) *Análises de Alimentos (métodos químicos e biológicos)*. 3. ed. Viçosa: Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa.
- Silva, L. D. B. (2003) *Evapotranspiração do capim Tanzânia (panicum maximum jacq.) e grama Batatais (paspalum notatum flugge) utilizando o método do balanço de energia e lisímetro de pesagem*. Tese (Doutorado em Agronomia). Piracicaba, SP. ESALQ,.
- Silva, L. D. B.; Folegatti, M. V.; Nova, N. A. V. (2005) *Evapotranspiração do capim Tanzânia obtida pelo método de razão de Bowen e lisímetro de pesagem*. *Eng. Agríc.*, Jaboticabal, v.25, n.3, p.705-712.
- Silva, S.C.; Faria, V. P.; Corsi, M. (2004) *Sistema intensivo de produção de leite em pastagens de capim elefante do Departamento de Zootecnia da*

- ESALQ. Sociedade Brasileira de Zootecnia, 41, Anais. Campo Grande:SBZ, CD-ROM.
- Silva, S.C. (1998) *Bases para o estabelecimento do manejo de Cynodon sp. para pastejo e conservação*. Anais Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 15, Piracicaba, p.129-150.
- Silva, T. G. F.; Moura, M. S. B.; Zolnier, S.; Soares, J. M.; Souza, L. S. B.; Brandão, E. O. (2011) *Variação do balanço radiação e de energia da cana de açúcar irrigada no semiárido brasileiro*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.15, n.2, p.139-147.
- Silva, V. P. R. (2000) *Estimativa das necessidades hídricas da mangueira*. Tese (Doutorado em Meteorologia). Campina Grande-PB DCA/CCT/UFPB. 129p.
- Segnini, A.; Milori, D. M. B. P.; Simões, M. L.; Silva, W. T. L.; Primavesi, O.; Martin-Neto, L. (2007) *Potencial de sequestro de carbono em áreas de pastagem de Barchiaria decumbens*. XXXI Congresso Brasileiro de ciência do solo: conquistas e desafios da ciência do solo brasileira. Gramado-RS. 05-10 de agosto de 2007.
- Soares, J. M. (2003) *Consumo hídrico da videira festival sob intermitência de irrigação no submédio São Francisco*. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande, 309p.
- Souza, E. D.; Costa, S. E. V. G. A.; Anghinoni, I.; Carvalho, P. C. F.; Andrigueti, M.; Cao, E. (2009) *Estoque de carbono e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo*. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 33: 1829-1836.
- Souza, P. J. O. P.; Ribeiro, A.; Rocha, E. J. P.; Loureiro, R. S.; Bispo, C. J. C.; Sousa, A. M. L. (2010) *Albedo da cultura da soja em área de avanço da fronteira agrícola da Amazônia*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.1, p.65-73.

- Souza, E. M.; Isepon, O. J.; Alves, J. B.; Basto, J. F. P. B.; Lima, R. C. (2005) *Efeitos da irrigação e adubação nitrogenada sobre a massa de forragem de cultivares de Panicum maximum Jacq.* Revista Brasileira de Zootecnia, v. 34, n. 4, p. 1146-1155.
- Szakács, G. G. J. (2003) *Sequestro de carbono nos solos – Avaliação das potencialidades dos solos arenosos sob pastagem, Anhembi.* Tese (Mestrado em Ciências) - Piracicaba, SP. Universidade de São Paulo, Centro Energia Nuclear na Agricultura. – USP/CENA, 102p.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2004) *Fisiologia vegetal.* 3. ed. Belo Horizonte, MG. Editora Artmed., 642 p.
- Tarré, R.; Macedo, R.; Cantarutti, R. B.; Rezende, C. P.; Pereira, J. M.; Ferreira, E.; Alves, B. J. R.; Urquiaga, S.; Boddey, R. M. (2001) *The effect of the presence of a forage legume on nitrogen and carbon levels in soils under Brachiaria pasture in the Atlantic forest region of the South of Bahia.* Plant and Soil, V.234, p.15-26.
- Teixeira, A. H. C. (2001) *Avaliação dos componentes do balanço de energia durante o primeiro ano de cultura da banana.* Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.5, n.1, p. 28 – 32.
- Urquiaga, S.; Alves, B. J. R.; Jantalia, C. P.; Boddey, R. M. (2010) *Variações no estoque de carbono e emissões de gases de efeito estufa em solos das regiões tropicais e subtropicais do Brasil: uma análise crítica.* Informações Agronômicas, N°.130, p.11-22, p.12.
- Villa Nova, N. A.; Tonato, F.; Pedreira, G. S.; Pedreira A. R. (2004) *Método alternativo para a determinação da temperatura – base de espécies forrageiras.* In: Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology International Symposium, 2., Anais... Curitiba: UFPR. 1 CR-ROM.
- Xavier, A. C.; Coelho, R. D.; Lourenço, L. F.; Machado, R. E. (2004) *Manejo da irrigação em pastagem irrigada por pivô central.* Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.8, n.2/3, p.233-239.

- Walkey, A.; Black, I. A. (1934) *An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method*. Soil Science, v.37, p. 29-34.
- Walter, M. K.; Zullo Jr, J.; Weill, M. A. M.; Denardin, J. D. (2009) *Estimativa do estoque de carbono em áreas de soja visando à análise de cenário de linha de base para projetos de crédito de carbono*. XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de setembro – Belo Horizonte, MG.
- Watzlawick, L. F.; Sanquetta, C. R.; Vinicius, M.; Caldeira, W. (2005) *Estoque de carbono orgânico em Pinus taeda L*. Biomassa e Energia, v.2, n.1, p. 7-17.
- Zanchi, F. B.; Waterloo, M. J.; Aguiar, L. J. G.; Randow, C. V.; Kruijt, B.; Cardoso, F. L.; Manzi, A. O. (2009) *Estimativa do Índice de Área Foliar (IAF) e Biomassa em pastagem no estado de Rondônia, Brasil*. Acta Amazônica. VOL. 39(2): p 335 – 348.

APÊNDICE

Tabela: A1. Equação de regressão da disponibilidade de biomassa seca dos constituintes vivos, folha, colmo e palha do capim Mombaça durante o 3 diferentes ciclos de pastejo

Equações de Regressão da disponibilidade de forragem do capim Mombaça		
Ciclo	Equação	R ²
Ciclo 1	MV = 1,137DAP ² +53,215DAP+3765,1	0,96
	MSF = 2,926DAP ² - 29,211DAP + 1136,7	0,99
	MSC = -1,789DAP ² + 82,426DAP + 2628,3	0,86
	MSP = -7,248DAP ² + 101,45DAP + 1631,4	0,84
Ciclo 2	MV = -0,555DAP ³ + 124,923DAP ² - 278,05DAP + 4880,7	0,87
	MSF = 0,4354DAP ² + 10,272DAP + 723,27	0,99
	MSC = -0,547DAP ³ + 24,121DAP ² - 292,85DAP + 4144,7	0,83
	MSP = -5,591DAP ² + 188,14DAP + 1130,7	0,84
Ciclo 3	MV = 0,038DAP + 19,377DAP + 2370,9	0,89
	MSF = -0,452DAP ² + 72,693DAP + 663,01	0,98
	MSC = 0,490DAP ² - 53,316DAP + 1707,9	0,91
	MSP = 1,365DAP ² - 113,45DAP + 3503,4	0,85

Tabela. A2. Equação de regressão da altura do dossel do capim Mombaça durante 3 diferentes ciclos de pastejo.

Equações de Regressão da altura do dossel do capim Mombaça		
Ciclo	Equações	R ²
Ciclo 1	$AD = 3,75DAP^2 - 8,85DAP + 98,25$	0,99
Ciclo 2	$AD = -0,9286DAP^2 + 6,6714DAP + 83,8$	0,82
Ciclo 3	$AD = 0,0006DAP^2 + 0,0663DAP + 90,592$	0,60

Tabela. A3. Equação de regressão do IAF para o capim Mombaça durante 3 diferentes ciclos de pastejo

Equações de Regressão do IAF para o capim Mombaça		
Ciclo	Equações	R ²
Ciclo 1	$IAF = 0,2644DAP^2 - 0,6776DAP + 1,0982$	0,99
Ciclo 2	$IAF = -0,1152DAP^2 - 0,2327DAP + 0,7539$	0,98
Ciclo 3	$IAF = 0,0017DAP^2 + 0,1945DAP + 0,0555$	0,95