**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Interceptação luminosa, massa de raízes e acúmulo de forragem
em *Arachis pinto* cv. Belmonte submetido
a intensidades de pastejo**

Lucas da Rocha Carvalho

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens

**Piracicaba
2014**

Lucas da Rocha Carvalho
Engenheiro Agrônomo

Interceptação luminosa, massa de raízes e acúmulo de forragem em *Arachis pinto* cv. Belmonte submetido a intensidades de pastejo

Orientador:
Prof. Dr. **SILA CARNEIRO DA SILVA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens

Piracicaba
2014

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Carvalho, Lucas da Rocha

Interceptação luminosa, massa de raízes e acúmulo de forragem em *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetido a intensidades de pastejo / Lucas da Rocha Carvalho. - Piracicaba, 2014.

77 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2014.
Bibliografia.

1. Amendoim forrageiro 2. Acúmulo de forragem 3. Parte aérea/raízes 4. Nodulação
5. Lotação contínua I. Título

CDD 633.3
C331i

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICO,

Aos meus pais, Jorge e Zulma,
Pelo amor inigualável e apoio incondicional,
Minha eterna gratidão.

OFEREÇO,

A minha irmã, Emanuela,
Por toda ajuda e carinho,
Muito obrigado.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida.

A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP pela concessão do curso.

Ao Professor Dr. Sila Carneiro da Silva pela orientação, compreensão, paciência e profissionalismo inestimável.

Aos colegas e companheiros de trabalho, Cleunice Auxiliadora Fialho e Guilherme Portes Silva, pela amizade, convivência harmoniosa, empenho e dedicação ao projeto, agradeço.

Ao Professor Dr. Francisco Monteiro pelo empréstimo das peneiras utilizadas durante as avaliações do sistema radicular.

Ao Professor Dr. Flávio Augusto Portela Santos por disponibilizar os animais para a realização do experimento.

A todos os estagiários do GEPP, em especial a Ana Paula Kozowski, Edson Nascimento da Silva, Maiara Alonso Despontin e Henrique Zavarez Barbosa pela confiança no projeto e pela ajuda possibilitando a realização desse trabalho.

A Lilian Engalise Techio Pereira pela disposição e contribuição na elaboração desse trabalho.

Ao casal Neri Marcante e Eliana Vera Geremia pela amizade.

A todos os professores e profissionais do Departamento de Zootecnia.

Aos amigos do laboratório de plantas forrageiras (LAPF) pelo companheirismo e convivência.

A Universidade do Estado de Santa Catarina – CAV pela formação profissional e conhecimentos transmitidos, em especial aos Professores Dr. André Fischer Sbrissia e Dr. Luis Sangoi.

Aos amigos e parceiros de NUPEP Daniel Schmitt e Guilherme Nunes Camargo de Souza (Shrek). E aos amigos da “família lageana” adquiridos durante o período de graduação: Celso, Clodoaldo, Douglas, Fábio, Francisco e Vinícius.

A Fabiani da Rocha e família pela amizade, apoio e respeito demonstrados.

E a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para esta etapa e não foram lembrados aqui, o meu sincero agradecimento.

“No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade.”
Albert Einstein

***“Se não puder voar, corra. Se não puder correr, ande. Se não puder andar,
rasteje, mas continue em frente de qualquer jeito.”***
Martin Luther King Jr.

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	17
1 INTRODUÇÃO	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 O gênero <i>Arachis</i> e sua caracterização em ambientes forrageiros.....	21
2.2 Aspectos morfofisiológicos e suas alterações em ecossistemas de pastagens.....	23
2.3 Nitrogênio e fixação biológica em leguminosas forrageiras.....	26
2.4 Altura do dossel forrageiro: uma ferramenta eficiente para o manejo do pastejo.....	29
3 HIPÓTESE	33
4 OBJETIVO	33
5 MATERIAL E MÉTODOS	33
5.1 Material.....	33
5.2 Métodos	36
6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	41
7 RESULTADOS.....	43
7.1 Altura	43
7.2 Índice de área foliar (IAF)	44
7.3 Ângulo da folhagem	45
7.4 Interceptação luminosa	45
7.5 Massa de forragem.....	46
7.6 Composição morfológica e botânica da massa de forragem.....	47
7.6.1 Porcentagem de folíolos.....	47
7.6.2 Porcentagem de pecíolos.....	48
7.6.3 Porcentagem de estolões e de material morto	49
7.6.4 Porcentagem de plantas invasoras	50
7.6.5 Relação folíolo/estolão	50
7.7 Número de nódulos radiculares.....	51
7.8 Massa de nódulos e de raízes	52
7.9 Peso médio dos nódulos	52

7.10 Taxa de acúmulo de forragem	53
8 DISCUSSÃO	55
9 CONCLUSÕES	65
REFERÊNCIAS	67

RESUMO

Interceptação luminosa, massa de raízes e acúmulo de forragem em *Arachis pinto* cv. Belmonte submetido a intensidades de pastejo

Atualmente, o termo sustentabilidade vem ganhando destaque dentro das atividades agrícolas e para a produção animal em pastagens não é diferente. As leguminosas forrageiras são conhecidas por algumas características peculiares como grande capacidade de fixação do nitrogênio atmosférico e elevado valor nutritivo, surgindo assim como uma alternativa viável nesse novo modelo de produção. Entretanto, muitas vezes práticas de manejo inadequadas acabam não permitindo a exploração do potencial dessas espécies, levando-as ao desuso. Dessa forma, conhecer a resposta de plantas (alterações em forma e função) a intensidades de pastejo é imprescindível para permitir a idealização de estratégias de manejo eficientes que possam contribuir para a otimização do processo produtivo em sistemas pastoris. Este trabalho fez parte de uma série de experimentos delineados com o propósito de avaliar aspectos gerais de crescimento e desenvolvimento do amendoim forrageiro sob pastejo e suas implicações sobre a produção de forragem e potencial de consumo pelos animais. Seu objetivo específico foi avaliar as características produtivas de *Arachis pinto* cv. Belmonte submetido a intensidades de pastejo sob lotação contínua. O experimento foi conduzido na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, de janeiro a dezembro de 2013. Os tratamentos corresponderam a intensidades de pastejo determinadas por alturas de manejo do pasto (5, 10, 15 e 20 cm), e foram alocados às unidades experimentais (piquetes de aproximadamente 200 m²) segundo delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições. Foram caracterizadas e determinadas as seguintes variáveis-resposta: índice de área foliar, ângulo da folhagem, interceptação luminosa do dossel, massa de forragem e sua composição botânica e morfológica, número e massa de nódulos radiculares, massa de raízes e acúmulo de forragem. As intensidades de pastejo promoveram alterações no crescimento e desenvolvimento do *Arachis pinto* cv. Belmonte. Pastos manejados com intensidade de pastejo mais leniente (15 e 20 cm) apresentaram maior índice de área foliar, ângulo da folhagem, massa de forragem, porcentagem de plantas invasoras e taxa de acúmulo de forragem (exceto no inverno). Em contrapartida, pastejos severos (5 e 10 cm) proporcionaram maiores valores de porcentagem de folíolos e pecíolos, relação folíolo/estolão, número e massa de nódulos, massa de raízes e taxa de acúmulo de forragem durante o inverno. A intensidade de pastejo não afetou o peso médio dos nódulos, somente o seu número e massa total. Outros aspectos produtivos apresentaram efeitos isolados de época do ano como porcentagem de estolão e de material morto, com maiores valores registrados no verão e no inverno, respectivamente. Estolões assim como folhas (folíolos e pecíolos) corresponderam às principais estruturas na determinação do crescimento das plantas, tendo sido afetados de forma direta pela intensidade de pastejo e época do ano. A intensidade de pastejo interferiu com a relação parte aérea/raízes, de forma que maior massa de raízes e de nódulos foram registradas nos pastos manejados a 5 e 10 cm e o maior IAF, interceptação de luz e acúmulo de forragem foram registrados nos pastos manejados a 15 e 20 cm. O fato indica uma relação de compensação entre número e massa de nódulos/raízes e IAF controlando o acúmulo de forragem, revelando grande plasticidade fenotípica potencial dessa planta forrageira e potencial de uso em pastagens.

Palavras-chave: Amendoim forrageiro; Acúmulo de forragem; Parte aérea/raízes; Nodulação; Lotação contínua

ABSTRACT

Light interception, root mass and herbage accumulation in *Arachis pinto* cv. Belmonte subjected to intensities of grazing

In recent years the term sustainability is becoming increasingly important in agriculture, including animal production from pastoral systems. Forage legumes are known for some particular characteristics like large capacity for capturing atmospheric nitrogen and high nutritive value of the produced herbage, and for that reason is being considered as a viable alternative in this new production model. However, inadequate management practices often result in no realisation and exploitation of their production potential, resulting in low use of these plant species. For that reason, understanding of plant responses (modifications in form and function) to intensities of grazing is essential for allowing planning of efficient management practices aiming at optimising productivity in pastoral systems of animal production. This study was part of a series of experiments conceived with the purpose of evaluating general aspects of growth and development of forage peanut under grazing and their implications to herbage production and potential of herbage intake by grazing animals. The specific objective was to evaluate the agronomic characteristics of *Arachis pinto* cv. Belmonte subjected to intensities of grazing under continuous stocking. The experiment was carried out at Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, from January to December 2013. Treatments corresponded to four intensities of grazing characterised by the sward management heights of 5, 10, 15 and 20 cm. These were allocated to the experimental units (200 m² paddocks) according to a randomised complete block design, with four replications. The following response variables were evaluated: sward leaf area index (LAI), foliage angle, canopy light interception (LI), herbage mass and its morphological and botanical composition, number and mass of root nodules, root mass and herbage accumulation. The grazing intensities interfered with growth and development of *Arachis pinto* cv. Belmonte. Swards managed at 15 and 20 cm showed higher LAI, foliage angle, herbage mass, percentage of weeds and herbage accumulation rates (except in winter) than those managed at 5 and 10 cm. On the other hand, swards managed at 5 and 10 cm showed higher percentage of leaf, leaf-to-stolon ratio, number and mass of root nodules, root mass and winter herbage accumulation rates. Grazing intensity did not affect average nodule weight, only nodule number and total mass. Other productive aspects revealed isolated effects of season of the year like percentages of stolon and dead material, with larger values recorded during summer and winter, respectively. Stolons as well as leaves corresponded to the main structures determining plant growth, and were directly affected by grazing intensity and season of the year. Grazing intensity interfered with the shoot-to-root ratio, with larger root and nodule mass being recorded on swards managed at 5 and 10 cm and larger LAI, LI and herbage accumulation recorded on swards managed at 15 and 20 cm. The fact indicates a compensating relationship between number and mass of nodules/roots and LAI controlling herbage accumulation, highlighting the large potential phenotypic plasticity of this forage plant and potential of use in pastures.

Keywords: Forage peanut; Herbage accumulation; Shoot-to-root ratio; Nodulation;
Continuous stocking

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Precipitação (mm) e temperaturas mínimas e máximas (°C) durante o período experimental para a região de Piracicaba, SP (fevereiro a novembro de 2013).....	35
Figura 2 - Extrato de balanço hídrico (mm) para a região de Piracicaba, SP, de janeiro a novembro de 2013.....	35
Figura 3 - <i>Layout</i> da área experimental, onde T5 = altura de 5 cm; T10= altura de 10 cm; T15= altura de 15 cm e T20= altura de 20 cm.....	37
Figura 4 - Alturas efetivas de manejo (cm) de <i>Arachis pinto</i> cv. Belmonte mantido a 5, 10, 15 e 20 cm de altura por meio de lotação contínua de outubro de 2012 a dezembro de 2013	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características químicas da camada 0-20 cm do solo na área experimental.....	34
Tabela 2 - Equações de calibração entre altura do dossel forrageiro (cm) e massa de forragem (kg ha ⁻¹ de matéria seca)	40
Tabela 3 - Índice de área foliar de <i>Arachis pinto</i> cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013	44
Tabela 4 - Ângulo da folhagem de <i>Arachis pinto</i> cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013	45
Tabela 5 - Interceptação luminosa de <i>Arachis pinto</i> cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013	46
Tabela 6 - Massa de forragem (kg ha ⁻¹) de <i>Arachis pinto</i> cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013 ...	47
Tabela 7 - Porcentagem de folíolos na massa de forragem de <i>Arachis pinto</i> cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013	48
Tabela 8 - Porcentagem de pecíolos na massa de forragem de <i>Arachis pinto</i> cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013	49
Tabela 9 - Porcentagem de estolões e de material morto na massa de forragem de <i>Arachis pinto</i> cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013.....	49

Tabela 10 - Porcentagem de plantas invasoras na massa de forragem de *Arachis pinto* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013..... 50

Tabela 11 - Relação folíolo/estolão na massa de forragem de *Arachis pinto* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013..... 51

Tabela 12 - Número de nódulos por amostra de *Arachis pinto* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013..... 51

Tabela 13 - Massa de nódulos e de raízes (mg) de *Arachis pinto* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013..... 52

Tabela 14 - Peso médio dos nódulos (mg) de *Arachis pinto* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013 53

Tabela 15 - Taxa de acúmulo de forragem ($\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) de *Arachis pinto* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013..... 53

1 INTRODUÇÃO

A produção animal em pastagens apresenta como objetivo central a transformação da energia luminosa em produto animal. O sol é a única fonte de energia útil no planeta para os seres vivos, sendo que os únicos capazes de aproveitá-la são os clorofilados, transformando a energia luminosa em energia química nos tecidos vegetais que, consumidos pelos animais, são então convertidos em produto animal. Dessa forma, em ecossistemas de pastagens a interceptação da luz é a primeira etapa do processo de produção de forragem.

Esse processo autotrófico realizado pelos vegetais é conhecido como fotossíntese, sendo as folhas os principais órgãos especializados em permitir a interceptação de luz e a fixação do CO₂ necessários para sua realização. Assim, em ecossistemas de pastagens a fotossíntese é governada por características do dossel forrageiro como índice de área foliar (IAF), ângulo foliar, propriedades da radiação solar e ópticas das folhas, distribuição vertical da área foliar e densidade volumétrica dos componentes morfológicos ao longo do dossel, assim como por propriedades relacionadas ao sistema radicular, o qual está diretamente relacionado com a absorção de água e de nutrientes, condicionantes do processo fotossintético.

Plantas sob pastejo estão sujeitas a diversos fatores de estresse. Por estresse entende-se algum fator biótico ou abiótico que reduza a taxa de alguns processos fisiológicos (por exemplo, crescimento ou fotossíntese) abaixo da taxa máxima passível de ser mantida pela planta (Lambers et al., 2008). Dessa maneira, ambientes forrageiros tornam-se entidades extremamente complexas nas quais o animal em pastejo interfere e modifica continuamente o ambiente e, por consequência, induz frequentes adaptações da comunidade de plantas, gerando novas interações com o meio. Essa complexidade evidencia a necessidade de estudos relacionados às interações entre plantas, animais e o meio ambiente no qual estão inseridos, conhecimento de grande importância para que o sucesso da produção animal em pasto seja alcançado (Da Silva e Nascimento Junior, 2007).

Avanços em manejo a partir de pesquisas somente foram permitidos quando os estudos adotaram uma abordagem sistêmica do uso de plantas forrageiras em pastagens. Nesse contexto, torna-se importante e necessário conhecer e compreender as relações de causa e efeito entre ações de manejo e respostas de plantas e animais para que estratégias de manejo do pastejo possam

ser planejadas e executadas de maneira objetiva e racional. Segundo Hodgson (1985), essa relação causal pode ser adequadamente estabelecida por meio da caracterização e dos padrões de modificação da estrutura do dossel forrageiro sob diferentes regimes e métodos de pastejo. Como consequência, durante a última década trabalhos de pesquisa com gramíneas tropicais têm sido feitos tomando por base essa premissa básica e elegendo a altura do dossel como descritor simples das condições de pasto utilizadas. Os resultados têm demonstrado relação consistente entre as variações em altura do dossel forrageiro e as respostas tanto de plantas como de animais, indicando seu potencial de utilização como meta ou alvo de manejo em condições de campo (Hodgson e Da Silva, 2002). A grande maioria dos estudos ecofisiológicos em sistemas pastoris foram e têm sido realizados com espécies pertencentes ao grupo das gramíneas, tanto de clima temperado como tropical. Dessa forma, informações geradas a partir de pesquisas com leguminosas forrageiras são escassas, fato que resulta em dificuldade e limitações quanto ao uso e manejo dessas plantas.

Em pastagens tropicais as leguminosas surgem como alternativa interessante como fonte de suprimento de nitrogênio, uma vez que esse é normalmente um dos nutrientes de menor disponibilidade. Entretanto, para que essas plantas possam assumir essa funcionalidade é necessário que coexistam no ambiente, ou seja, sobrevivam mesmo em condições adversas como o pastejo. Dessa forma, dentre as leguminosas forrageiras tropicais o *Arachis pintoi* Krap e Greg. (amendoim forrageiro) cv. Belmonte destaca-se por apresentar elevado potencial para produção animal assim como alta capacidade de persistir em ambientes forrageiros, tornando-se a espécie que apresenta maior cultivo dentre as leguminosas. Apesar disso, aspectos relacionados à sua ecofisiologia e produção em condições de manejo do pastejo são pouco conhecidos, inviabilizando seu uso de forma sustentável e racional, realçando a importância do presente trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O gênero *Arachis* e sua caracterização em ambientes forrageiros

O Brasil é o sexto maior produtor de leite do mundo e um dos maiores produtores e exportadores de carne bovina (FAO, 2013). Esse patamar produtivo foi impulsionado principalmente pelo crescimento das áreas de pastagens cultivadas, com concomitante diminuição das áreas de pastagens nativas. A produção forrageira gerada a partir de espécies de gramíneas e leguminosas forma a base da produção animal brasileira, e se deve ao elevado potencial produtivo dessas espécies, o que favorece produção a baixos custos e sistemas altamente competitivos.

As espécies pertencentes ao grupo das leguminosas (*Fabacea*) sempre ganharam notoriedade dentro da produção agrícola, destacando-se na produção de grãos com a soja (*Glycine max* (L.) Merr), na indústria da madeira com a Leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit), no manejo e conservação do solo com a Crotalária (*Crotalaria juncea* L.). Para a produção animal em pastagens, da mesma forma, as leguminosas possuem papel de destaque com vários gêneros e espécies. As leguminosas forrageiras são conhecidas por contribuírem com quantidades apreciáveis de nitrogênio por meio da fixação biológica do nitrogênio atmosférico, por apresentarem capacidade de aumentar o consumo e o valor nutritivo da forragem consumida e elevar a produção e o desempenho animal, e por complementar a sazonalidade das gramíneas e melhorar a qualidade do produto final produzido (Hutton et al., 2011).

O *Arachis pinto* apresenta hábito de crescimento prostrado, sendo uma leguminosa tropical perene estolonífera, originária do Brasil (Lascano, 1994). Possui elevada produtividade e valor nutritivo da forragem produzida (Valentim et al., 2001; Lascano, 1994), persistência em solos de fertilidade limitada (Rincón et al., 1992), e tolerância ao sombreamento (Cook, 2005), proporcionando elevada capacidade de produção em condições de cultivo consorciado (Jones, 1993), além de excelente potencial de fixação biológica de nitrogênio (Miranda et al., 2003). Essa espécie é ainda passível de uso para outras finalidades como cultura para cobertura de solo em sistemas agrícolas e uso ornamental (Carvalho e Quesenberry, 2009). A composição química de suas folhas revela valores de 60 a 70% de digestibilidade da

matéria seca, 13 a 25% de proteína bruta e baixos teores de taninos condensados (Argel et al., 2005).

Em trabalho realizado por Van Heurck (1990), o consórcio de *Cynodon nlemfuensis* e *Arachis pinto* proporcionou incrementos em ganho de peso por animal e por área em comparação ao cultivo exclusivo da gramínea. O amendoim forrageiro cv. Amarillo incrementou a produção diária de leite de vacas leiteiras em aproximadamente 1 kg durante o verão/outono em relação à gramínea tropical fertilizada com nitrogênio (Walker e Chamberlain, 2005). A consorciação entre *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Arachis pinto* cv. Amarillo também mostrou-se promissora em condições de solos drenados na Austrália (Cook, 1992; Ibrahim, 1994). Hernandez et al. (1995) estudaram aspectos produtivos em pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e em associação com *Arachis pinto* cv. Amarillo sob duas taxas de lotação (600 e 1200 kg de peso vivo ha⁻¹) sob lotação intermitente baseada em intervalos e período de ocupação fixos de 21 e 7 dias, respectivamente. Maior proporção de amendoim forrageiro na oferta de forragem foi registrada sob as maiores taxas de lotação. Diferenças em ganho de peso diário (g animal⁻¹ dia⁻¹) foram verificadas em favor da maior taxa de lotação para o consórcio gramínea x leguminosa, o que levou os autores a concluir que o *Arachis pinto* cv. Amarillo seria altamente tolerante ao pastejo mesmo sob elevadas taxas de lotação.

Segundo Sinclair (2007), o *Arachis pinto* cv. Amarillo pode suportar intervalos de 7 a 14 dias e alturas de resíduo de 3 a 5 cm sem que ocorra redução significativa de acúmulo de forragem. Essa capacidade produtiva e de persistência está relacionada com a disposição e morfologia dos estolões, que protegem os pontos de crescimento e de enraizamento do pastejo (Rao, 1995), assim como favorecem o desenvolvimento de raízes secundárias (Asakawa e Ramirez, 1989). Essas características fazem com que a espécie seja resistente e se perpetue no ambiente sob condições de pastejo severo (Argel et al., 2005), diferentemente de outras espécies como siratro (*Macroptilium atropurpureum*) e soja-perene (*Neonotonia wightii*), que não persistem sob condição de pastejo (Jennings e Logan, 1987; Atkinson, 1993). Além disso, a persistência sob desfolhação frequente pode estar ligada à sua capacidade de manter os níveis de carboidratos solúveis nos estolões e no sistema radicular, uma vez que a falta de persistência está normalmente associada com o esgotamento das reservas orgânicas das plantas (Fulkerson e Donaghy, 2001).

2.2 Aspectos morfofisiológicos e suas alterações em ecossistemas de pastagens

O uso de leguminosas forrageiras tem sido limitado, principalmente, devido à falta de conhecimento e informações sobre o manejo desse grupo de plantas em regiões tropicais (Benedetti, 2005), fato que, quando em consórcio com gramíneas tropicais, é exacerbado pela diferença fisiológica entre elas (plantas C_3 e C_4 , respectivamente). Apesar do potencial produtivo da planta forrageira ser determinado geneticamente, são fundamentais condições adequadas de temperatura, umidade, luminosidade, disponibilidade de água e nutrientes e manejo.

A morfologia de uma espécie vegetal submetida ao pastejo é o resultado do processo conhecido como morfogênese, o qual é definido como a dinâmica de geração e expansão da forma da planta no espaço e no tempo. Isso inclui a taxa de aparecimento de novos órgãos (organogênese), assim como as taxas de crescimento, senescência e decomposição de tecidos (Chapman e Lemaire, 1993). Portanto, para um dado suprimento de C e N, a morfogênese determina o padrão de formação de tecidos assim como os fluxos internos desses nutrientes (Lemaire e Chapman, 1996).

De acordo com Chapman e Lemaire (1993), as características morfogênicas de um dossel em estágio vegetativo são o aparecimento, o alongamento, e o tempo de vida das folhas. Essas são características definidas geneticamente, mas variam em função do ambiente como temperatura, suprimento de nutrientes, água disponível no solo, entre outros (Lemaire e Chapman, 1996). A expressão fenotípica dessas variáveis morfogênicas determina as características estruturais das plantas: (1) tamanho da folha: determinado pela interação entre as taxas de aparecimento e alongamento de folhas, (2) densidade populacional de perfilhos, e (3) número de folhas vivas por perfilho: resultado do produto entre a taxa de aparecimento e a duração de vida das folhas (Lemaire e Chapman, 1996). De maneira análoga, para plantas estoloníferas, como o amendoim forrageiro, o mesmo raciocínio se aplica, e serve como referência para compreender respostas adaptativas das plantas forrageiras ao pastejo (Fisher e Cruz, 1994). Estas normalmente caracterizam estratégias utilizadas para restaurar e/ou manter o índice de área foliar e assegurar competitividade das plantas em comunidade (Matthew et al., 2000).

As características morfogênicas são afetadas de forma diferente pelas condições de ambiente e pelo próprio crescimento da comunidade de plantas forrageiras, e modificam a interação planta-planta e o microclima no interior do dossel forrageiro. A mudança progressiva e reversível nessas características morfogênicas pode ser definida como plasticidade fenotípica. Nesses termos, pastagens podem ser consideradas como sistemas altamente regulados onde qualquer mudança estrutural determina as respostas na morfogênese das plantas que, por sua vez, modificam a estrutura do dossel forrageiro (Lemaire e Agnusdei, 1999; Lemaire, 2001).

A arquitetura do dossel forrageiro é a forma como a massa de forragem dos pastos encontra-se arranjada na área, definida por meio da expressão fenotípica das características morfogênicas das plantas cujas inter-relações definem o índice de área foliar (IAF), principal característica estrutural e que possui relação direta com as respostas tanto de plantas como de animais em ambientes de pastagem (Lemaire, 2001). O índice de área foliar do dossel é definido como sendo a relação entre a área foliar e a área de solo ocupada pela mesma (Watson, 1947). Esse conceito possibilitou um melhor entendimento das relações entre ambiente luminoso e o acúmulo de forragem em comunidades de plantas. Segundo Hodgson (1990), as variáveis do pasto que apresentam elevada associação com o acúmulo de forragem são o índice de área foliar (IAF) e a altura. Em um valor de IAF chamado “ótimo”, o dossel intercepta aproximadamente toda a luz incidente com um mínimo de auto sombreamento, proporcionando máximo valor de taxa de crescimento da cultura (Brougham, 1956). Assim, em condições de ausência de estresses, o acúmulo de biomassa de uma determinada cultura é proporcional à quantidade de radiação fotossinteticamente ativa absorvida e a eficiência de conversão dessa radiação em tecidos vegetais (Monteith, 1972). Além do IAF, o ângulo da folhagem e as propriedades óticas dos tecidos das plantas, distribuição das lâminas foliares e outros componentes morfológicos (Lemaire e Chapman, 1996) também interferem na quantidade de radiação incidente interceptada. Dosséis de IAF elevado e/ou menor ângulo da folhagem (folhas mais horizontais) apresentam maior potencial de absorção de luz e, conseqüentemente, de acúmulo de forragem que dosséis de menor IAF e/ou maior ângulo da folhagem (folhas mais verticais). Portanto, o arranjo espacial da folhagem é essencial para determinar a eficiência de absorção de luz pelo dossel forrageiro (Warren Wilson, 1961).

A produtividade de uma planta forrageira, por sua vez, é resultado da aquisição de recursos como C e N, assim como do uso desses recursos nos processos de crescimento e senescência (responsável pelo acúmulo de tecidos mortos, seguido de reciclagem de C e N) (Mannetje, 2000). Esse processo é determinado pela assimilação de carbono em tecidos por meio da fotossíntese (Lemaire e Chapman, 1996). O incremento de carbono nas plantas é realizado por meio da absorção da energia luminosa e de sua transformação em energia química (açúcares) via fotossíntese, e corresponde a uma fonte de energia prontamente disponível para as plantas. A produção bruta de forragem é primeiramente determinada pela quantidade de luz interceptada pelo dossel e, dessa forma, quando nutrientes e água não são limitantes, a produção “teto” é determinada pela energia luminosa recebida. A luz incidente é captada por meio do dossel forrageiro, sendo importantes, nesse contexto, atributos como tamanho da área foliar (índice de área foliar – IAF), sua arquitetura e arranjo espacial (ângulo da folhagem) para a captação eficiente da luz. Dessa forma, a estrutura do dossel e o acúmulo de forragem são altamente interdependentes, uma vez que a estrutura é o resultado de características de crescimento de plantas individuais e a própria distribuição desse crescimento no perfil do dossel afeta a taxa de aquisição dos recursos pelas plantas e pelo dossel forrageiro como um todo (Parsons e Chapman, 1998).

Em condições de pastejo, o dossel forrageiro sofre constantes modificações, sendo a redução da área foliar o primeiro efeito provocado pela desfolhação, com consequências sobre o crescimento de raízes e carboidratos de reservas. A desfolhação promove alterações quantitativas e qualitativas na área foliar dos pastos que, por sua vez, dependendo de sua frequência e severidade, resultam em mudanças no processo de partição de fotoassimilados (parte aérea vs raízes) e, portanto, interferem no sistema radicular. O efeito da desfolhação sobre as raízes é de extrema importância para produção de forragem, já que este é responsável pela aquisição de nutrientes minerais e água do solo, sustentação da parte aérea, armazenamento de nutrientes e, como funções secundárias, a síntese de reguladores de crescimento e propagação vegetativa (Gregory, 1994; Fitter, 1999). Em estudos envolvendo o sistema radicular de plantas, a variável que tem recebido maior atenção é a massa de raízes (Dawson et al., 2000).

Segundo Richards (1993), a remoção de 50% da área foliar das plantas já é suficiente para paralisar o crescimento de raízes. O fato aponta que após o

processo de desfolhação é praticamente inevitável à perda de parte do sistema radicular, possivelmente sendo essa uma estratégia fisiológica da planta forrageira para assegurar rápida recuperação da parte aérea e manutenção do equilíbrio positivo de carbono por meio da diminuição da demanda pelo sistema radicular (Richards, 1993). Essa redução na massa seca de raízes é geralmente proporcional à intensidade de desfolhação (Dovrat et al., 1980). Em gramíneas tropicais, o mesmo padrão de resposta foi relatado por Pagotto (2000) para capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) submetido a níveis de severidade de desfolhação sob pastejo rotativo. A redução do aparato fotossintético e do sistema radicular após desfolhação afeta a absorção de água e de nutrientes pelas plantas forrageiras (Donaghy e Fulkerson, 1998), com implicações potenciais sobre os processos de crescimento e acúmulo de forragem.

De maneira geral, desfolhações frequentes e/ou severas resultam em redução da massa e profundidade de raízes que, além de comprometer a absorção de água e de nutrientes, no caso das leguminosas poderia afetar negativamente o processo de nodulação e fixação biológica de nitrogênio. O fato indica a necessidade de conhecer como estratégias de desfolhação interferem nas características produtivas e de persistência das plantas forrageiras, realçando a importância de estudos envolvendo estratégias de manejo do pastejo.

2.3 Nitrogênio e fixação biológica em leguminosas forrageiras

A sustentabilidade e a produtividade de pastagens tropicais podem ser influenciadas por uma série de fatores, dentre eles a fertilidade do solo e o manejo utilizado. No caso do Brasil, os solos ricos em nutrientes e capazes de sustentar níveis elevados de produção de forragem estão cada vez mais disputados pela agricultura, enquanto a pecuária depende crescentemente de solos menos férteis e pouco adequados ao cultivo (Benedetti, 2005). A produção das culturas agrícolas em solos tropicais é severamente limitada pela deficiência de nitrogênio (N). Dessa forma, a adubação nitrogenada é considerada o fator que mais limita a produtividade das pastagens brasileiras (Malavolta, 1980).

A importância da fixação biológica fica evidenciada pelo destaque atribuído ao nitrogênio nos meios agrícolas, onde o aporte proporcionado pelas fontes nitrogenadas permite sustentar 40% da população mundial, o que não seria

possível na ausência desse nutriente (Galloway et al., 2004). Em solos tropicais, a baixa disponibilidade natural de nitrogênio (Espindola et al., 2006), aliada à busca por elevados índices produtivos (Primavesi et al., 2006), torna a adubação nitrogenada, para algumas espécies forrageiras, um dos principais itens de custo de produção (Euclides et al., 2007), realçando a importância em se buscar fontes alternativas desse nutriente (Espindola et al., 2006). Isso mostra o importante papel e o potencial da fixação biológica do nitrogênio atmosférico como alternativa para o fornecimento de nitrogênio para a agricultura tropical (Reis et al., 2006).

O nitrogênio é o constituinte de vários compostos vegetais, dentre eles os aminoácidos, os ácidos nucleicos e a clorofila. Assim, reações bioquímicas em plantas e microrganismos envolvem a presença do nitrogênio, razão pela qual ele se torna um dos elementos absorvidos em maiores quantidades pelas plantas cultivadas (Epstein e Bloom, 2005). O seu ciclo no sistema solo-planta-animal é bastante complexo. A maior fração do nitrogênio do solo encontra-se na forma orgânica, presente em diferentes moléculas e com variados graus de recalcitrância, ou como parte de organismos vivos. As principais formas de o nitrogênio ingressar no sistema são: deposições atmosféricas, fixação biológica (simbiótica ou não) e adubações químicas ou orgânicas. Em contrapartida, esse nutriente pode sair do sistema por meio de remoção pelas culturas e por diversos mecanismos de perdas, que incluem lixiviação e volatilização. Dessa forma, seu ciclo é controlado por fatores físicos, químicos e biológicos e afetado por condições climáticas, as quais são difíceis de controlar e de prever (Cantarella, 2007).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) desempenha papel importante no suprimento de nitrogênio nos sistemas agrícolas. No mundo, estima-se que essa contribuição corresponda a cerca de 30% do nitrogênio produzido na forma de fertilizantes. Em contrapartida, no Brasil a fixação biológica de nitrogênio representa quase três vezes a quantidade de N fertilizante de origem industrial, sendo a cultura da soja responsável por aproximadamente 50% dessa quantidade (Filoso et al., 2006). Estimativas de fixação indicam que a contribuição pode chegar a valores de 100 a 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N em leguminosas forrageiras (Graham et al., 2000). A cultura da soja, principal leguminosa cultivada no Brasil, dispensa totalmente a adubação nitrogenada, sendo que em condições normais de cultivo, a FBN consegue suprir totalmente o requerimento em nitrogênio da cultura (Hungria et al., 2006). Esse sucesso da soja no Brasil se deve a um programa de melhoramento

direcionado à obtenção de cultivares com alta produção sem adubação nitrogenada e ao desenvolvimento, em paralelo, de inoculantes contendo rizóbios adaptados às condições e solos brasileiros (Scotti et al., 1982).

A fixação biológica de nitrogênio é a principal forma de inserir o nitrogênio oriundo da atmosfera no sistema solo-planta (Peoples e Craswell, 1992). É regulada por fatores intrínsecos à planta e ao microrganismo simbiote, e por fatores do ambiente em que a simbiose ocorre (Giller, 1995). Dentre esses fatores influenciadores destacam-se: espécies de bactérias, cultivares de planta, interação rizóbio-planta e condições do ambiente como acidez do solo, salinidade, deficiências ou excesso de minerais, estresse hídrico, variações em temperatura, quantidade de N inorgânico no solo, pragas e doenças (Barcellos et al., 2008). Em leguminosas forrageiras as alterações na estrutura da planta ocasionam também reflexos sobre a nodulação e a relação simbiótica. De acordo com Sheng e Harper (1997), as folhas são os órgãos que dominam a regulação da nodulação na cultura da soja.

A relação simbiótica estabelecida entre a bactéria fixadora e a planta hospedeira ocorre por meio do fornecimento de açúcares produzidos no processo fotossintético em troca da disponibilização de nitrogênio fixado pelos microrganismos (Wagner, 2011). A nodulação e a relação simbiótica, por sua vez, estão diretamente ligadas ao processo de fixação biológica de nitrogênio, que pode ser utilizado como variável-resposta para avaliações e inferências sobre aqueles processos (Unkovich et al., 2008). Essa capacidade de fixação biológica do nitrogênio atmosférico proporcionada pelas leguminosas é considerada como o mecanismo simbiótico mais sofisticado e eficiente entre as associações de plantas superiores com bactérias fixadoras de N_2 (Döbereiner, 1990).

Entretanto, a incerteza das estimativas da fixação de N_2 por unidade de área é uma dificuldade no manejo de produções agrícolas com o uso da fixação biológica de nitrogênio, o que ocasiona problemas quanto ao dimensionamento da capacidade produtiva desse mecanismo (Herridge et al., 2008). Logo, o entendimento do processo de fixação biológica do nitrogênio e dos fatores que o afetam e controlam é de suma importância tanto para pesquisadores como para produtores, pois com esse conhecimento é possível adequar o manejo da planta visando aumentar a eficiência de utilização de N e incrementar a produtividade da cultura de interesse (Fagan et al., 2007).

2.4 Altura do dossel forrageiro: uma ferramenta eficiente para o manejo do pastejo

O manejo do pastejo tem por objetivo encontrar o ponto ótimo entre a necessidade da planta forrageira em manter sua área foliar para o processo fotossintético e a prerrogativa fundamental de remover esse tecido para produzir produto animal (Parsons e Penning, 1988). Quando o animal desfere um bocado, ele remove parte do aparato fotossintético, retardando assim a velocidade de crescimento e formação de novos tecidos (Nabinger, 1996). Em contrapartida, a não remoção do tecido foliar pode gerar competição excessiva por luz no interior do dossel forrageiro, exacerbando os processos de alongamento de colmos e senescência, e prejudicando a colheita e o valor nutritivo da forragem produzida (Da Silva et al., 2009).

A estrutura do dossel forrageiro é influenciada por fatores ambientais dos quais a luz possui papel de destaque, uma vez que é determinante do potencial de produção de tecidos quando disponível em quantidade e qualidade, e dos processos de senescência e alongamento de colmos, este último particularmente em gramíneas tropicais, quando em suprimento limitado. O fato indica que produzir produto animal em quantidade e qualidade é uma tarefa complexa e necessita integração de conhecimentos relativos às respostas de plantas e animais a variações no meio onde se desenvolvem. Dessa forma, quando esses conhecimentos são aplicados para o planejamento e definição de estratégias de manejo do pastejo (Da Silva e Nascimento Jr., 2007), existe possibilidade de se obter um ambiente pastoril adequado, em que o tempo gasto pelos animais durante o processo de pastejo seja otimizado, por meio de elevadas taxas de ingestão de forragem associadas a padrões eficientes de busca e apreensão de alimento pelo animal em pastejo (Carvalho, 2005).

O conhecimento e compreensão das respostas das plantas forrageiras à desfolhação é essencial para se idealizar estratégias de manejo que propiciem maximização da produtividade de forragem com elevado valor nutritivo, além de permitir ajustes em seus padrões de crescimento relativamente às necessidades dos animais sem comprometer a persistência da pastagem (Rodrigues e Rodrigues, 1987). Dessa forma, a partir do controle das características estruturais do dossel forrageiro consegue-se determinar e estabelecer metas que propiciem manter um

balanço adequado entre altos valores de eficiência de utilização e desempenho animal (Baker, 1988). Portanto, estratégias de manejo do pastejo baseadas no controle e manipulação de características estruturais do dossel forrageiro oferecem informações objetivas e lógicas para comparações de uma grande quantidade de estudos envolvendo espécies animais, genótipos de plantas forrageiras e estratégias de adubação (Hodgson, 1985), resultando em um entendimento da ecologia do pastejo em escala global e estendendo-o para a utilização no planejamento e no manejo das pastagens (Illius e Hodgson, 1996).

A altura, dentre as características estruturais do dossel, é a que apresenta relação mais robusta com as respostas de plantas e animais quando comparada a outras como massa de forragem, massa de folhas e índice de área foliar (Hodgson, 1990). Isso se deve à maior relação com respostas de produção de forragem durante todo o ano e, em qualquer condição climática, resultar em grande impacto sobre o comportamento ingestivo dos animais (Hodgson e Maxwell, 1981). Adicionalmente, é a característica mais importante na determinação da habilidade competitiva das plantas pelo fator luz (Haynes, 1980), ficando evidente no fenômeno chamado de estiolamento, segundo o qual plantas em um ambiente luminoso altamente competitivo priorizam o crescimento vertical como forma de assegurar maior suprimento de luz em quantidade e qualidade para seu crescimento. Por essa razão tem sido a característica estrutural do dossel forrageiro preferencialmente relacionada com as respostas de plantas e animais em estudos de pastejo e utilizada para o desenvolvimento de alvos ou metas de manejo (Hodgson e Da Silva, 2002).

A manutenção e ou geração das metas de manejo é feita por meio de ferramentas que permitem controlar o processo de colheita da forragem pelos animais em pastejo, os métodos de pastejo (e.g. lotação contínua e lotação intermitente). As diferenças entre os métodos de pastejo são mais culturais do que reais (Parsons e Chapman, 2000) e, desde que o manejo do pastejo seja eficiente e assegure controle eficaz das metas de manejo, a escolha do método a ser empregado passa a ser uma questão de adequação ao sistema de produção, determinada principalmente pelo grau de flexibilidade exigido nas tomadas de decisão conforme o objetivo da atividade desenvolvida (Molan, 2004). Dessa forma, o método de pastejo imposto apresenta pouco impacto sobre a quantidade de forragem produzida (Hodgson, 1990). Contudo, torna-se fundamental o

conhecimento da existência de diferenças morfofisiológicas pontuais e marcantes em termos das respostas de plantas forrageiras aos métodos de desfolhação empregados (Parsons et al., 1988).

O manejo sob lotação contínua (com taxa de lotação variável) é caracterizado por oscilações discretas na condição e/ou estrutura do pasto ao longo da estação de crescimento, mesmo que variações em características estruturais sejam observadas. Nesse método, as taxas dos processos fisiológicos determinantes do acúmulo de forragem são menores e dificilmente apresentam variações marcantes em termos de equilíbrio, razão pela qual o acúmulo de forragem é feito de forma contínua ao longo do ano (Lupinacci, 2002). Em virtude da complexa interação entre os processos envolvendo o acúmulo de forragem e sua utilização em sistemas de lotação contínua, uma estratégia de manejo baseada na altura do dossel pode ser um meio capaz de relacionar adequadamente o crescimento corrente do pasto com sua utilização e, conseqüentemente, com a estrutura do dossel e as respostas em consumo e desempenho animal (Maxwell e Treacher, 1987). Nesse contexto, o controle do processo de pastejo seria definido com base em metas de altura do dossel específicas aos objetivos do sistema de produção buscado (Hodgson e Maxwell, 1981).

Por essa razão, as estratégias de manejo do pastejo devem explorar e utilizar esse recurso adaptativo das plantas de tal modo a estabelecer amplitudes ótimas de manejo para as espécies forrageiras de interesse. Assim, combinações variáveis de frequência e severidade de desfolhação resultam em alterações nos processos morfogênicos que, por sua vez, modificam as características estruturais do dossel, como o IAF, e todo o processo de utilização da energia luminosa, resultando em variações na produção de forragem e no desempenho animal. A altura do dossel pode ser um parâmetro para a definição de relações entre estrutura do dossel e a interceptação luminosa e seus efeitos sobre as taxas de acúmulo de forragem, permitindo determinar faixas de manejo do pastejo adequadas para as diferentes espécies forrageiras.

3 HIPÓTESE

Diferentes intensidades de pastejo interferem na relação parte aérea/raízes, sendo que maiores intensidades de pastejo resultam em menores valores de IAF que, conseqüentemente, interferem negativamente sobre a massa de raízes e nodulação, reduzindo o acúmulo de forragem e possivelmente a fixação biológica de nitrogênio de *Arachis pinto* cv. Belmonte.

4 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o índice de área foliar, o ângulo da folhagem, a interceptação luminosa, a massa de forragem e sua composição botânica e morfológica, a nodulação (número e massa), a massa de raízes e o acúmulo de forragem de *Arachis pinto* cv. Belmonte submetido a intensidades de pastejo sob lotação contínua.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Material

A espécie estudada pertence à família *Fabaceae* Lindl. (= *Leguminosae* ou *Papilionaceae*), subfamília *Faboideae* (= *Papilionoideae*), tribo *Aeschynomeneae* e à subtribo *Stylosanthinae* (Ramos et al., 2010). O *Arachis pinto* cv. Belmonte foi lançado em 1999 por ter se destacado em avaliações agronômicas e sob pastejo realizadas pela CEPLAC (Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira), (Pereira, 2001). É uma leguminosa tropical perene, com hábito de crescimento estolonífero rasteiro, folhas compostas por quatro folíolos dispostas de forma alternada ao longo dos estolões (Krapovickas e Gregory, 1994).

O experimento foi conduzido na Unidade Experimental de Plantas Forrageiras (UEPF), em área do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pertencente à Universidade de São Paulo, no município de Piracicaba, Estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas aproximadas são 22°43' de latitude Sul, 47°25' de longitude Oeste e 554 m de

altitude (Centro de pesquisas meteorológicas e climáticas aplicadas à agricultura, 2012). O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférrico, com horizonte A moderado e textura variando de argilosa a muito argilosa (EMBRAPA, 2006). Antes do estabelecimento da espécie forrageira foram realizadas amostragens de fertilidade do solo em todas as unidades experimentais (Tabela 1). Os resultados revelaram elevada fertilidade da área experimental, razão pela qual não foram realizadas práticas de calagem, adubação fosfatada e potássica para correção do solo antes do plantio.

Tabela 1 - Características químicas da camada 0-20 cm do solo na área experimental

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	T	V
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol C dm ⁻³							
										%
5,85	41,0	77,0	16,3	87,5	50,0	0,0	26,5	146,3	172,8	84,0

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, com precipitação média anual de 1328 mm. Os dados climáticos da área experimental foram coletados em estação meteorológica do Departamento de Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, localizada cerca de 500 m do local do experimento (Figuras 1 e 2). Para evitar déficits hídricos, foi instalado um sistema de irrigação por aspersão na área, acionado com base nos dados de precipitação, temperatura média e evapotranspiração. A precipitação era monitorada semanalmente, e sempre que houve chuva a precipitação era quantificada e o valor descontado no cálculo da irrigação, de modo a garantir que não ocorresse estresse hídrico, seja por falta ou excesso de água.

Figura 1 - Precipitação (mm) e temperaturas mínimas e máximas (°C) durante o período experimental para a região de Piracicaba, SP (fevereiro a novembro de 2013)

Figura 2 - Extrato de balanço hídrico (mm) para a região de Piracicaba, SP, de janeiro a novembro de 2013

O pastejo das unidades experimentais foi realizado por novilhas leiteiras do Departamento de Zootecnia da ESALQ com peso corporal médio de 200 kg. Estas foram utilizadas somente como agentes de desfolhação e de forma estratégica para manter as condições experimentais.

5.2 Métodos

O plantio do amendoim forrageiro foi realizado no dia 30 de novembro de 2011. As mudas de *Arachis pintoi* cv. Belmonte foram provenientes de doação da Estação Experimental de Zootecnia do Extremo Sul, da CEPLAC (Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira), localizada no município de Itabela, Bahia. A área experimental possui cerca de 4000 m². O solo foi preparado com grade aradora e sulcado no dia do plantio (sulcos espaçados de 40 cm e aproximadamente 7 cm de profundidade) utilizando implemento para cultivo mecânico de milho devidamente adaptado para o local. Em seguida, os estolões (aproximadamente 800 kg) foram distribuídos nos sulcos e enterrados, realizando-se leve compactação após a cobertura das mudas. Para favorecer o desenvolvimento inicial das mudas foi utilizada irrigação.

A área experimental era ocupada anteriormente por grama seda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), sendo utilizada como área reserva para outros experimentos próximos. Para promover seu controle e permitir que o plantio pudesse ser realizado, foi efetuada aplicação de herbicida não seletivo de ação sistêmica à base de *glyphosate* i.a. na dose de 6 litros ha⁻¹ cerca de 15 dias antes do plantio.

Após o plantio, as espécies infestantes que causaram os maiores problemas ao estabelecimento das condições experimentais foram: caruru (*Amaranthus deflexus* L.), quicuo da amazônia (*Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick cv. BRS Tupi), grama seda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers), margaridinha (*Sphagneticola trilobata* L.), tiririca (*Cyperus rotundus* L.) e trapoeraba (*Commelina communis* L.). O controle dessas espécies foi realizado por meio de arranquio manual, roçadas e uso de herbicida seletivo de ação sistêmica à base de *fluazifope-P-butílico* i.a. para as plantas pertencentes ao grupo das gramíneas.

Em virtude da elevada fertilidade do solo (Tabela 1), nenhum tipo de adubação de correção e de manutenção foi utilizado. Devido ao gradiente de declividade no terreno, o delineamento experimental adotado foi o de blocos

completos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos corresponderam a quatro intensidades de pastejo representadas pelas alturas 5, 10, 15 e 20 cm, mantidas constantes por meio de simulação de lotação contínua, consequência do tamanho reduzido das unidades experimentais (aproximadamente 200 m²). O *layout* da área experimental é apresentado na Figura 3 abaixo:

Figura 3 - *Layout* da área experimental, onde T5 = altura de 5 cm; T10= altura de 10 cm; T15= altura de 15 cm e T20= altura de 20 cm

A partir do sorteio e alocação dos tratamentos às unidades experimentais em meados de outubro de 2012, foi iniciado o monitoramento das condições de altura do dossel forrageiro. Os animais começaram a ser colocados nos piquetes a partir de novembro de 2012, sendo o momento de entrada definido quando a meta de altura planejada era atingida. Em janeiro de 2013 todas as parcelas encontravam-se com as alturas planejadas e sendo pastejadas. Foi realizada uma série de experimentos na mesma área, sendo que para este estudo o período de avaliações estendeu-se de 04 de fevereiro a 02 de dezembro de 2013.

A avaliação de altura dos pastos foi realizada durante todo o período experimental a intervalos de 3 e 4 dias (2 vezes por semana) utilizando-se bastão medidor graduado em centímetros (*sward stick* – Barthram, 1985). Os piquetes foram divididos em nove quadrantes (pontos de amostragem) tendo sido tomadas três leituras por ponto de amostragem, ou seja, 27 por piquete. O controle das condições experimentais (alturas de manejo) foi feito por meio de pastejos semanais utilizando número variável de animais por piquete e adotando-se uma amplitude máxima de variação de $\pm 10\%$.

As avaliações de composição botânica e morfológica da massa de forragem foram realizadas a partir de amostras colhidas utilizando-se armações metálicas de 0,33 m² (0,90 x 0,37 m). Foram colhidas duas amostras por unidade experimental em locais representativos da condição média dos piquetes no momento da amostragem (avaliação visual da altura e massa de forragem) em fevereiro, junho, agosto e outubro de 2013 de forma a representar o verão, o outono, o inverno e a primavera, respectivamente. A forragem foi cortada no nível do solo utilizando-se tesourão, e as amostras levadas para laboratório onde foram sub-amostradas. As sub-amostras foram divididas em duas, sendo uma delas fracionada manualmente nos componentes morfológicos material morto, invasoras, estolões, folíolos e pecíolos e a outra armazenada para determinações de fixação biológica de nitrogênio por meio de métodos isotópicos futuramente. Os componentes morfológicos foram acondicionados em sacos de papel devidamente identificados e levados à estufa de circulação forçada de ar para secagem a 65°C até massa constante. A partir dos valores de peso para cada componente foi calculada a composição botânica/morfológica da massa de forragem. A massa de forragem (kg ha⁻¹) foi estimada a partir da relação do peso total da amostra e da área conhecida da armação metálica com a respectiva matéria seca da sub-amostra. A relação folíolo/estolão foi calculada por meio da divisão do peso dos folíolos pelo peso dos estolões após o procedimento de secagem.

O índice de área foliar (IAF) dos pastos foi determinado utilizando-se as mesmas amostras das avaliações de composição botânica e morfológica. Após a separação dos componentes morfológicos, os folíolos foram passados em integrador de área foliar marca LI-COR modelo LAI-3100 antes de serem colocados para secar em estufa. A partir dos valores de massa seca de folíolos da sub-amostra e da leitura gerada de área foliar do aparelho, foi calculada a relação entre massa seca

de folíolos e área foliar. Essa relação foi utilizada para se determinar a área foliar da amostra da qual a sub-amostra havia sido retirada. Os valores de IAF foram calculados a partir do quociente entre a área foliar da amostra e a área correspondente de amostragem.

As amostras de raízes foram coletadas utilizando-se cilindro de aço de 15 cm de diâmetro, introduzido a uma profundidade aproximada de 20 cm da superfície do solo. Foram coletadas duas amostras por piquete em pontos representativos das unidades experimentais no momento da amostragem (avaliação visual da altura e massa de forragem) respeitando-se a mesma frequência de amostragem utilizada para as avaliações de massa de forragem, composição botânica/morfológica e IAF. As amostras resultantes foram imediatamente levadas para laboratório e padronizadas para uma profundidade de 10 cm, retirando-se o excesso de terra e raízes. Em seguida, as amostras foram destorroadas manualmente para separação das raízes e, ao final, lavadas em água corrente pressurizada sobre peneiras (malha de 300 mm) para retirada de solo ainda remanescente na amostra. Após lavagem e separação das raízes, foi realizado procedimento de separação manual dos nódulos, sendo contabilizado o número total por amostra.

As avaliações de interceptação luminosa e ângulo da folhagem do dossel foram realizadas com aparelho analisador de dossel marca LI-COR modelo LAI 2000 (LI-COR, 1992). As medições foram tomadas a cada 28 dias, sempre ao entardecer ou em condição de céu nublado, em seis pontos representativos da condição média de cada unidade experimental no momento da amostragem (avaliação visual da altura e massa de forragem). Em cada estação foi tomada uma leitura acima e cinco abaixo (no nível do solo) do dossel forrageiro, totalizando seis leituras acima e 30 no nível do solo.

Em função do tamanho reduzido das unidades experimentais, as avaliações de acúmulo de forragem foram realizadas utilizando-se o método de dupla amostragem (Da Silva e Cunha, 2003). O procedimento para a geração dos pares de dados altura x massa de forragem foi realizado em conjunto com as avaliações de massa de forragem, composição botânica/morfológica e IAF dos pastos conforme descrito anteriormente. Nessas amostras, antes do corte, foram realizadas tomadas leituras de altura para fins de geração das curvas de calibração entre altura do pasto e massa de forragem para cada época do ano (verão, outono,

inverno e primavera). Foram tomadas 10 leituras de altura por armação ou ponto de amostragem e o valor médio utilizado para pareamento com a massa de forragem correspondente. Os dados de altura e massa de forragem assim colhidos foram utilizados para gerar as curvas de calibração utilizadas para realizar as estimativas de acúmulo de forragem na área experimental.

As avaliações de taxa de acúmulo de forragem foram realizadas utilizando-se gaiolas de exclusão de aproximadamente 1,0 m² (1,40 m x 0,70 m), uma por piquete. Estas foram ancoradas em pontos representativos da condição média dos piquetes no momento da amostragem. Antes do posicionamento das gaiolas foram tomadas 10 leituras de altura e, após 28 dias de crescimento protegido, outras 10 leituras foram tomadas e as gaiolas realocadas em novos pontos representativos da condição média dos piquetes. Esse procedimento foi repetido durante todo o período experimental. Os dados de altura pré e pós-posicionamento das gaiolas foram utilizados para estimar os valores de massa de forragem por meio das equações de calibração (Tabela 2) que serviram de base para o cálculo do acúmulo de forragem. O valor resultante, dividido pelos 28 dias de intervalo entre avaliações, correspondeu à taxa de acúmulo de forragem.

Tabela 2 - Equações de calibração entre altura do dossel forrageiro (cm) e massa de forragem (kg ha⁻¹ de matéria seca)

Época	Equação	r ²
Verão	MF= 2535+709*altura	0,84
Outono	MF= 476+847*altura	0,76
Inverno	MF=857+688*altura	0,95
Primavera	MF=1827+500*altura	0,76

r²= coeficiente de determinação

6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados foram agrupados de acordo com as épocas do ano (verão, outono, inverno e primavera) e submetidos à análise de variância utilizando-se o PROC MIXED do pacote estatístico SAS[®] (Statistical Analysis System). A escolha da matriz de variância e covariância foi realizada utilizando-se o Critério de Informação de Akaike (Wolfinger, 1993). As médias dos tratamentos foram estimadas utilizando-se o “LSMEANS” e a comparação entre elas realizada por meio do teste “t” de “Student” e uma probabilidade de 5%. As relações lineares entre altura do dossel e massa de forragem (curvas de calibração) foram geradas utilizando-se o software Microsoft Excel 2010[®].

Os dados de interceptação luminosa não apresentaram distribuição normal dos erros nem foi possível encontrar uma escala em que a transformação dos dados solucionasse o problema. Por essa razão, serão apresentados utilizando-se estatística descritiva apenas (média e erro padrão da média para tratamentos dentro de época do ano). O mesmo procedimento será utilizado para os dados de altura dos pastos, em função de terem sido variáveis controle do experimento.

7 RESULTADOS

7.1 Altura

Os pastos começaram a ser manejados a partir de outubro de 2012, sendo que até dezembro do mesmo ano foram considerados como em fase de adaptação aos tratamentos experimentais impostos. Durante o decorrer do experimento as alturas efetivas dos pastos manejados a 5 e 10 cm foram muito próximas das metas planejadas. Contudo, nos pastos manejados a 15 e 20 cm as alturas efetivas realizadas foram menores que as metas planejadas durante o outono e o inverno (Figura 4).

Figura 4 - Alturas efetivas de manejo (cm) de *Arachis pinto* cv. Belmonte mantido a 5, 10, 15 e 20 cm de altura por meio de lotação contínua de outubro de 2012 a dezembro de 2013

7.2 Índice de área foliar (IAF)

O índice de área foliar (IAF) variou com a altura do dossel ($P < 0,0001$), com a época do ano ($P < 0,0001$) e com a interação altura do dossel x época do ano ($P < 0,0001$). Durante o verão e a primavera, os valores de IAF aumentaram com a altura dos pastos. Durante o outono não houve diferença entre os tratamentos e durante o inverno maiores valores foram registrados nos pastos manejados a 5 cm relativamente àqueles manejados a 15 e 20 cm. Ao longo do experimento, os valores de IAF diminuíram do verão até o inverno, voltando a aumentar durante a primavera (Tabela 3).

Tabela 3 - Índice de área foliar de *Arachis pinto* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013

Época	Altura de manejo (cm)				Média
	5	10	15	20	
Verão	4,03 Ab	4,05 Ab	5,05 Ab	6,94 Aa	5,02 A
	(0,417)	(0,417)	(0,417)	(0,417)	(0,226)
Outono	3,26 Aba	3,56 Aa	3,42 Ba	3,63 Ba	3,47 B
	(0,417)	(0,417)	(0,417)	(0,417)	(0,226)
Inverno	2,66 Ba	1,99 Bab	1,48 Cb	1,62 Cab	1,94 C
	(0,417)	(0,417)	(0,417)	(0,417)	(0,234)
Primavera	3,84 Ab	4,48 Ab	4,12 ABb	7,85 Aa	5,07 A
	(0,417)	(0,417)	(0,417)	(0,417)	(0,234)
Média	3,42 b	3,52 b	3,52 b	5,00 a	
	(0,226)	(0,226)	(0,226)	(0,226)	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si ($P > 0,05$). Valores entre parênteses indicam erro padrão da média.

7.3 Ângulo da folhagem

O ângulo da folhagem variou com a altura do dossel ($P= 0,0005$), com a época do ano ($P= 0,0377$) e com a interação altura do dossel x época do ano ($P= 0,0044$). Durante o verão e o outono não houve diferença entre tratamentos. Contudo, durante o inverno e a primavera menores valores foram registrados nos pastos manejados a 5 cm relativamente aos demais, sendo que na primavera houve tendência de aumento do ângulo com a altura dos pastos (Tabela 4).

Tabela 4 - Ângulo da folhagem de *Arachis pinto* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013

Época	Altura de manejo (cm)				Média
	5	10	15	20	
Verão	38,2 Aa (2,32)	40,0 Aa (2,32)	35,0 Aa (2,32)	37,2 Aa (2,32)	37,6 A (1,17)
Outono	34,5 Aa (2,26)	35,2 Aa (2,26)	40,0 Aa (2,26)	38,7 Aa (2,26)	37,1 A (1,14)
Inverno	26,5 Bb (1,88)	35,0 Aa (1,88)	36,5 Aa (1,88)	38,7 Aa (1,88)	34,2 B (0,95)
Primavera	28,5 Bc (0,78)	35,0 Ab (0,78)	39,0 Aa (0,78)	39,2 Aa (0,78)	35,4 AB (0,42)
Média	31,9 b (1,11)	36,3 a (1,11)	37,6 a (1,11)	38,5 a (1,11)	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si ($P>0,05$). Valores entre parênteses indicam erro padrão da média.

7.4 Interceptação luminosa

A interceptação luminosa (Tabela 5) apresentou maiores variações em função da altura do dossel relativamente àquelas em função da época do ano. Em geral, pastos manejados a 15 e 20 cm apresentaram maiores valores de interceptação luminosa que aqueles manejados a 5 e 10 cm, com valores mais baixos registrados para a menor altura de manejo. Dentre as épocas do ano, os valores foram relativamente estáveis para verão, outono e primavera, sendo ligeiramente maiores para o inverno.

Tabela 5 - Interceptação luminosa de *Arachis pintoi* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013

Época	Altura de manejo (cm)				Média
	5	10	15	20	
Verão	60,32	86,4	98,9	99,6	86,3
	(3,32)	(3,32)	(3,32)	(3,32)	(1,66)
Outono	58,6	88,30	97,9	99,8	86,1
	(5,42)	(5,42)	(5,42)	(5,42)	(2,71)
Inverno	68,5	94,20	99,1	99,2	90,2
	(3,21)	(3,21)	(3,21)	(3,21)	(1,60)
Primavera	64,3	89,7	99,8	99,7	88,4
	(2,74)	(2,74)	(2,74)	(2,74)	(1,37)
Média	62,9	89,7	98,9	99,6	
	(1,54)	(1,54)	(1,54)	(1,54)	

Valores entre parênteses indicam erro padrão da média.

7.5 Massa de forragem

A massa de forragem dos pastos variou com a altura do dossel ($P < 0,0001$), com a época do ano ($P = 0,0070$) e com a interação altura do dossel x época do ano ($P = 0,0447$) (Tabela 6). De maneira geral, maiores valores de massa de forragem foram registrados nos pastos manejados a 15 e 20 cm durante todas as épocas do ano, variando apenas a magnitude das diferenças. Em relação às épocas do ano, menores valores foram registrados durante o inverno e a primavera e maiores valores durante o verão e o outono.

Tabela 6 - Massa de forragem (kg ha⁻¹) de *Arachis pintoi* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013

Época	Altura de manejo (cm)				Média
	5	10	15	20	
Verão	5680 Ad (804)	8560 Ac (804)	11190 Ab (804)	13460 Ba (804)	9720 AB (439)
Outono	4540 Ad (804)	7340 Ac (804)	12550 Ab (804)	16130 Aa (804)	10140 A (439)
Inverno	4320 Ac (804)	7980 Ab (804)	9560 BCb (804)	13410 Ba (804)	8820 BC (439)
Primavera	4910 Ac (804)	7760 Ab (804)	8600 Cb (804)	11980 Ba (804)	8310 C (439)
Média	4860 D (439)	7910 C (439)	10480 B (439)	13740 A (439)	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si (P>0,05). Valores entre parênteses indicam erro padrão da média.

7.6 Composição morfológica e botânica da massa de forragem

7.6.1 Porcentagem de folíolos

A porcentagem de folíolos variou com a altura do dossel (P<0,0001), com a época do ano (P=0,0001) e com a interação altura do dossel x época do ano (P<0,0001) (Tabela 7). De forma geral, maiores valores foram registrados nos pastos manejados a 5 cm relativamente àqueles manejados nas demais alturas, exceto durante a primavera, época em que não houve diferença entre os tratamentos. Houve redução da porcentagem de folíolos na massa de forragem do verão até o inverno, época em que foram registrados os menores valores, voltando a aumentar durante a primavera, época em que foram registrados os maiores valores para o experimento.

Tabela 7 - Porcentagem de folíolos na massa de forragem de *Arachis pinto* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013

Época	Altura de manejo (cm)				Média
	5	10	15	20	
Verão	26,8 Ba	18,1 Bb	16,8 Bb	18,4 Ab	20,0 B
	(1,82)	(1,82)	(1,82)	(1,82)	(1,10)
Outono	37,0 Aa	23,5 Ab	12,9 BCc	10,8 Bc	21,1 B
	(1,54)	(1,54)	(1,54)	(1,54)	(0,99)
Inverno	31,7 ABa	15,0 Bb	6,9 Cb	8,7 Bb	15,6 C
	(3,22)	(3,22)	(3,22)	(3,22)	(1,72)
Primavera	34,7 ABa	24,2 ABa	26,4 Aa	25,1 Aa	27,6 A
	(4,28)	(4,28)	(4,28)	(4,28)	(2,23)
Média	32,6 a	20,2 b	15,7 b	15,8 b	
	(1,85)	(1,85)	(1,85)	(1,85)	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si ($P>0,05$). Valores entre parênteses indicam erro padrão da média.

7.6.2 Porcentagem de pecíolos

A porcentagem de pecíolos variou com a altura do dossel ($P<0,0001$), com a época do ano ($P<0,0001$) e com a interação altura do dossel x época do ano ($P<0,0001$) (Tabela 8). De forma geral, maiores valores foram registrados nos pastos manejados a 5 cm relativamente àqueles manejados nas demais alturas, exceto durante a primavera, época em que não houve diferença entre os tratamentos. Ao longo do período experimental maiores valores foram registrados durante a primavera e menores durante o verão e o inverno, com valores intermediários durante o outono.

Tabela 8 - Porcentagem de pecíolos na massa de forragem de *Arachis pintoi* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013

Época	Altura de manejo (cm)				Média
	5	10	15	20	
Verão	5,4 Ba (0,40)	4,1 BCb (0,40)	3,7 Bb (0,40)	3,4 Bb (0,40)	4,1 C (0,20)
Outono	8,6 Aa (0,25)	5,6 Ab (0,25)	3,4 BCc (0,25)	2,7 Bc (0,25)	5,1 B (0,12)
Inverno	8,0 Aa (0,85)	3,6 Cb (0,85)	1,9 Cb (0,85)	2,4 Bb (0,85)	4,0 C (0,43)
Primavera	8,1 Aa (1,15)	6,0 Aba (1,15)	6,3 Aa (1,15)	6,5 Aa (1,15)	6,7 A (0,57)
Média	7,5 a (0,50)	4,8 b (0,50)	3,8 b (0,50)	3,7 b (0,50)	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si ($P>0,05$). Valores entre parênteses indicam erro padrão da média.

7.6.3 Porcentagem de estolões e de material morto

A porcentagem de estolões e de material morto variou somente com a época do ano ($P<0,0001$ para ambas as variáveis). A porcentagem de estolões diminuiu do verão até o inverno, aumentando novamente durante a primavera. A porcentagem de material morto aumentou do verão até o inverno, diminuindo durante a primavera (Tabela 9).

Tabela 9 - Porcentagem de estolões e de material morto na massa de forragem de *Arachis pintoi* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013

Época	Estolões		Material morto	
	Média	EPM	Média	EPM
Verão	57,3 A	2,44	5,1 D	0,93
Outono	44,4 B	2,44	12,6 B	0,95
Inverno	28,4 D	2,44	18,7 A	2,21
Primavera	36,2 C	2,44	8,5 C	0,97

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ($P>0,05$). EPM= erro padrão da média.

7.6.4 Porcentagem de plantas invasoras

A porcentagem de plantas invasoras variou com a altura do dossel ($P=0,0013$), com a época do ano ($P<0,0001$) e com a interação altura do dossel x época do ano ($P=0,0177$). De forma geral, menores valores foram registrados nos pastos manejados a 5 cm, aumentando nas demais alturas de manejo, exceto durante o verão, época em que esse padrão de variação não foi observado e maiores valores foram registrados nos pastos manejados a 10 cm. Ao longo de todo o período experimental maiores valores foram registrados durante o inverno, seguidos daqueles de primavera, outono e verão (Tabela 10).

Tabela 10 - Porcentagem de plantas invasoras na massa de forragem de *Arachis pinto* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013

Época	Altura de manejo (cm)				Média
	5	10	15	20	
Verão	7,4 Ab (3,38)	20,0 BCa (3,38)	16,2 Bab (3,38)	9,8 Cb (3,38)	13,4 C (2,63)
Outono	3,8 Ab (5,44)	14,3 Cab (5,44)	25,6 Ba (5,44)	20,8 BCa (5,44)	16,1 BC (3,26)
Inverno	8,9 Ab (6,29)	41,0 Aa (6,29)	47,0 Aa (6,29)	36,2 Aa (6,29)	33,3 A (3,62)
Primavera	6,1 Ab (6,33)	27,8 Ba (6,33)	16,2 Ba (6,33)	22,2 Bab (6,33)	20,1 B (3,63)
Média	6,6 b (4,44)	25,8 a (4,44)	28,4 a (4,44)	22,2 a (4,44)	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si ($P>0,05$). Valores entre parênteses indicam erro padrão da média.

7.6.5 Relação folíolo/estolão

A relação folíolo/estolão variou com a altura do dossel ($P<0,0001$), com a época do ano ($P<0,0001$) e com a interação altura do dossel x época do ano ($P<0,0001$). De forma geral, maiores valores foram registrados nos pastos manejados a 5 cm, diminuindo nas demais alturas de manejo, exceto durante a primavera, época em que não houve diferença entre tratamentos. Ao longo do experimento os valores foram aumentando do verão até a primavera (Tabela 11).

Tabela 11 - Relação folíolo/estolão na massa de forragem de *Arachis pintoi* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013

Época	Altura de manejo (cm)				Média
	5	10	15	20	
Verão	0,50 Ca	0,33 Bb	0,29 Bb	0,30 Bb	0,36 C
	(0,033)	(0,033)	(0,033)	(0,033)	(0,027)
Outono	1,01 Aba	0,58 Ab	0,32 Bc	0,22 Bc	0,53 B
	(0,064)	(0,064)	(0,064)	(0,064)	(0,039)
Inverno	1,16 Aa	0,71 Ab	0,25 Bc	0,23 Bc	0,59 B
	(0,103)	(0,103)	(0,103)	(0,103)	(0,056)
Primavera	0,84 Ba	0,77 Aa	0,92 Aa	0,68 Aa	0,80 A
	(0,114)	(0,114)	(0,114)	(0,114)	(0,061)
Média	0,88 a	0,60 b	0,45 c	0,36 c	
	(0,048)	(0,048)	(0,048)	(0,048)	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si ($P>0,05$). Valores entre parênteses indicam erro padrão da média.

7.7 Número de nódulos radiculares

O número de nódulos por amostra variou com a altura dossel ($P=0,0163$) e com a época do ano ($P= 0,0165$) apenas. Maiores valores foram registrados nos pastos manejados a 5 cm, com valores diminuindo para as demais alturas de manejo. Em relação às épocas do ano, não houve diferença entre o verão, o outono e a primavera, épocas em que os valores registrados foram maiores que aqueles registrados durante o inverno (Tabela 12).

Tabela 12 - Número de nódulos por amostra de *Arachis pintoi* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013

Altura do dossel (cm) / Época do ano	Número de nódulos	
	Média	EPM
5	681 A	56,8
10	634 AB	56,8
15	459 C	56,8
20	479 BC	56,8
Verão	632 A	56,8
Outono	546 AB	56,8
Inverno	414 B	56,8
Primavera	661 A	56,8

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ($P>0,05$). EPM= erro padrão da média.

7.8 Massa de nódulos e de raízes

A massa de nódulos e de raízes por amostra (mg) variaram com a altura do dossel ($P=0,0098$ e $P=0,0453$) e com a época do ano ($P<0,0001$ e $P<0,0001$, respectivamente) apenas. De forma geral, a massa tanto de nódulos como de raízes foi maior nos pastos manejados a 5 e 10 cm, diminuindo nos pastos manejados a 15 e 20 cm. Em relação às épocas do ano, os valores de massa de nódulos e de raízes aumentaram do verão até a primavera (Tabela 13).

Tabela 13 - Massa de nódulos e de raízes (mg) de *Arachis pinto* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013

Altura de manejo (cm) / Época do ano	Massa de nódulos		Massa de raízes	
	Média	EPM	Média	EPM
5	231 AB	24,6	9800 AB	911
10	256 A	24,6	10430 A	911
15	154 C	24,6	7610 B	911
20	161 BC	24,6	8100 B	911
Verão	208 B	24,6	5390 C	911
Outono	92 C	24,6	7650 B	911
Inverno	178 B	24,6	10460 A	911
Primavera	325 A	24,6	12450 A	911

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ($P>0,05$). EPM= erro padrão da média.

7.9 Peso médio dos nódulos

O peso médio dos nódulos (mg) variou somente em função da época do ano ($P<0,0001$), com maiores valores registrados durante o inverno e a primavera, menores durante o outono e intermediários durante o verão (Tabela 14).

Tabela 14 - Peso médio dos nódulos (mg) de *Arachis pintoi* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013

Época	Peso médio de nódulo	
	Média	Erro padrão da média
Verão	0,32 B	0,0300
Outono	0,17 C	0,0360
Inverno	0,45 A	0,0340
Primavera	0,50 A	0,0271

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ($P>0,05$).

7.10 Taxa de acúmulo de forragem

A taxa de acúmulo de forragem variou com a altura do dossel ($P=0,0302$), com a época do ano ($P<0,0001$) e com a interação altura do dossel x época do ano ($P=0,0036$). Durante o verão, maiores valores foram registrados nos pastos manejados a 15 e 20 cm relativamente àqueles manejados a 5 e 10 cm. Durante o outono não houve diferença entre os tratamentos. Durante o inverno, maiores valores foram registrados nos pastos manejados a 10 cm relativamente às demais alturas de manejo, e na primavera as diferenças desapareceram. De forma geral, maiores valores foram registrados durante o verão e a primavera, menores durante o outono e intermediários durante o inverno (Tabela 15).

Tabela 15 - Taxa de acúmulo de forragem ($\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) de *Arachis pintoi* cv. Belmonte manejado a quatro alturas de pastejo sob lotação contínua de fevereiro a dezembro de 2013

Época	Altura de manejo (cm)				Média
	5	10	15	20	
Verão	87,0 Ab (21,97)	47,1 ABb (30,53)	153,2 Aa (21,97)	124,4 Aab (25,15)	102,9 A (12,57)
Outono	28,5 Ba (7,87)	11,9 Ba (7,87)	30,3 Ba (7,87)	15,1 Ca (7,89)	21,4 C (3,93)
Inverno	37,2 Bb (7,16)	74,0 Aa (7,16)	8,2 Bb (7,16)	51,3 Bb (7,16)	49,6 B (3,72)
Primavera	87,0 Aa (22,33)	104,5 Aa (22,33)	109,8 Aa (22,33)	144,9 Aa (22,33)	111,6 A (11,16)
Média	60,0 b (6,88)	59,4 b (8,69)	82,3 a (6,96)	83,9 a (7,53)	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si ($P>0,05$). Valores entre parênteses indicam erro padrão da média

8 DISCUSSÃO

A planta forrageira em ecossistema de pastagem apresenta alterações em sua forma e função, interagindo com a comunidade de plantas como forma de minimizar as adversidades provocadas pelo animal em pastejo e assegurar sua persistência na área. Essas mudanças determinam a resistência das plantas ao pastejo (Briske, 1996), e são função da intensidade do regime de desfolhação a que são submetidas. Em função disso optou-se por definir os tratamentos experimentais na forma de alturas de pastejo (5, 10, 15 e 20 cm), as quais representaram um gradiente de intensidade de pastejo correspondente aos níveis severo, moderado, leniente e muito leniente. Em um primeiro momento planejou-se uma variação máxima de 10% para a altura média dos tratamentos, mas as alturas planejadas para os tratamentos oscilaram durante o ano em virtude das práticas de ajuste em taxa de lotação empegadas e de variações nas condições climáticas. Apesar de os tratamentos não terem apresentado as alturas de dossel exatamente como planejadas durante todo o período experimental (Figura 4), particularmente aqueles cujas metas eram 15 e 20 cm, o fato não comprometeu o contraste pretendido de intensidades de pastejo entre os tratamentos, ponto central para testar a hipótese postulada neste trabalho.

Em pastagens, a biomassa vegetal localizada acima da superfície do solo em uma determinada área e tempo é denominada massa de forragem (Allen et al., 2011). Ao longo do experimento, os pastos apresentaram alterações em massa de forragem em virtude da altura de manejo adotada e também da época do ano. Os valores de massa de forragem variaram de 4320 a 16130 kg ha⁻¹ (Tabela 6) para os pastos manejados a 5 cm durante o inverno e a 20 cm durante o outono, respectivamente. Esses valores são bem superiores àqueles relatados por Valentim et al. (2003) para *Arachis pinto* cv. Belmonte (2373 kg ha⁻¹ e altura média de 6,2 cm); Machado et al. (2005) para amendoim forrageiro cv. Alqueire-1 (4500 kg ha⁻¹ com cortes realizados a cada 45 dias); Menezes et al. (2012) para um conjunto de cultivares de *Arachis pinto* e *Arachis repens* (2672 kg ha⁻¹ e altura média de 6,14 cm); e Teixeira et al. (2010) para *Arachis pinto* (5500 kg ha⁻¹ e altura média de 7,4 cm). De forma geral, os trabalhos citados não apresentaram resultados em relação às estações do ano ou mesmo alterações no ambiente como, por exemplo, o

pastejo, dificultando a compreensão das modificações nos valores de massa de forragem encontrados.

Dessa forma, fazendo uma analogia com o grupo das gramíneas, as variações assim como os elevados valores de massa de forragem mensurados (Tabela 6) podem ter sido consequência do hábito de crescimento prostrado e compacto da planta e do método de pastejo empregado, uma vez que a utilização de lotação contínua resulta em maiores densidades populacionais de plantas e densidade volumétrica da massa de forragem do dossel (Hodgson, 1990; Sbrissia, 2004). Por se tratar de uma leguminosa estolonífera, os incrementos em população de plantas se dariam por meio de aumento da densidade de pontos de crescimento, de enraizamento e de estolões. De fato, ao longo do experimento foram registradas variações nas porcentagens de estolão e de material morto (Tabela 9) na massa de forragem, com maiores valores de estolões e menores de material morto registrados na época de maior crescimento das plantas, o verão. De forma geral, ao longo de todo o período experimental, os estolões foram os componentes morfológicos que participaram em maior porcentagem da massa de forragem dos pastos comparativamente a folhas (folíolos e pecíolos) e material morto (valores variando de 28,4 a 57,3%). O fato é sugestivo e indicativo da importância dos estolões como órgãos de crescimento dessas plantas. Esse componente morfológico está relacionado com três características importantes em plantas forrageiras: (1) persistência, função de seu crescimento horizontal assegurando proteção contra a decapitação de meristemas apicais (Jones, 1993); (2) estrutura e arranjo espacial, uma vez que possui pontos de crescimento e de enraizamento abundantes, favorecendo a colonização horizontal da área (Fisher e Cruz, 1994); e (3) reservas orgânicas, fonte de energia para assegurar crescimento e restauração de área foliar sob condições adversas de crescimento (Boller e Nösberger, 1983). Os resultados corroboram aqueles de Sinclair et al. (2007) que, avaliando o crescimento de *Arachis pinto* cv. Amarillo submetido a três intervalos de desfolhação e dois regimes de temperatura (adaptados para plantas com ciclo fotossintético C_3 e C_4), relataram maior massa de forragem e dos componentes morfológicos, particularmente de estolões, quando foi utilizada temperatura mais adequada ao ciclo fotossintético da espécie em estudo (C_3).

A porcentagem de material morto (Tabela 9) apresentou incrementos em valores durante o outono atingindo valor máximo no inverno. Em contrapartida,

nessa época do ano foi quando os valores de porcentagem de folíolos (Tabela 7), de pecíolos (Tabela 8) e de estolões (Tabela 9) foram menores. Provavelmente esse padrão de comportamento faça parte do processo de adaptação da planta a condições desfavoráveis ao seu crescimento e desenvolvimento, segundo o qual aumentam as taxas de senescência e morte de tecidos sob condições de baixa disponibilidade de fatores de crescimento, ficando os estolões em segundo plano relativamente a outras prioridades da planta durante esse período como, por exemplo, persistência e perpetuação da espécie.

Em produção vegetal, particularmente de plantas forrageiras, os principais órgãos de interesse são as folhas, responsáveis pela interceptação da luz incidente e realização da fotossíntese, além da influência direta que exercem sobre as respostas dos animais. Em *Arachis pintoi* a folha é composta por um conjunto completo de quatro folíolos, razão pela qual é classificada como composta. Com exceção da primavera, a porcentagem de folíolos foi superior nos pastos manejados a 5 cm relativamente às demais alturas de manejo (Tabela 7). Esse padrão de resposta pode ser consequência de que em pastos mantidos baixo, o IAF é menor (Tabela 3) e a competição por luz não é tão intensa (Tabela 5) relativamente a pastos mantidos alto. Como resultado, em condições de pastos baixos as plantas priorizam a produção do componente morfológico essencial para a captação de luz e realização de fotossíntese, uma vez que não precisa fazer folhas grandes nem elevadas em relação às demais como forma de competir por luz. Normalmente a população de plantas é alta e a área do pasto ocupada de forma uniforme, havendo pequena necessidade de alongamento de estolões como forma de encontrar novos nichos de luz. Isso faz com que no verão, época de pleno crescimento vegetal, a população de plantas seja a mais alta, assim como a porcentagem de folhas (folíolos e pecíolos) e de estolões (Tabelas 7, 8 e 9). À medida que as condições climáticas começam a se tornar restritivas a partir do outono, particularmente comprimento do dia e temperatura neste experimento em função do uso da irrigação, ocorre um processo de morte dependente de densidade populacional e aumenta a porcentagem de material morto (Tabela 9) e de invasoras nos pastos (Tabela 10), reflexos da intensificação dos processos de competição intra e interespecífica. Dessa forma, quando condições favoráveis começam a ser restabelecidas novamente na primavera, a população de plantas é baixa e permite sua multiplicação, que se inicia prioritariamente pela produção de novos estolões e

folhas (Tabelas 7, 8 e 9), resultando em aumento desses componentes morfológicos na massa de forragem dos pastos com diminuição correspondente em material morto (Tabela 9) e plantas invasoras (Tabela 10).

De acordo com Humphreys (1991), a expansão foliar é um dos processos fisiológicos mais sensíveis às condições ambientais, principalmente o déficit hídrico, sendo, juntamente com o alongamento de raízes, os primeiros a serem comprometidos ou interrompidos relativamente aos processos de fotossíntese e de divisão celular. Esse autor salientou ainda que a temperatura também tem papel determinante na expansão foliar, sendo o principal componente limitante ao potencial de formação de área foliar. Por esse motivo, já no outono assim como no inverno, notou-se redução na porcentagem de folíolos e pecíolos nos pastos (Tabelas 7 e 8) e, conseqüentemente, do IAF (Tabela 3), além de aumento na proporção de material morto (Tabela 9) e de plantas invasoras (Tabela 10). Além disso, em plantas que apresentam capacidade de aproveitar o nitrogênio atmosférico, como o *Arachis pinto*i, a temperatura apresenta efeito sobre a regulação do processo de fixação de N₂ (Reed et al., 2011), sendo que mudanças em temperatura podem restringir a atividade da nitrogenase (Houlton et al., 2008). Espécies vegetais e rizobianas apresentam diferentes respostas à temperatura (Purwantari et al., 1995), razão pela qual alterações ambientais interferem com a fixação biológica de nitrogênio e, conseqüentemente, modificam os padrões de crescimento e desenvolvimento das espécies simbiotes.

A relação folíolo/estolão (Tabela 11) variou de forma análoga a folíolos, pecíolos e estolões, uma vez que os decréscimos na porcentagem de estolões (Tabela 6) ocorreram de forma concomitante aos decréscimos na porcentagem de folíolos e pecíolos (Tabelas 7 e 8) ao longo do período experimental. Da mesma forma, os maiores valores da relação folíolo/estolão foram registrados nos pastos manejados a 5 cm. Os valores da relação folíolo/estolão registrados neste experimento foram relativamente baixos quando comparados ao valor de 1,4 relatado por Sales et al. (2012) para a mesma espécie; 1,6 relatado por Sinclair et al. (2007) para *Arachis pinto*i cv. Amarillo e 1,2 relatado por Teixeira et al. (2010) também para *Arachis pinto*i cv. Amarillo. Esses valores mensurados pelos diferentes autores podem estar relacionados com características intrínsecas dos seus respectivos experimentos, dentre elas a ausência de pastejo, corte segundo intervalos fixos, crescimento livre, adubação nitrogenada etc., condições em que as

plantas podem priorizar a produção e acúmulo de determinados componentes morfológicos em detrimento de outros.

Diferentemente das gramíneas, as plantas vasculares dispõem de um componente que faz a união do limbo ou lâmina foliar com o estolão, o pecíolo. Além disso, esse componente morfológico é um importante instrumento na adaptação da planta a ambientes de elevada competição por luz por meio da regulação de seu tamanho, possibilitando o posicionamento de folhas em estratos superiores do dossel forrageiro mais próximos da luz incidente (Fisher e Cruz, 1994). Devido à sua ligação direta com a folha, a porcentagem de pecíolos (Tabela 8) apresentou comportamento semelhante à porcentagem de folíolos (Tabela 7), com maiores valores registrados nos pastos manejados a 5 cm. Em relação à época do ano, maiores valores foram registrados na primavera, época em que não houve diferença entre tratamentos.

Em pastagens as plantas invasoras podem gerar grandes impactos sobre a produção de forragem e produtividade animal. De acordo com Barcellos et al. (2008), uma das maiores limitações da utilização de leguminosas forrageiras sob pastejo é o estabelecimento lento, fato que contribui para a coexistência de plantas indesejadas. Os pastos manejados a 5 cm apresentaram menor porcentagem de plantas invasoras (Tabela 10) que as demais alturas de manejo durante todo o período experimental. Provavelmente o fato é resultado da maior pressão de pastejo sob aquelas condições de manejo, situação em que além de consumir o *Arachis pinto*i os animais também ingeriam material de espécies invasoras. Hartley et al. (1978), estudando o controle de cevada em pastagem de gramínea, consideraram que o método de pastejo de lotação continua apresentou maior eficiência do que o de lotação intermitente com taxas de lotação moderadas, atribuindo essa resposta à maior frequência com que as plantas invasoras eram consumidas pelos animais. O pastejo pode ser uma prática efetiva no controle de plantas invasoras em ecossistemas de pastagem, apresentando como principais benefícios menos efeito sobre a espécie de interesse, menor efeito residual, menores custos diretos e controle mais sustentável. Vale ressaltar, contudo, que o manejo para controlar plantas invasoras deve ser realizado em conjunto com outras estratégias de controle, sendo que em situações de alta infestação pode ser pouco eficiente além de afetar o desempenho animal (Popay e Field, 1996).

Pastos manejados a 15 e 20 cm apresentaram maiores valores de índice de área foliar (IAF) (Tabela 3) exceto durante o inverno, época em que maiores valores foram registrados naqueles manejados a 5 cm. Durante o inverno, os dias são mais curtos, com menor disponibilidade de luz em relação às épocas anteriores. Nessa condição a competição por luz aumenta do verão para o inverno para cada uma das alturas de manejo, particularmente nos pastos manejados mais altos, fato esse corroborado pelos resultados de interceptação luminosa (Tabela 5). Nessa época do ano os pastos modificaram o seu ângulo da folhagem (Tabela 4) como forma de adaptar-se à condição imposta pelo ambiente, passando a apresentar folhas dispostas de forma mais horizontal como forma de utilizar de forma mais eficiente a luz incidente (Warren Wilson, 1961). Em contrapartida, no verão e outono, épocas de maior disponibilidade de luz relativamente ao inverno, os pastos apresentaram crescimento vegetativo vigoroso como forma de colonizar horizontalmente a pastagem por meio de investimento em aparato fotossintético, folíolos (Tabela 7), e estolões (Tabela 9). A prática do pastejo leva a adaptações e respostas da planta ao decorrer do tempo, razão pela qual pastos manejados a 5 cm demonstraram o efeito de médio/longo prazo de resposta ao pastejo, ou seja, alteração de forma caracterizada pela maior relação folíolo/estolão (Tabela 11) e menor ângulo da folhagem (Tabela 4), isso como forma de compensar o menor IAF (Tabela 3) ocasionado pela maior intensidade de pastejo. A planta apresenta um IAF chamado de “crítico”, no qual 95% de toda a luz incidente são interceptados pelo dossel forrageiro (Brougham, 1956; Brougham, 1957; Watson, 1958). Nessa condição a taxa de acúmulo de forragem para gramíneas de clima temperado é máxima (Parsons et al., (1988), sendo comuns valores de IAF entre 3 e 5 (Humphreys, 1991). Resultados semelhantes foram descritos para gramíneas de clima tropical, com maior acúmulo de folhas na condição de IAF crítico, o qual correspondeu a valores de 3,3 a 4,2 para capim-tanzânia (Mello, 2002), 4,0 para capim-mombaça (Carnevali, 2003) e 3,0 a 4,0 para cultivares de *Cynodon* (Fagundes et al., 2001). Para o *Arachis pinto* cv. Belmonte a interceptação de 95% da luz incidente ocorreu entre as alturas de manejo de 10 e 15 cm, com valores correspondentes de IAF variando de 3,5 a 4,1.

O pastejo ocasiona alterações no crescimento e desenvolvimento da parte aérea das plantas. Como consequência, apresenta reflexos também sobre o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das mesmas. Os nódulos

presentes no sistema radicular das leguminosas são as estruturas que fazem a ligação entre o rizóbio e a espécie vegetal. De acordo com Dowling e Broughton (1986), os principais fatores ambientais reguladores do crescimento das plantas e também do processo de nodulação são o pH do solo, a disponibilidade de nutrientes (deficiência e toxidez), o tipo de solo, o uso de defensivos agrícolas (herbicidas, inseticidas e fungicidas), a temperatura, a disponibilidade hídrica, a população de microrganismos do solo e o pastejo. Assim, o estresse provocado pela desfolhação promove modificações na nodulação, modificando a colonização de nódulos do sistema radicular das leguminosas forrageiras (Vance et al., 1979). O número de nódulos (Tabela 12) por amostra variou em função da altura de manejo e da época do ano, sendo que maiores valores foram registrados durante a primavera e o verão e nos pastos manejados a 5 e 10 cm. Esse resultado pode ser consequência da atividade fotossintética da planta, uma vez que por se tratar de uma relação simbiótica em que a planta disponibiliza açúcar para a sobrevivência dos rizóbios e os mesmos fornecem nitrogênio em forma utilizável para a planta, modificações em área foliar e taxa fotossintética das plantas podem alterar essa relação. Pastos manejados a 5 e 10 cm apresentam folíolos mais jovens¹, ou seja, com maior eficiência fotossintética, e menor competição por luz (Tabela 5). Butler et al. (1959), estudando o efeito da desfolhação e do sombreamento sobre o número de nódulos em três leguminosas forrageiras (trevo-branco, trevo-vermelho e lótus), relataram que o sombreamento resultou em maior declínio no número de nódulos relativamente à desfolhação, e justificaram que a baixa disponibilidade de luz reduz o fornecimento de carboidratos para o sistema radicular de forma mais acentuada que a desfolhação.

Intensidades de pastejo modificam o crescimento e o desenvolvimento das plantas assim como a sua inter-relação na comunidade. Nesse contexto, a massa de nódulos e de raízes (Tabela 13) apresentou comportamento semelhante ao número de nódulos (Tabela 12), com maiores valores registrados nos pastos manejados a 5 e 10 cm. Ou seja, maiores números estiveram associados a maiores massas de nódulos e raízes, indicando que o número de nódulos varia com as intensidades de pastejo de forma semelhante à massa de raízes. Contudo, esse

¹Fialho, C. A. Características morfogênicas de amendoim forrageiro (*Arachis Pinto* Krapovickas & Gregory cv. Belmonte) submetido a intensidades de pastejo sob lotação contínua. Tese em fase final de experimento no PPG em Ciência Animal e Pastagens da ESALQ/USP.

padrão de resposta não foi observado durante as épocas do ano, uma vez que menores valores de número de nódulos foram registrados no inverno quando a massa de raízes foi maior. Em algumas situações a nodulação pode estar atrelada a outros fatores não diretamente ligados ao desenvolvimento do sistema radicular (Jones e Tisdale, 1921), como condições climáticas neste caso.

Outra possível causa para a ausência de convergência dos resultados de massa de raízes com o número de nódulos ao longo das estações do ano talvez seja o acúmulo de massa radicular de outros ciclos, até mesmo material morto de raízes, não refletindo o estado atual dos pastos no momento da amostragem, situação em que até mesmo em condições climáticas desfavoráveis a planta para uma mesma condição de manejo, apresentou maior massa do que no verão, por exemplo, dessa forma conclusões geradas devem ser tomadas com cautela (Dawson et al., 2000). Por outro lado, o peso médio dos nódulos não variou com as alturas de manejo, somente em função da época do ano (Tabela 14), sugerindo que a resposta das plantas às intensidades de pastejo é determinada pela variação no número de nódulos e não no tamanho dos mesmos. Menores valores de peso médio dos nódulos foram registrados no outono, possivelmente como consequência da contabilização de nódulos mortos, os quais influenciaram os valores obtidos.

A produtividade de plantas forrageiras, assim como de qualquer outra cultura, é reflexo de seu potencial genético expresso no ambiente em que estão inseridas. Em plantas forrageiras essa característica possui alta correlação com a taxa de acúmulo de forragem. Os valores de taxa de acúmulo (Tabela 15) foram elevados quando comparados com aqueles relatados por Valentim et al. (2003) (20 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para *Arachis pinto* cv. Belmonte em crescimento livre); Urbano et al. (2010) (26 kg ha⁻¹ dia⁻¹ e 17 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para *Arachis pinto* cv. Amarillo com cortes realizados a 5 e 10 cm de altura respectivamente); Menezes et al. (2012) (34 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para um conjunto de cultivares de *Arachis pinto* e *Arachis repens* sob crescimento livre); Andrade et al. (2004) (59 kg ha⁻¹ dia⁻¹ e 53 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para *Arachis pinto* cv. Belmonte cultivado em pleno sol e com 30 % de sombreamento, respectivamente); e Affonso (2005) (15 a 52 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para *Arachis pinto* cv. Alqueire-1 manejado com intervalos fixos de corte). Neste experimento ocorreram mudanças nas taxas de acúmulo de forragem entre as alturas de manejo avaliadas e entre épocas do ano. De modo geral, as diferenças entre tratamentos não apresentaram um padrão consistente de resposta (Tabela 15).

Na época de maior crescimento e desenvolvimento da espécie, o verão, os pastos manejados a 5 e 10 cm apresentaram maior número de nódulos (Tabela 12), maior massa de raízes (Tabela 13) e folhas mais jovens¹, porém apresentaram menor interceptação luminosa (Tabela 5) e índice de área foliar (Tabela 2), com consequente menor acúmulo de forragem. O contrário ocorreu com os pastos manejados a 15 e 20 cm, os quais apresentaram maior acúmulo de forragem durante esse mesmo período. O fato sugere uma integração de respostas entre parte aérea e sistema radicular por meio de um mecanismo de compensação, caracterizado por maior massa de raízes e de nódulos, maior número de nódulos e folhas mais jovens, de maior eficiência fotossintética, nos pastos manejados a 5 e 10 cm e maior IAF e IL nos pastos manejados a 15 e 20 cm. O balanço líquido entre esses processos foi maiores taxas de acúmulo de forragem nos pastos manejados a 15 e 20 cm, indicando que o tamanho do aparato fotossintético é determinante no processo de aquisição de nitrogênio, provavelmente por serem os processos de absorção de nutrientes e de fixação de nitrogênio dependentes de energia, a qual provém da fotossíntese. O fato corrobora os resultados de Sheng e Harper (1997) obtidos em trabalho com a cultura da soja. Adicionalmente, Delves et al. (1986) relataram que a parte aérea desempenha papel importante no desenvolvimento e envio de sinais reguladores da simbiose como hormônios e exsudatos (Schulze, 2004).

Em períodos críticos, como no inverno, ocorreu mudança no padrão de acúmulo de forragem onde os maiores valores foram encontrados nos pastos manejados a 10 cm de altura do dossel. Sbrissia (2004), em estudo realizado com capim-marandu sob lotação contínua e quatro alturas de manejo (10, 20, 30 e 40 cm de altura de dossel), utilizando protocolo experimental análogo ao deste experimento, relatou padrão semelhante de variação em taxa de acúmulo dos pastos ao longo ano, com maiores valores registrados nos pastos manejados mais baixo durante o inverno e o inverso acontecendo durante o final de primavera e o verão, épocas de crescimento vigoroso das plantas forrageiras. O autor relacionou essa resposta com a demanda de água dos pastos, uma vez que pastos mantidos mais altos apresentam maior massa de forragem e, consequentemente, maior evapotranspiração que pastos mantidos mais baixos. Em épocas de restrição hídrica, como o outono e o inverno, o impacto negativo sobre o crescimento e acúmulo de forragem seria maior nos pastos manejados mais alto, da mesma forma

como obtido neste experimento. Vale lembrar que durante o inverno houve um problema com a irrigação que deixou de ser realizada durante 70 dias, período durante o qual houve déficit hídrico na área. A variação em taxas de acúmulo ao longo do ano também indicam de forma clara a estacionalidade de produção de forragem do *Arachis pinto* cv. Belmonte, planta que apresenta grande sensibilidade a déficit hídrico (Cook, 2007).

Os pastos apresentaram diferentes respostas em função das intensidades de pastejo e épocas do ano, modificando o balanço entre o crescimento de sua parte aérea e sistema radicular. De forma geral, os ajustes em forma e função da planta indicaram a grande plasticidade fenotípica da espécie e sua grande capacidade de adaptação ao ambiente disponível dentro de seus limites de resistência. Portanto, o amendoim forrageiro cv. Belmonte é uma alternativa muito interessante como opção forrageira para cultivo isolado ou em consórcio, apresentando potencial para intensificação de sistemas de produção animal em pasto de forma sustentável e uso reduzido de fertilizantes nitrogenados.

9 CONCLUSÕES

- O *Arachis pinto* cv. Belmonte apresenta estacionalidade de produção e consequentemente de manejo, de forma que em períodos de maior crescimento deve-se manter dosséis mais altos e em períodos críticos, como no inverno, os dosséis devem ser mantidos mais baixos.
- Os pastos de *Arachis pinto* cv. Belmonte possivelmente apresentam mecanismo de compensação entre o mecanismo de nodulação, massa de raízes e índice de área foliar como forma de determinar o acúmulo de forragem. Assim, torna-se essencial a necessidade de conhecer esse balanço entre parte aérea e sistema radicular para que se possa planejar de forma eficiente estratégias de manejo.
- Pastejos severos podem auxiliar pastos de *Arachis pinto* cv. Belmonte na competição com outras espécies no mesmo ambiente.

REFERÊNCIAS

- AFFONSO, A.B. **Produção estivo-outonal de forragem de amendoim-forrageiro**. 2005. 32p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2005.
- ALLEN, V.G.; BATELLO, C.; BERRETTA, HODGSON, J.; KOTHMANN, M.; Li, X.; MCIVOR, J.; MILNE, J.; MORRIS, C.; PEETERS, A.; SANDERSON, M. An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 66, n. 1, p. 2-28, 2011.
- ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; VAZ, F.A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 3, p. 263-270, 2004.
- ARGEL, P.J.; KERRIDGE, P.J.; PIZARRO, E.A. **Arachis pintoi**: a multipurpose legume for sustainable land use. Cali, Colombia: Tropical Forage Program of CIAT, 2005. p. 83-84.
- ASAHAWA, N.M.; RAMIREZ, R.C. Metodologia para la inoculación y siembra de *Arachis pintoi*. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 2, n. 1, p. 24-26, 1989.
- ATKINSON, L.G. **Yield, persistence, and nutritive value of selected tropical forage legumes under grazing and stockpiling conditions in Jamaica**. 1993. 206p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade da Flórida, Gainesville, 1993.
- BAKER, R.D. Grazing management and the integration of grazing and conservation. Efficient beef production from grass. In: OCCASIONAL SYMPOSIUM, 22., 1988, Okehampton. **Annals...** Okehampton: British Grassland Society, 1988. p.65-77.
- BARCELLOS, A.O.; RAMOS, A.K.B.; VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G.B. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n.spe, p. 51-67, 2008.
- BATHRAM, G.T. Experimental techniques: The HFRO Sward Stick. In: HILL FARMING RESEARCH ORGANIZATION. **Biennial report**. Midlonthian, 1985. p. 29-30.
- BENEDETTI, E. **Leguminosas na produção de ruminantes nos trópicos**. Uberlândia: Edufo, 2005. 118p.
- BOLLER, B.C.; NÖSBERGER, J. Effects of temperature and photoperiod on stolon characteristics, dry matter partitioning, and nonstructural carbohydrate concentration of two White clover ecotypes. **Crop Science**, Madison, v. 23, n. 6, p. 1057-1062, 1983.

BRISKE, D.D. Strategies of plant survival in grazed systems: A functional interpretation. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. (Ed). **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB Internacional, 1996. p. 37-69.

BROUGHAM, R.M. Effects of intensity of defoliation on regrowth of pastures. **Australian Journal of Agricultural Research**, Queensland, v. 7, n. 5, p. 377-387, 1956.

BROUGHAM, R.M. Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. **Australian Journal of Agricultural Research**, Queensland, v. 9, n. 1, p. 39-52, 1957.

BUTLER, G.W.; GREENWOOD, R.M.; SOPER, K. Effects of shading and defoliation on the turnover of root and nodule tissue of plants of *Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, and *Lotus uliginosus*. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Lincoln, v. 2, n. 3, p. 415-426, 1959.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L.(Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

CARNEVALLI, R.A. **Dinâmica da rebrotação de pastos de capim-Mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente**. 2003. 136p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

CARVALHO, M.A.; QUESENBERRY, K.H. Morphological characterization of the USA *Arachis pinto* Krap. and Greg. collection. **Plant Systematics and Evolution**, Jena, v. 277, n.spe, p.1-11, 2009.

CARVALHO, P.C.F. O manejo da pastagem como gerados de ambientes pastoris adequando à produção animal. In: PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C. de; SILVA, S.C.; FARIA, V.P (Org.). **Teoria e prática da produção animal em pastagens**. Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 7-32.

CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKERS, M.J. (Ed.). **Grasslands for our world**. Wellington: SIR Publishing, 1993. p. 55-56.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outrasinformacoes/clima_muni_436.html>. Acesso em: 15 nov. 2013.

COOK, B.G. *Arachis pinto* Krap. & Greg. nom.nud. MANNETJE, L.'T ; JONES, R.M. (Ed.). **Plant Resources of South-East Asia. 4. Forages**. Wageningen: Pudoc Scientific Publishers, 1992. p. 48-50.

COOK, B.G. Pinto peanut. **Pastures Australia**. Disponível em: http://www.pasturepicker.com.au/Html/Pinto_peanut.htm . Acesso em: 22 dez. 2013.

COOK, B.G.; PENGELLY, B.C.; BROWN, S.D.; DONNELLY, J.L.; EAGLES, D.A.; FRANCO, M.A.; HANSON, J.; MULLEN, B.F.; PARTRIDGE, I.J.; PETERS, M.; SCHULTZE-KRAFT, R. 2005. The Production of Tropical Forages : An alternative selection tool. Disponívm em: www.tropicalforages.info. Acesso em: 15 set. 2013.

DA SILVA, S.C.; BUENO, A.A.O.; CARNEVALLI, R.A.; UBELE, M.C.; BUENO, F.O.; HODGSON, J.; MATTHEW, C.; ARNOLD, G.C.; MORAIS, J.P.G. Swards structural characteristics and herbage accumulation of *Panicum maximum* cv. Mombaça subjected to rotational stocking managements. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 1, p. 8-19, 2009.

DA SILVA, S. C.; CUNHA, W. F. Métodos indiretos para estimar a massa de forragem em pastos de *Cynodon* spp. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n.8, p. 981-989, 2003.

DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.spe, p.121-138, 2007.

DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO Jr, D. Ecofisiologia da produção animal em pastagens e suas implicações sobre o desempenho e a produtividade de sistemas pastoris. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 4., 2007, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Ed. Suprema, 2007. p. 1-42.

DAWSON, L.A.; GRAYSTON, S.J.; PATERSON, E. Effects of grazing in the roots and rhizosphere of grasses. In: LEMAIRE, G. et I. (Ed.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CAB International, 2000. p. 61-84.

DELVES, A.C.; MATHEWS, A.; DAY, D.A.; CARTER, A.S.; CARROLL, B.J.; GRESSHOFF, P.M. Regulation of the soybean-Rhizobium nodule symbiosis by shoot and root factors. **Plant Physiology**, Waterbury, v.82, n.2, p. 588-590, 1986.

DÖBEREINER, J. Avanços recentes na pesquisa em fixação biológica de nitrogênio no Brasil. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v.4, n.8, p. 144-152, 1990.

DONAGHY, D.J.; FULKERSON, W.J. Priority for allocation of water soluble carbohydrate reserves during regrowth of *Lolium perenne*. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 53, n. spe, p. 211-218, 1998.

DOVRAT, A.; DAYAN, E.; VAN KEULEN, H. Regrowth pontial of shoot and of rotos of Rodees grass (*Chloris gayana*) after defoliation. **Netherland Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v.28, n.3, p.185-199, 1980.

DOWLING, D.N.; BROUGHTON, W.J. Competition for nodulation of legumes. **Annual Review Microbiology**, Palo Alto, v. 40, n.spe, p. 131–157, 1986.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Mineral nutrition of plants**: principles and perspective. Sinauer Associates, Sunderland, T & W, GBR. 2005. 380p.

ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; PERIN, A.; TEIXEIRA, M.G.; ALMEIDA, D.L.; URQUIAGA, S.; BUSQUET, R.N.B. Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n.3, p. 415-420, 2006.

EUCLIDES, V.P.B.; COSTA, F.P.; MACEDO, M.C.M.; FLORES, R.; OLIVEIRA, M.P. Eficiência biológica e econômica de pasto de capim-tanzânia adubado com nitrogênio no final do verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n.9, p. 1345-1355, 2007.

FAGAN, E.B.; MEDEIROS, S.L.P.; MANFRON, P.A.; CASAROLI, D.; SIMON, J.; NETO, D.D.; VAN LIER, Q.J.; SANTOS, O.S.; MÜLLER, L. Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja. **Revista da FZVA**, Porto Alegre, v. 14, n.1, p. 89-106, 2007.

FAGUNDES, J.L.; Da SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S.; CARNEVALLI, R.A.; CARVALHO, C.A.B.; SBRISSIA, A.F.; PINTO, L.F.M. Índice de área foliar, coeficiente de extinção luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob lotação contínua. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 187-195, 2001.

FILOSO, S.; MARTINELLI, L.A.; HOWARTH, R.W.; BOYER, E.W.; DENTENER, F. Human activities changing the nitrogen cycle in Brazil. **Biogeochemistry**, New York, v. 79, n.1, p. 61-89, 2006.

FISHER, M.J.; CRUZ, P.. Some ecophysiological aspects of *Arachis pintoi*. In: KERRIDGE, P.C.; HARDY, W. (Ed.). **The Biology and Agronomy of Forage Arachis**. Cali, Colombia: CIAT, 1994. p. 53–70.

FITTER, A.H. Root dynamics systems: the developmental ecology of roots and root systems. In: SCHOLLES, J.D.; BARKER, M.G. (Ed.). **Physiological plant ecology**. Ketchum: M.C. Press, 1999. p.115-130.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO [2013]. Disponível em: <www.faostat.fao.org> Acesso em: 10 nov. 2013.

FULKERSON, W.J.; DONAGHY, D.J. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence – key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 41, n.2, p. 261–275, 2001.

GALLOWAY, J.N.; DENTENER, F.J.; CAPONE, D.G.; BOYER, E.W.; HOWARTH, R.W.; SEITZINGER, S.P.; CLEVELAND, C.C.; GREEN P.A.; HOLLAND, E.A.; KARL, D.M.; PORTER, J. H.; TOWNSEND, A.R.; VOROSMARTY, C.J. Nitrogen cycles: past, present and future. **Biogeochemistry**, New York, v. 70, n.2, p. 153-226, 2004.

GILLER, K.; CADISCH, G. Future benefits from biological nitrogen fixation: an ecological approach to agriculture. **Plant and Soil**, Crawley, v. 174, n.1/2, p. 255-277, 1995.

GRAHAM, M.H.; HAYNES, R.J.; MEYER, J.H. Changes in soil fertility induced by trash retention and fertilizer applications on the long-term trash management trial at Mount Edgecombe. **Proceedings of South Africa Sugar Technology Association**, Johannesburg, v. 74, n.1, p. 109-113, 2000.

GREGORY, P.J. Root growth and activity. In: **PHYSIOLOGY AND DETERMINATION OF CROP YIELD**, 34., 1994, Madison. **Anais...** Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1994. p. 65-93.

HARTLEY, M. J., ATKINSON, G.C.; BIMLER, K.H.; JAMES, T.K.; POPAY, A.I. Control of barley grass by grazing management. **Proceedings New Zealand Weed Pest Control Society**, Havelock North, v. 31, n. 1, p. 198-202, 1978.

HAYNES, R.J. Competitive aspects of the grass legume association. **Advances in Agronomy**, New York, v. 33, n. spe, p.1-117, 1980.

HERNANDEZ, M.; ARGEL, P.J.; IBRAHIM, M.A.; MANNETJE, L.T. Pasture production, diet selection and liveweight gains of cattle grazing *Brachiaria brizantha* with or without *Arachis pinto* at two stocking rates in the Atlantic Zone of Costa Rica. **Tropical Grasslands**, Queensland, v. 29, n. spe, p. 134-141, 1995.

HERRIDGE, D.F.; PEOPLES, M.B.; BODDEY, R.M. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. **Plant Soil**, Crawley, v. 311, n.spe, p. 1-18, 2008.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. New York: John Wiley; Longman Scientific & Technical, 1990. 203p.

HODGSON, J. The significance of sward characteristics in the management of temperate Sown pastures. In: **INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS**, 15., Kyoto, 1985. **Proceedings...** Nishi-Nasuno: Japanese Society of Grassland Science, 1985. p. 63-66.

HODGSON, J.; DA SILVA, S.C. Options in tropical pasture management. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 39, SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FORRAGICULTURA, Recife, 2002. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. p. 180-202.

HODGSON, J.; MAXWELL, T.J. Grazing research and grazing management. In: **HILL FARMING RESEARCH ORGANIZATION. Biennial report**. Midlothian, 1981. p.169-188.

HOULTON, B.Z. ;WANG, Y.P.; VITOUSEK, P.M.; FIELD, C.B.. A unifying framework for dinitrogen fixation in the terrestrial biosphere. **Nature**, London, v. 454, p. 327-334, 2008.

HUMPHREYS, L.R. **Tropical pastures utilization**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 206p.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; CAMPO, R.J.; CRISPINO, C.C.; MORAES, J.Z.; SIBALDELLI, R.N.R.; MENDES, I.C.; ARIHARA, J. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: Contributions of biological N₂ fixation and of N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, Canada, v. 86, n. 4, p. 927-939, 2006.

HUTTON, P.G.; KENYON, P.R.; BEDI, M.K.; KEMP, P.D.; STAFFORD, K.J.; WEST, D.M.; MORRIS, S.T. A herb and legume sward mix increased ewe milk production and ewe and lamb live weight gain to weaning compared to a ryegrass dominant sward. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam v. 164, n. 1/2, p. 1-7, 2011.

IBRAHIM, M.A. **Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures for sustainable animal production in the Atlantic Zone of Costa Rica**. 1994. 137p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Wageningen Agricultural University, 1994.

ILLIUS, A.W.; HODGSON, J. Progress in understanding the ecology and management of grazing systems. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p. 429-457.

JENNINGS, P.G.; LOGAN, J.L. (1987) Experiences with forage legume research and development in Jamaica. In: CTA/CARDI SEMINAR ON FORAGE LEGUMES AND OTHER LOCAL PROTEIN SOURCES AS SUBSTITUTES FOR IMPORTED PROTEIN MEALS, 1987, Trinidad. **Proceedings...** CARDI, Trinidad. 1987. p. 120–126.

JONES, F.R.; TISDALE, W.B. Effect of soil temperature upon the development of nodules on the roots of certain legumes. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 22, n. 1, p. 17-37, 1921.

JONES, R.M. Persistence of *Arachis pinto* cv. Amarillo on three soil types at Samford, south-eastern Queensland. **Tropical Grasslands**, Queensland, v. 27, n.spe, p. 11-15, 1993.

KRAPOVICKAS, A.; GREGORY, W.C. Taxonomy of the genus *Arachis* (Leguminosae). **Bonplandia**, Corrientes, v.8, supplement, p.1-186, 1994.

LAMBERS, H.; CHAPIN, F.S.; PONS, T.L. **Plant physiological ecology**. Springer, 2008.

LASCANO, C.E. Nutritive value and animal production of forage *Arachis*. In: KERRIDGE, P.C.; HARDY, B. **Biology and agronomy of forage. *Arachis***. Cali, Colômbia: CIAT. 1994. p. 109-121.

LEMAIRE, G. Ecophysiology of grassland: dynamics aspects of forage plant populations in grazed swards. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., São Pedro, 2001. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 29-37.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turn over and efficiency of herbage utilization. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL "GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY", 1., Curitiba, 1999. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1999. p. 165-183.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB Internacional, 1996. p. 3-36.

LUPINACCI, A. V. **Reservas orgânicas, índice de área foliar e produção de forragem em Brachiaria brizantha cv. Marandu. submetida a intensidades de pastejo por bovinos de corte**. 2002. 160p. Dissertação (Mestrado na área de) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MACHADO, A.N.; SIEWERDT, L.; ZONTA, E.P.; VAHL, L.C.; COELHO, R.W.; FERREIRA, O.G.L.; AFFONSO, A.B. Rendimento do amendoim forrageiro estabelecido sob diferentes arranjos populacionais de plantas em planossolo. **Ciência Animal Brasileira**, Goiás, v. 6, n. 3, p. 151-162, 2005.

MALAVOLTA, E. Os elementos minerais. In: MALAVOLTA, E., eds. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Brasil: Agronômica Ceres. 1980. p. 104-219.

MANNETJE, L.'t. Measuring biomass of grassland vegetation. In: MANNETJE, L.'t.; JONES, R.M. (Ed.). **Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research**. Cambridge: C.A.B.I. Publishing, 2000. p.151-177.

MATTHEW, C.; ASSUERO, S.G.; BLACK, C.K.; SACKVILLE-HAMILTON, N.R. Tiller dynamics of grazed swards. In: LEMAIER, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; NABINGER, C. (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CABI Publ., 2000. chap. 7, p. 127-150.

MAXWELL, T.J.; TREACHER, T.T. Decision rules for grassland management. In: POLLOTT, G.E. (Ed.). OCCASIONAL SYMPOSIUM, 21.1987. Efficient sheep production from grass. Hurley: British Grassland Society, 1987. p. 67-78.

MELLO, A.C.L. **Respostas morfofisiológicas do capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) irrigado à intensidade de desfolha sob lotação rotacionada**. 2002. 67p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MENEZES, A.P.M.; ASSIS, G.M.L.; MATAVELI, M.; SILVA, H.S.F.; AZEVEDO, J. M.A.; MENDONÇA, M.S. Genetic divergence between genotypes of forage peanut in relation to agronomic and chemical traits. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 7, p. 1608-1617, 2012.

MIRANDA, C.H.B.; VIEIRA, A.; CADISCH, G. Determinação da fixação biológica do amendoim forrageiro (*Arachis* spp.) por intermédio da abundância natural de ^{15}N . **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, sup. 2, p. 1859-1865, 2003.

MOLAN, L.K. **Estrutura do dossel, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastos de Capim-Marandu submetidos a alturas de pastejo por meio de lotação contínua**. 2004. 179p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MONTEITH, J.L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 9, n. 3, p. 747-765, 1972.

NABINGER, C. Aspectos ecofisiológicos do manejo de pastagens e utilização de modelos como ferramenta de diagnóstico e indicação de necessidades de pesquisa. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO REGIONAL DO CONE SUL (ZONA CAMPOS) EM MELHORAMENTOS E UTILIZAÇÃO DE RECURSOS FORRAGEIROS DAS ÁREAS TROPICAL E SUBTROPICAL, 1996, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. p. 17-62.

PAGOTTO, D.S. **Comportamento do sistema radicular, reservas orgânicas e mineralização líquida do nitrogênio do solo em pastagem irrigada de capim Tanzânia submetida a diferentes intensidades de pastejo**. 2001. 51p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

PARSONS, A.J.; CHAPMAN, D.F. The principles of pasture growth and utilization. In: HOPKINS, A. (Ed.). **Grass: its production & utilization**. Okehampton: British Grassland Society, 1998. p. 31-80.

PARSONS, A.J.; JOHNSON, I.R.; WILLIAMS, J.H.H. Leaf age structure and canopy photosynthesis in rotationally and continuously grazed swards. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.43, n.1, p.1-14, 1988.

PARSONS, A.J.; PENNING, P.D. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 43, n. 1, p. 15-27, 1988.

PEOPLES, M.B.; CRASWELL, E.T. Biological nitrogen fixation: investments, expectations and actual contributions to agriculture. **Plant and Soil**, Holanda, v. 141, n. 1/2, p. 13-40, 1992.

PEREIRA, J.M. Produção e persistência de leguminosas em pastagens tropicais. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2001. p. 111- 142.

POPAY, I.; FIELD, R. Grazing animals as weed control agents. **Weed Technology**, Lawrence, v. 10, n. 1, p. 217-231, 1996.

PRIMAVESI, A.C; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; SILVA, A.G.; CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 562:568, 2006.

PURWANTARI, N. D.; DATE, R.A.; DART, P.J. Nodulation and N₂ fixation by *Calliandra calothyrsus* and *Sesbania sesban* grown at different root temperatures. **Soil Biology & Biochemistry**, Amsterdam, v. 27, n. 4/5, p. 421-425, 1995.

RAMOS, A.K.B.; BARCELLOS, A.O.; FERNANDES, F.D. Gênero *Arachis*. in: FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A. (Ed.). **Plantas forrageiras**. VIÇOSA, MG: UFFV, 2010. p. 249-293.

RAO, I.M.; AYARZA, M.A.; GARCÍA, R. Adaptive attributes of tropical forage species to acid soils. III. Differences in plant growth, nutrient acquisition and nutrient utilization among C₄ grasses and C₃ legumes. **Journal of Plant Nutrition**, Georgia, v. 18, n. 10, 1995.

REED, S.C., CLEVELAND, C.C.; TOWNSEND, A.R. Functional ecology of free-living nitrogen fixation: a contemporary perspective. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, Palo Alto, v. 42, p. 489 – 512, 2011.

REIS, V.M., OLIVEIRA, A.L.M., BALDANI, V.L.D., OLIVARES, F.L.; BALDANI, J.I. Fixação biológica de nitrogênio simbiótica e associativa. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). Nutrição mineral de plantas. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, p.153-174, 2006.

RICHARDS, J.H. Physiology of plant recovering from defoliation. In: BAKER, M.J. (Ed.) **Grasslands for our world**. Wellington: Sir Publishing, 1993. p.46-54.

RINCÓN, C.A.; CUESTA, M.P.A.; PEREZ, B.R. Maní forrajero perene (*Arachis pinto* Krapovickas e Gregory): Una alternativa para ganaderos e agricultores. **Instituto Colombiano Agropecuario**. Bogotá, 1992. 23p. (Boletín Técnico, 219).

RODRIGUES, L.R.A.; RODRIGUES, T.J.D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: CASTRO, P.R.; FERREIRA, S.P.; YAMADA, T. (Ed.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1987. p.202-230.

SALES, R.M.P.; FRIES, D.D.; PIRES, A.J.V.; BONOMO, P.; SANTANA, S.A.; SANTOS, I.S.; ROCHA, A.V.; SOBRAL, D.M.P.L.. Nitrogen fertilization on the establishment of *Arachis pinto* cv. Belmonte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 11, p. 2303-2308, 2012.

SBRISIA, A.F. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu sob lotação contínua**. 2004. 170p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SCHULZE, J. How are nitrogen fixation rates regulated in legumes?. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Tharandt, v.167, n.2, p. 125-137, 2004.

SCOTTI, M.R.J.M.M.L.; SÁ, N.M.H.; VARGAS, M.A.T.; DÖBEREINER, J. Streptomycin resistance of *Rhizobium* isolates from Brazilian Cerrados. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, Rio de Janeiro, v. 54, p. 733-738, 1982.

SHENG, C.; HARPER, J.E. Shoot versus root signal involvement in nodulation and vegetative growth in wild-type and hypernodulating soybean genotypes. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 113, n. 3, p. 825-831, 1997.

SINCLAIR, K., K. LOWE Y K. PEMBLETON. Effect of defoliation interval and height on the growth and quality of *Arachis pinto* cv Amarillo. **Tropical Grassland**, Queensland, v. 41, n. 4, p. 260-268, 2007.

TEIXEIRA, V. I.; DUBEUX JR, J.C.B.; SANTOS, M.V.F.; LIRA JR, M.A.; LIRA, M.A.; SILVA, H.M.S. Aspectos agronômicos e bromatológicos de leguminosas forrageiras no Nordeste Brasileiro. **Archivos de zootecnia**, Córdoba, v. 59, n. 226, p. 245-254, 2010.

UNKOVICH, M.; HERRIDGE, D.; PEOPLES, M.; CADISCH, G.; BODDEY, B.; GILLER, K.; ALVES, B.; CHALK, P. Why, when and how to measure nitrogen fixation. In: UNKOVICH, M.; HERRIDGE, D.; PEOPLES, M.; CADISCH, G.; BODDEY, B.; GILLER, K.; ALVES, B.; CHALK, P. (Ed.). **Measuring plant-associated nitrogen fixation in agricultural systems**. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 2008. p.131-162.

URBANO, D.; DÁVILA, C.; CASTRO, F.. Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre tres variedades de maní forrajero (*Arachis pinto*) en el estado Mérida. I. Rendimiento y contenido de proteína cruda. **Zootecnia Tropical**, Venezuela, v. 28, n. 4, p. 449-456, 2010.

VALENTIM, J.F.; ANDRADE, SOARES, C.M.; MENDONÇA, H.A.; SALES, M.I F.L. Velocidade de estabelecimento de acessos de amendoim forrageiro na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n.6, p. 1569-1577, 2003.

VALENTIM, J.F.; VAZ, F.A.; CAVALI, J.; GOMES, S.E.S. Estratificação e qualidade da biomassa aérea do amendoim forrageiro (*Arachis pinto* BRA-031534) no Acre. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 2001, Salvador. **Anais...** Salvador, 2001. 1 CD-ROM

VAN HEURCK, L. M. **Evaluación del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) solo y asociado con las leguminosas forrajeras *Arachis pinto* CIAT 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350 en la producción de leche y sus componentes**. 1990. 111p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Turrialba, Costa Rica: CATIE,, 1990.

VANCE, C.P.; HEICHEL, G.H.; DONALD, K. B.; BRYAN, J.W.; JOHNSON, L.E.. Nitrogen fixation, nodule development, and vegetative regrowth of alfalfa (*Medicago sativa* L.) following harvest. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 64, n. 1, p. 1-8, 1979.

WAGNER, S.C. Biological Nitrogen Fixation. **Nature Education**. Disponível em: www.nature.com/scitable/knowledge/library/biological-nitrogen-fixation-23570419. Acesso em: 27 dez. 2013.

WALKER, R.G.; CHAMBERLAIN, A. Amarillo-pinto peanut (*Arachis pinto*): a persistent tropical legume for subtropical and tropical dairy farming. **Occasional publication. Queensland Department of Primary Industries and Fisheries**, Peak Crossing, Queensland, 2005.

WARREN WILSON, J. Influence of spatial arrangement of foliage area on light interception and pasture grown. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 8. 1961., Reading, **Proceedings...** Oxford: University of Reading, 1961. p. 275-279.

WATSON, D.J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I.variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, Oxford, v. 11, n. 1, p. 41-76, 1947.

WATSON, D.J. The dependence of net assimilation rate on leaf area index. **Annals of Botany**, Oxford, v. 22, n. 85, p. 37-54, 1958.

WOLFINGER, R.D. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics Simulation and Computation**, Philadelphia, v. 22, n. 4, p. 1079-1106, 1993.