



**OLAVO AUGUSTO ARQUIMED LOPES DE SÁ**

**CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS E  
ESTRUTURAIS DE AMENDOIM FORRAGEIRO  
E CAPIM-MARANDU EM CONSÓRCIO**

**LAVRAS - MG**

**2013**

**OLAVO AUGUSTO ARQUIMED LOPES DE SÁ**

**CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS E ESTRUTURAIS DE  
AMENDOIM FORRAGEIRO E CAPIM-MARANDU EM CONSÓRCIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção de Ruminantes-Forragicultura e Pastagens, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Antônio Ricardo Evangelista

**LAVRAS - MG**

**2013**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e  
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Sá, Olavo Augusto Arquimed Lopes de.  
Características morfogênicas e estruturais de amendoim  
forrageiro e capim-marandu em consórcio / Olavo Augusto  
Arquimed Lopes de Sá. – Lavras : UFLA, 2013.  
178 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.  
Orientador: Antonio Ricardo Evangelista.  
Bibliografia.

1. *Arachis pintoi*. 2. Plantas forrageiras - Consorciação. 3. Pastos  
consorciados. 4. Metodologias. 5. Manejo do pasto. 6. *Brachiaria  
brizantha* cv. Marandu. I. Universidade Federal de Lavras. II.  
Título.

CDD – 633.208

**OLAVO AUGUSTO ARQUIMED LOPES DE SÁ**

**CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS E ESTRUTURAIS DE  
AMENDOIM FORRAGEIRO E CAPIM-MARANDU EM CONSÓRCIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção de Ruminantes-Forragicultura e Pastagens, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 16 de setembro de 2013.

Dr. Leandro Martins Barbero

UFU

Dra. Lilian Elgalise Techio Pereira

ESALQ

Dr. Antônio Ricardo Evangelista  
Orientador

**LAVRAS - MG**

**2013**

Nada mais justo do que dedicar algo às pessoas que inspiraram, despertaram ou deram apoio para você, desde criança, seguir uma carreira para a vida toda. Neste contexto, dedico esta obra a minha família, em nome do meu avô Antônio Lopes, por todas as férias e finais de semana que íamos para roça juntos e ficávamos pensando como manejar o gado de leite no pasto. Além disso, ele repassava todo seu conhecimento, experiência e sabedoria de uma vida toda trabalhando em áreas rurais. Sem falar da companhia, incentivo, apoio e uma visão realista do homem do campo para enfrentar as dificuldades existentes no dia a dia, e, hoje, sei que isto me fez seguir esta carreira!

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras.

À CAPES e CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Professor Antônio Ricardo Evangelista pela orientação, confiança e por todos os ensinamentos repassados.

Ao Professor Thiago Bernardes pela cobrança por qualidade dos trabalhos. Ao professor Márcio Lara pela disponibilidade e discussão sobre métodos de pesquisa para pastos. Ao professor Daniel Casagrande pela amizade, auxílio em análises estatísticas, ideias de inovação, incentivo para aplicar as respostas colhidas nesta dissertação em áreas de pastejo.

À minha família, minha mãe, meu pai, pelo importante apoio, incentivo, por confiarem na minha responsabilidade e capacidade e por sempre estarem ao meu lado. Ao Banja, meu irmão, que me ensinou com propriedade sobre um lado bom da vida, que é dormir continuamente 17 horas por dia.

À Lorena, minha companheira e estagiária particular, pelo auxílio, paciência (2x), amor, carinho e cumplicidade nas horas que eu mais precisava.

Aos meus avôs e avós, em especial meu avô Antônio, pelo constante apoio, exemplo de honestidade, trabalho, inteligência e pelos ensinamentos.

Aos meus irmãos da família República Bendito Grau que compartilharam comigo momentos de alegria, dificuldade e festas e que estarão para sempre na minha memória.

Aos amigos do Núcleo de Estudos em Forragicultura e Pastagens – NEFOR, pela importante ajuda na condução do experimento, sem citar nomes, pois a participação e auxílio de todo grupo tanto na coleta de dados, como nos momentos de confraternização foi muito importante.

Aos demais amigos e colegas de Montes Claros, que, por alguns momentos, fizeram-me lembrar que existe muito mais além da ciência e do dia a dia de Lavras.

Muito obrigado a todos!



## RESUMO GERAL

Objetivou-se com esse trabalho desenvolver modelos matemáticos para estimar a área da folha do *Arachis pintoii* e descrever características morfogênicas e estruturais de pastos de capim-marandu consorciado com amendoim forrageiro submetidos a diferentes alturas de dossel. Os experimentos foram conduzidos na Universidade Federal de Lavras, MG. Foram utilizados 837 folíolos para definir um modelo de predição da área da folha do *A. pintoii*, e a simetria de 786 pares de folíolos foi testada por meio de medidas lineares e de área. Em outro experimento, haviam quatro alturas do dossel: 10, 20, 30 e 40 cm de pastos de capim-marandu consorciados com amendoim forrageiro cv. Belmonte em blocos casualizados com quatro repetições, nas quatro estações do ano em 2012-2013. Foram realizadas avaliações morfogênicas, índice de área foliar (IAF) e a distribuição vertical dos componentes no dossel. A área da superfície dos folíolos de *A. pintoii* é idêntica à forma geométrica de uma elipse e sua eficácia foi comprovada por meio de testes entre parâmetros da equação gerada e o modelo de identidade:  $H_0:\beta_0 = 0$  ( $P=0,6132$ ) e  $H_0:\beta_1 = 1$  ( $P=0,3109$ ). Da mesma forma, foi comprovada a igualdade entre os pares de folíolos apicais e basais na folha. Em leguminosas, verificou-se um balanço positivo entre taxa de alongamento (TALF) e senescência (TSF) de folhas nas estações de primavera e verão, ao contrário do inverno, no qual a TSF foi maior que a TALF, resultando numa redução da massa de folhas. O IAF da leguminosa foi seis vezes maior para a menor altura de dossel (10 cm) em relação à maior (40 cm). Nos dosséis de 10 cm de altura, a frequência de toques em leguminosa foi maior que nas demais alturas em todas as estações, e chegou a equivaler 50% em alguns estratos do dossel no verão. Portanto, para mensuração do alongamento ou senescência de folhas de amendoim forrageiro, deve-se utilizar o modelo 2 para predizer a área, e avaliar os folíolos “A” e “C” da folha. Dosséis manejados com menores alturas possibilitam um melhor estabelecimento da leguminosa em pastos consorciados com gramíneas.

Palavras-chave: Metodologias. *Arachis pintoii*. Pastos consorciados. Manejo do pasto.

## GENERAL ABSTRACT

The objective of this work was to develop mathematical models to estimate the leaf area of *Arachis pintoi* and describe morphogenetic and structural characteristics in pastures of marandugrass mixed with peanut forage subjected different canopy heights. The experiments were conducted at University of Lavras, MG. Were used 837 leaflets to define a model for predicting of leaf area of *Arachis pintoi*, and the symmetry of 786 pairs of leaflets was tested by measures linear and of area. In other experiment, the treatments were four canopy heights: 10, 20, 30 and 40 cm of pastures of marandugrass mixed with forage peanut cv. Belmonte in randomized blocks design with four replications in four seasons in 2012-2013. Were carried out morphogenetic evaluations in grasses and legumes, leaf area index (LAI) and the vertical distribution of canopy components. The surface area of the leaflets of *A. pintoi* is identical to the geometric shape of an ellipse and its effectiveness was proven by testing between equation parameters generated and the model identity:  $H_0:\beta_0 = 0$  ( $P=0,6132$ ) e  $H_0:\beta_1 = 1$  ( $P=0,3109$ ). In the same way, it was proven equality between the pairs apical and basal leaflets in the leaf. In legumes, verified a positive balance between elongation rate (LELR), and senescence (LSR) from the leaves in spring and summer seasons, as opposed to winter, in which the LSR was greater than LELR, resulting in a reduction of the mass of leaves. The LAI of legume was six times higher for the lowest height in relation to canopy of 40 cm, with a tendency to decrease with increasing heights. In canopies of 10 cm., the frequency of touches in legumes was higher than in other heights in all seasons, and reached equate 50% in some canopy strata in summer. Therefore, to measure the elongation or senescence of leaves of peanut forage, should be used the model 2 to predict the area, and evaluate the leaflets " A " and " C " of leaf. Canopies handled with smaller heights allow for better establishment of legumes in mixed pastures with grasses.

Key-words: Methodologies. *Arachis pintoi*. Mixed pastures. Pasture management.

Só se pode alcançar um grande êxito quando  
nos mantemos fiéis a nós mesmos.

Friedrich Nietzsche

Escolhe um trabalho de que gostes, e não terás  
que trabalhar nem um dia na tua vida.

Confúcio

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

- Figura 1 Relação entre características morfogênicas e estruturais da pastagem..... 27
- Figura 2 Diagrama sugerido por Cruz e Boval (2000), adaptado de Lemaire e Chapman (1996), para as relações entre as variáveis morfogênicas e características estruturais do pasto de espécies estoloníferas ..... 30

### CAPÍTULO 2

- Figura 1 Detalhe da face adaxial de uma folha de *Arachis pintoi* e a classificação dos folíolos para geração dos modelos..... 47
- Figura 2 Esquema das medições lineares realizadas no folíolo: C=Comprimento; L=Largura; PC=Ponto cruz; H=Hipotenusa; r=raio menor da elipse lateral ..... 48
- Figura 3 Esquema das subdivisões da área foliar total do folíolo (S): (a) Metade superior (Ss); (b) Metade inferior (Si); (c) Área do triângulo (St)..... 49
- Figura 4 (a) Comparação entre a AF estimada pelo modelo 1 e a AF observada; (b) comparação entre a AF estimada pelo modelo 2 e a AF observada; (c) comparação entre a AF estimada pelo modelo 3 e a AF observada..... 56
- Figura 5 (a) Relação entre o comprimento de folíolos “A” e “B”; (b) relação entre a largura de folíolos “A” e “B”; (c) relação entre a área foliar de folíolos “A” e “B” ..... 58

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Figura 6 | (a) Relação entre o comprimento de folíolos “C” e “D”; (b) relação entre a largura de folíolos “C” e “D”; (c) relação entre a área foliar de folíolos “C” e “D” ..... | 60 |
|----------|---|----|

### **CAPÍTULO 3**

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Figura 1 | Médias mensais de temperaturas máximas, médias e mínimas durante o período experimental.....  | 73 |
| Figura 2 | Precipitação mensal durante o período experimental.....   | 73 |
| Figura 3 | Croqui da área experimental e alocação dos tratamentos .....  | 75 |
| Figura 4 | (A) Foto do plantio de mudas de <i>Arachis pintoi</i> cv Belmonte na implantação; (B) Área experimental depois da imposição dos tratamentos.....  | 76 |
| Figura 5 | (A) Localização do ramo avaliado na unidade experimental; (B) Marcação e identificação do ramo avaliado; (C) Medição do tamanho da estípula da folha; (D) Medição da maior largura do folíolo .....                     | 81 |
| Figura 6 | (1) Surgimento da folha encoberta pela estípula; (2) e (3) Início da mensuração da morfogênese da folha – Folha em expansão; (4) e (5) Desenvolvimento e processo de abertura da folha; (6) Folha aberta e madura ..... | 85 |
| Figura 7 | Interceptação luminosa (IL) nas quatro estações do ano em quatro alturas de dossel.....   | 89 |
| Figura 8 | Taxa de alongamento da folha (TALF) da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel.....  | 91 |
| Figura 9 | Taxa de senescência da folha (TSF) da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel ...  | 92 |

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| Figura 10 | Taxa de alongamento do colmo (TALC) da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel.....                       | 93  |
| Figura 11 | Taxa de aparecimento de folhas (TAPF) da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu em quatro alturas do dossel .....   | 94  |
| Figura 12 | Número de folhas vivas.perfilho <sup>-1</sup> (NFV) da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel.....       | 96  |
| Figura 13 | Número de folhas senescentes.perfilho <sup>-1</sup> (NFS) da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel..... | 96  |
| Figura 14 | Número de folhas maduras.perfilho <sup>-1</sup> (NFM) da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel.....     | 97  |
| Figura 15 | Taxa de alongamento de folha do <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel.....                                   | 99  |
| Figura 16 | Taxa de aparecimento de folhas do <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel.....                                 | 101 |
| Figura 17 | Filocrono do <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel.....  | 102 |
| Figura 18 | Taxa de alongamento de caule do <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel.....                                   | 103 |
| Figura 19 | Número de folhas senescentes.ramo <sup>-1</sup> (NFS) do <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel.....          | 104 |
| Figura 20 | Tamanho dos segmentos do pecíolo do <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte em quatro alturas do dossel.....  | 105 |

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| Figura 21 | Tamanho da estípula + pecíolo 2 + pecíolo 3 do <i>Arachis pintoï</i> cv. Belmonte em quatro alturas do dossel .....  | 105 |
| Figura 22 | Tamanho final de folíolo ou folha do <i>Arachis pintoï</i> cv. Belmonte em quatro alturas do dossel.....   | 106 |
| Figura 23 | Tamanho final do caule do <i>Arachis pintoï</i> cv. Belmonte em quatro alturas do dossel .....   | 109 |
| Figura 24 | Número de perfilhos basais.m <sup>-2</sup> (DPPb) nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel .....   | 110 |
| Figura 25 | Número de perfilhos reprodutivos.m <sup>-2</sup> (DPPr) nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel .....   | 111 |
| Figura 26 | Densidade populacional de ramos primários (DPRp) nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel.....   | 112 |
| Figura 27 | Densidade populacional total de ramos (DPRt) nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel.....   | 113 |
| Figura 28 | Densidade populacional de perfilhos aéreos (DPPa) e ramos secundários (DPRs) em quatro alturas de dossel .....   | 114 |
| Figura 29 | IAF da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu e IAF total do dossel (IAFt) em pastos consorciados entre <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu e <i>Arachis pintoï</i> cv. Belmonte em quatro alturas do dossel..... | 116 |
| Figura 30 | Área foliar específica (AFE) da gramínea nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel .....  | 117 |
| Figura 31 | Área foliar específica (AFE) do <i>Arachis pintoï</i> cv. Belmonte nas quatro alturas do dossel .....  | 118 |

#### **CAPÍTULO 4**

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| Figura 1 | Médias mensais de temperaturas máximas, médias e mínimas durante o período experimental..... | 137 |
|----------|--|-----|



|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| Figura 2  | Precipitação mensal durante o período experimental.....   | 137 |
| Figura 3  | Croqui da área experimental e alocação dos tratamentos .....  | 139 |
| Figura 4  | (A) Foto do plantio de mudas de <i>Arachis pinto</i> cv Belmonte na<br>implantação; (B) Área experimental depois da imposição dos<br>tratamentos.....   | 140 |
| Figura 5  | Massa de forragem total colhida em pastos consorciados entre<br><i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu e <i>Arachis pinto</i> cv. Belmonte<br>nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel .....   | 148 |
| Figura 6  | Massa de folhas, colmos e perfilhos reprodutivos em quatro<br>alturas do dossel .....   | 151 |
| Figura 7  | Massa de material morto nas quatro estações do ano em quatro<br>alturas do dossel .....   | 152 |
| Figura 8  | Relação folha / colmo nas quatro estações do ano em quatro<br>alturas de dossel .....   | 153 |
| Figura 9  | Proporção de colmo e folha de gramínea em quatro alturas do<br>dossel.....  | 155 |
| Figura 10 | Massa de folíolos de <i>Arachis pinto</i> cv. Belmonte em quatro<br>alturas do dossel .....   | 156 |
| Figura 11 | Biomassa de serrapilheira em quatro alturas do dossel .....   | 157 |
| Figura 12 | Peso médio de perfilho (PMP) nas quatro estações do ano em<br>quatro alturas do dossel .....  | 158 |
| Figura 13 | Distribuição vertical dos componentes botânicos e morfológicos<br>em pastos de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu consorciados<br>com <i>Arachis pinto</i> cv. Belmonte na altura o dossel de 10(a),<br>20(b), 30(c) 40 (d) cm na estação de outono..... | 162 |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| Figura 14 | Distribuição vertical dos componentes botânicos e morfológicos em pastos de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu consorciados com <i>Arachis pintoii</i> cv. Belmonte na altura o dossel de 10(a), 20(b), 30(c) 40 (d) cm na estação de inverno.....   | 163 |
| Figura 15 | Distribuição vertical dos componentes botânicos e morfológicos em pastos de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu consorciados com <i>Arachis pintoii</i> cv. Belmonte na altura o dossel de 10(a), 20(b), 30(c) 40 (d) cm na estação de primavera..... | 164 |
| Figura 16 | Distribuição vertical dos componentes botânicos e morfológicos em pastos de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu consorciados com <i>Arachis pintoii</i> cv. Belmonte na altura o dossel de 10(a), 20(b), 30(c) 40 (d) cm na estação de verão.....     | 165 |
| Figura 17 | Forragem total colhida nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel .....   | 166 |
| Figura 18 | Colmo colhido nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel.....   | 167 |
| Figura 19 | Folha colhida nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel .....  | 168 |
| Figura 20 | Inflorescência colhida nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel .....   | 169 |
| Figura 21 | Material morto colhido nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel.....  | 170 |
| Figura 22 | Leguminosa colhida nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel .....   | 171 |

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 3

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| Tabela 1 | Análise de solo da área experimental .....  | 74  |
| Tabela 2 | Variáveis morfogênicas da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu nas quatro estações do ano.....                                   | 94  |
| Tabela 3 | Características estruturais da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu nas quatro estações do ano.....                              | 98  |
| Tabela 4 | Características morfogênicas do <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte nas quatro estações do ano.....                                  | 100 |
| Tabela 5 | Características estruturais do <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte nas quatro estações do ano.....                                   | 107 |
| Tabela 6 | Características estruturais do <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte nas quatro estações do ano.....                                   | 108 |
| Tabela 7 | Nº de perfilhos aéreos.m <sup>-2</sup> (DPPa) e densidade populacional de ramos secundários (DPRs) nas quatro estações do ano ..... | 113 |
| Tabela 8 | Índice de área foliar (IAF) do dossel nas quatro estações do ano ..   | 115 |
| Tabela 9 | Área foliar específica (AFE) do <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte nas quatro estações do ano.....                                  | 118 |

### CAPÍTULO 4

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| Tabela 1 | Análise de solo da área experimental .....   | 138 |
| Tabela 2 | Massa de componentes da gramínea nas quatro estações do ano...                               | 150 |
| Tabela 3 | Proporção de componentes da gramínea nas quatro estações do ano .....                        | 154 |
| Tabela 4 | Variáveis de avaliação do <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte nas quatro estações do ano..... | 156 |

## SUMÁRIO

|                |  |    |
|----------------|--|----|
|                | <b>CAPÍTULO 1</b> Introdução geral .....   | 20 |
| <b>1</b>       | <b>INTRODUÇÃO</b> .....  | 20 |
| <b>2</b>       | <b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....   | 23 |
| <b>2.1</b>     | <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.....   | 23 |
| <b>2.2</b>     | <i>Arachis pintoii</i> cv. Belmonte.....   | 24 |
| <b>2.3</b>     | <b>Demanda de produtos de origem agropecuária</b> .....  | 24 |
| <b>2.4</b>     | <b>Produção em pastagens</b> .....   | 25 |
| <b>2.5</b>     | <b>Morfogênese de plantas forrageiras</b> .....  | 27 |
| <b>2.6</b>     | <b>Uso de leguminosas em pastos consorciados e o incremento de nitrogênio</b> .....  | 30 |
| <b>2.7</b>     | <b>Estrutura do dossel como principal definidor de metas de manejo</b> .....   | 32 |
|                | <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | 35 |
|                | <b>CAPÍTULO 2</b> Modelos de estimação da área foliar em amendoim forrageiro para aplicação em avaliações morfológicas ..... | 41 |
| <b>1</b>       | <b>INTRODUÇÃO</b> .....  | 41 |
| <b>2</b>       | <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....  | 46 |
| <b>2.1</b>     | <b>Experimento 1: Modelo de definição da área foliar do folíolo</b> .....  | 46 |
| <b>2.2</b>     | <b>Experimento 2: Simetria entre pares de folíolos da folha do <i>Arachis pintoii</i> spp</b> .....                          | 51 |
| <b>2.3</b>     | <b>Análises estatísticas</b> .....   | 51 |
| <b>3</b>       | <b>RESULTADOS</b> .....  | 53 |
| <b>3.1</b>     | <b>Experimento 1: Métodos de definição da área foliar do folíolo</b> ....  | 53 |
| <b>3.1.1</b>   | <b>Etapa 1: Estimação de modelos</b> .....   | 53 |
| <b>3.1.1.1</b> | <b>Método 1: Área foliar em função do comprimento</b> .....  | 53 |
| <b>3.1.1.2</b> | <b>Método 2: Área foliar em função de duas meias elipses</b> .....   | 53 |
| <b>3.1.1.3</b> | <b>Método 3: Área foliar em função do ajuste de formas geométricas</b> .....   | 54 |
| <b>3.1.2</b>   | <b>Etapa 2: Validação de modelos</b> .....   | 54 |
| <b>3.1.2.1</b> | <b>Modelo 1: Área foliar em função do comprimento</b> .....  | 54 |
| <b>3.1.2.2</b> | <b>Modelo 2: Área foliar em função de duas meias elipses</b> .....   | 55 |

|         |   |            |
|---------|---|------------|
| 3.1.2.3 | Modelo 3: Área foliar em função do ajuste de formas geométricas .....   | 55         |
| 3.2     | Experimento 2: Simetria entre pares de folíolos da folha do <i>Arachis pintoi</i> spp.....  | 56         |
| 3.2.1   | Identidade entre par superior de folíolos (“A” e “B”) .....   | 57         |
| 3.2.2   | Identidade entre par inferior de folíolos (“C” e “D”).....  | 58         |
| 4       | DISCUSSÃO .....   | 61         |
| 5       | CONCLUSÃO.....  | 65         |
|         | REFERÊNCIAS.....  | 66         |
|         | <b>CAPÍTULO 3 Respostas morfogênicas e estruturais de perfilhos de capim marandu e ramos de amendoim forrageiro em pastos consorciados.....</b> | <b>68</b>  |
| 1       | INTRODUÇÃO .....  | 70         |
| 2       | MATERIAL E MÉTODOS.....   | 72         |
| 2.1     | Interceptação luminosa (IL) .....   | 77         |
| 2.2     | Morfogêneses .....  | 77         |
| 2.2.1   | Morfogênese do capim-marandu.....   | 78         |
| 2.2.2   | Morfogênese do amendoim forrageiro .....  | 80         |
| 2.2.3   | Densidade populacional de perfilhos (DPP) e ramos (DPR).....  | 85         |
| 2.2.4   | Índice de área foliar (IAF) e área foliar específica (AFE) .....  | 86         |
| 2.2.5   | Modelo e análises estatísticas.....   | 87         |
| 3       | RESULTADOS.....   | 89         |
| 3.1     | Interceptação luminosa (IL) .....   | 89         |
| 3.2     | Morfogêneses .....  | 90         |
| 3.2.1   | Características morfogênicas da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu .....   | 90         |
| 3.2.2   | Características estruturais <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu ....  | 95         |
| 3.2.3   | Características morfogênicas do <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte .....  | 98         |
| 3.2.4   | Características estruturais do <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte .....   | 103        |
| 3.3     | Densidade populacional de perfilhos (DPP) e ramos (DPR).....  | 109        |
| 3.4     | Índice de área foliar do dossel (IAF) .....   | 114        |
| 3.5     | Área foliar específica (AFE) .....  | 116        |
| 4       | DISCUSSÃO .....   | 119        |
| 5       | CONCLUSÃO.....  | 125        |
|         | REFERÊNCIAS.....  | 126        |
|         | <b>CAPÍTULO 4 Estrutura do dossel forrageiro de pastos de capim marandu consorciados com amendoim forrageiro .....</b>                          | <b>131</b> |

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO</b> .....  | 134 |
| <b>2</b>   | <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....  | 136 |
| <b>2.1</b> | <b>Massa de forragem</b> .....   | 141 |
| <b>2.2</b> | <b>Biomassa de serrapilheira</b> .....   | 142 |
| <b>2.3</b> | <b>Peso médio do perfilho (PMP) da gramínea</b> .....                                | 142 |
| <b>2.4</b> | <b>Distribuição vertical dos componentes botânicos e morfológicos no pasto</b> ..... | 143 |
| <b>2.5</b> | <b>Forragem colhida acima da altura imposta para o dossel</b> .....                  | 144 |
| <b>2.6</b> | <b>Modelo e análises estatísticas</b> .....  | 145 |
| <b>3</b>   | <b>RESULTADOS</b> .....  | 147 |
| <b>3.1</b> | <b>Massa de forragem</b> .....   | 147 |
| <b>3.2</b> | <b>Biomassa de serrapilheira</b> .....   | 157 |
| <b>3.3</b> | <b>Peso médio de perfilho (PMP)</b> .....  | 157 |
| <b>3.4</b> | <b>Distribuição vertical dos componentes botânicos e morfológicos</b> .....          | 158 |
| <b>3.5</b> | <b>Forragem colhida acima da altura imposta para o dossel</b> .....                  | 166 |
| <b>4</b>   | <b>DISCUSSÃO</b> .....   | 172 |
| <b>5</b>   | <b>CONCLUSÃO</b> .....   | 178 |
|            | <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | 179 |
|            | <b>CONCLUSÃO GERAL</b> .....   | 183 |

## **CAPÍTULO 1 Introdução geral**

### **1 INTRODUÇÃO**

A produção de forragem em sistemas de pastagens é regulada pelas variáveis ambientais, morfogênese das espécies de plantas e características do dossel. Com o crescimento dos pastos, o tecido das mesmas se acumula pelo aparecimento e alongamento de folhas, e são sujeitos ao envelhecimento e senescência, o qual dita o processo do acúmulo de serrapilheira e, eventualmente, a decomposição (LEMAIRE et al., 2009).

As forrageiras tropicais apresentam grande capacidade de regeneração de tecido foliar. Esta peculiaridade garante às gramíneas maior persistência após o corte ou pastejo. A regeneração se dá, a partir da emissão de folhas de meristemas apicais, que estão abaixo do plano de corte e, ou, das gemas axilares ou basilares, por meio de brotação ou do perfilhamento. Assim fica evidente para a gramínea, a importância do processo de perfilhamento quando o meristema apical é eliminado. Segundo Langer (1972), este processo é extremamente importante para a fase de estabelecimento da planta, pois, no estágio de três a cinco folhas, o azevém perene inicia o perfilhamento a partir das gemas basilares.

Estima-se que cerca de 30 milhões de hectares de pastagens implantadas no Brasil Central estejam em algum nível de degradação, onde a capacidade de suporte não ultrapassa 0,8 UA/ha e a produção animal não alcança 40 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em peso vivo (BARCELLOS; COSTA; PIZARRO, 1996), sendo a falta de reposição dos nutrientes no solo considerado um dos responsáveis por essa situação.

As leguminosas têm sido estudadas como uma alternativa para fornecimento de N aos ecossistemas de pastagens, em regiões de solos ácidos

dos trópicos, com baixo uso de insumos, como é o caso dos Cerrados, pois são capazes de fixar quantidades de 70 a 140 kg/ha de N (LEITE et al., 1985), tornando o sistema mais estável ao longo do tempo e conferindo-lhe sustentabilidade. Segundo Peoples e Craswell (1992), a fixação biológica do nitrogênio (FBN) é a principal via de inclusão do N atmosférico no sistema solo-planta (170 - 109 kg de N.ano<sup>-1</sup>).

Segundo Lascano e Euclides (1996), esses benefícios não se limitam somente ao sistema solo-planta, pastos consorciados de gramíneas com leguminosas, possibilitam acréscimos de 10 a 30% na produção animal, em relação às pastagens exclusivas de gramíneas. Porém, tem sido recorrente o problema que as leguminosas são pouco persistentes na pastagem.

Outros fatores, a não ser a fertilidade do solo, podem, também, influenciar na persistência da planta, como, por exemplo, manejos incorretos realizados na pastagem. Erros de manejo podem provocar alterações na estrutura do dossel que pode ter como resultado baixa utilização da forragem no dossel.

O manejo do pastejo pode alterar algumas características do pasto, como a densidade de perfilhos, que é influenciada por intensidades e frequências de desfolhação. A relação inversa entre densidade populacional e tamanho individual de perfilhos, em comunidades de plantas forrageiras submetidas à desfolhação, tem sido descrita para muitos pastos de gramíneas (DAVIES, 1988; GRANT et al., 1983). Em outras palavras, o dossel em menores alturas responde com um mecanismo de maior densidade de perfilhos, que tem como finalidade maior ocupação da área de solo, compensando a redução da produção individual do perfilho, gerando um aumento na produtividade. Além disso, o perfilhamento é uma alternativa para a planta ter melhor estabelecimento no pasto.

Nesse contexto, quando o animal é inserido no sistema solo-planta, o mesmo, também, provoca alterações na comunidade vegetal. Segundo Wade (1991), existe uma alta correlação entre as taxas de lotação animal, a altura do



pasto e a espécie da planta com a frequência de desfolhação de um perfilho individual e a densidade populacional.

Dessa forma pode-se perceber a influência da estrutura do dossel nas respostas produtivas e morfogênicas da planta. Nesse contexto, em trabalho realizado por Gobbi et al. (2011), a área foliar específica das folhas do amendoim forrageiro variou quando submetida a sombreamento. As alterações anatômicas que ocorrem nas folhas que se desenvolvem sob baixa luminosidade têm papel importante na adaptação da planta às condições impostas pelo ambiente. Geralmente estas alterações estão relacionadas com o aumento da captação e aproveitamento da luz incidente, recurso que limita o crescimento na sombra, aumentando a eficiência fotossintética da planta (LAMBERS; CHAPIM; PONS, 1998).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

*Brachiaria* inclui cerca de 100 espécies, de origem principalmente tropical e subtropical africana. Sete dessas espécies - *B. arrecta*, *B. brizantha*, *B. decumbens*, *B. dictyoneura*, *B. humidicola*, *B. mutica* e *B. ruziziensis* - são muito utilizadas como plantas forrageiras na América Tropical (KELLER-GREIN; MAASS; HANSON, 1996). Um pouco de espécies africanas como *B. plantaginea* e, provavelmente, *B. mutica* foram introduzidas, durante o período colonial, como cama para os escravos em navios negreiros (PARSONS, 1972; SENDULSKY, 1978).

A *B. brizantha* cv. Marandu, também conhecida como braquiarião ou brizantão, foi lançada pela EMBRAPA no ano de 1984 e, segundo Macedo (2006), responde por cerca de 80% das pastagens em alguns estados da região norte como Acre, Rondônia e Pará, e por cerca de 50% das pastagens cultivadas no Brasil. Seu nome significa “novidade”, no idioma Guarani, visto que se tratava de uma nova alternativa de forrageira para a região dos Cerrados. É recomendada para solos de média a boa fertilidade (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1985), possuindo boa capacidade de rebrota, tolerância ao frio e à seca (PORZECANSKI et al., 1979), boa tolerância a altos níveis de Al e Mn no solo, respondendo de forma superior à aplicação de calcário em comparação à *B. decumbens* e *B. humidicola*. Produz de 8 a 10 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de MS (ALCÂNTARA; BUFARAH, 1985).

A cultivar Marandu pode ser diferenciada de outros ecotipos de *B. brizantha* pelas seguintes características: são plantas sempre robustas e com intenso perfilhamento nos nós superiores dos colmos floríferos; possuem pelos na porção apical dos entrenós e bainhas; lâminas foliares largas e longas, com

pubescência apenas na face inferior, glabras na face superior e com margens não cortantes; raque sem pigmentação arroxeadada e espiguetas ciliadas no ápice (VALLS; SENDULSK, 1984).

## **2.2 *Arachis pinto* cv. Belmonte**

As leguminosas do gênero *Arachis* são nativas da América do Sul, onde cerca de 70 a 80 espécies se distribuem pela Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai, Peru e Uruguai (KRAPOVICKAS; GREGORY, 1994; RINCÓN et al., 1992).

A espécie *Arachis pinto* Krapov. & W.C. Greg. é uma leguminosa herbácea perene, de porte rasteiro, com 20 a 60 cm de altura, possuindo folhas alternas, com dois pares de folíolos ovalados, glabros mas com pelos sedosos nas margens. O caule é ramificado, cilíndrico, ligeiramente achatado, com entrenós curtos e estolões que podem chegar a 1,5 m (ARGEL; PIZARRO, 1992; PEREIRA, 1999).

As características reprodutivas da espécie são únicas: desenvolvimento do fruto abaixo da superfície do solo (VALLS; SIMPSON, 1994), fato que contribui para a regeneração e persistência da espécie (MONTENEGRO; PINZÓN, 1997).

## **2.3 Demanda de produtos de origem agropecuária**

Segundo a Food and Agriculture organization of the United Nations - FAO (2002), a demanda mundial por produtos de origem animal, em particular a carne bovina e o leite, deve aumentar consideravelmente nos próximos anos, em resposta ao crescimento populacional e ao incremento no consumo per capita. Em média, na projeção da ONU, ocorrerá um crescimento populacional de 6,1

bilhões de pessoas em 2000, para 7,2 bilhões em 2015 e 8,3 bilhões em 2030, caminhando para 9,3 bilhões em 2050.

Alterações na dieta acompanham de perto o aumento nos rendimentos e ocorrem quase que independentemente da geografia, história, cultura ou religião. Essas mudanças tiveram um impacto sobre a demanda mundial por produtos agrícolas e vão continuar fazendo isso. O consumo de carne nos países em desenvolvimento, por exemplo, aumentou de apenas 10 kg por pessoa por ano em 1964-66 para 26 em 1997-99. Projeta-se um incremento ainda maior, atingindo um consumo de cerca de 37 kg por pessoa por ano em 2030. Leite e produtos lácteos também, têm visto um crescimento rápido, a partir de 28 kg por pessoa por ano em 1964-66 para 45 kg agora, e pode subir para 66 kg em 2030 (FAO, 2002).

#### **2.4 Produção em pastagens**

Segundo Da Silva e Nascimento Júnior (2006), a produção animal em pasto é a maior responsável pela manutenção da cadeia produtiva de carne, leite e derivados no Brasil, pois a alimentação desse rebanho consiste basicamente de gramíneas cultivadas ou nativas. Os levantamentos mais recentes apontam que, nos últimos 30 anos, a área ocupada por pastagens no Brasil passou de 154,1 para 177,7 milhões de hectares. As pastagens cultivadas vêm ocupando um espaço cada vez maior passando de 29,5 milhões de hectares em 1970 para 99,7 milhões em 1996. A maior proporção de áreas ocupadas por pastagens nativas na década de 70 correspondia ao ecossistema Cerrado, atualmente responsável por cerca de 50% da produção de carne do país e cerca de 49,5 milhões de hectares de pastagens cultivadas.

É inquestionável que a competitividade da atividade pecuária brasileira origina-se, em grande parte, da produção de forragem obtida em pastagens

cultivadas. Portanto, os cultivares de espécies forrageiras que contribuem para incrementar a produtividade dos diferentes sistemas de produção, são tecnologias que a cadeia produtiva da pecuária brasileira não pode prescindir (BARCELLOS; RAMOS, 2009).

A necessidade de maior eficiência para produção em sistemas a pasto é evidente. Essa filosofia, estritamente pragmática e imediatista de produção, é compreensível e até justificável pela necessidade de aumentar a produção de alimentos e criar competitividade da exploração pecuária em relação a outras modalidades de exploração econômica da terra (CORSI et al., 2001).

Otimizar os recursos disponíveis para a exploração em sistemas de pastagens deve ser uma prática imprescindível na atual conjuntura, pois, se por um lado, esse é um sistema barato, por outro, ele deve ser manejado de forma eficiente. A utilização de tecnologias existentes no manejo do pastejo serve como suporte para obtenção de melhores resultados, como, por exemplo, aumento na produtividade e a longevidade das pastagens, simplesmente, pelo monitoramento das condições do dossel, uma prática fácil e de baixo custo. Cada vez mais, deve-se destacar que a agropecuária moderna exige aumento da produtividade e qualidade, e deve ser competitiva, sem comprometer o meio ambiente, por meio da adoção de tecnologias adequadas que, nem sempre, são caras.

Nesse cenário, o manejo do pastejo desponta como alternativa lógica e ponto de partida para qualquer intervenção no sistema, sempre, antes que outro tipo de intervenção possa ser considerado. Esse fato, contudo, não significa que práticas como adubação e correção do solo e irrigação não sejam desejáveis. Muito pelo contrário, significa apenas que, numa escala de prioridades, todo processo de intensificação da produção deve passar primeiro pela colheita da forragem produzida, antes de se pensar em aumentar a produção por meio do uso

de fertilizantes nitrogenados e irrigação (DA SILVA; NASCIMENTO JÚNIOR, 2006).

## 2.5 Morfogênese de plantas forrageiras

Para entender a evolução de um sistema de pastagem como um todo, devemos atentar para a unidade básica que compõe as pastagens de gramíneas forrageiras que é o perfilho (HODGSON, 1990). O conhecimento da forma como os mesmos são formados na gramínea (Figura 1) é de fundamental importância, tendo em vista que o processo de renovação e gênese de tecidos, durante seu período de vida, estabelece a possibilidade de manipulação dos padrões de desfolhação de perfilhos individuais, por meio de estratégias de manejo visando à maior eficiência de utilização da forragem colhida.

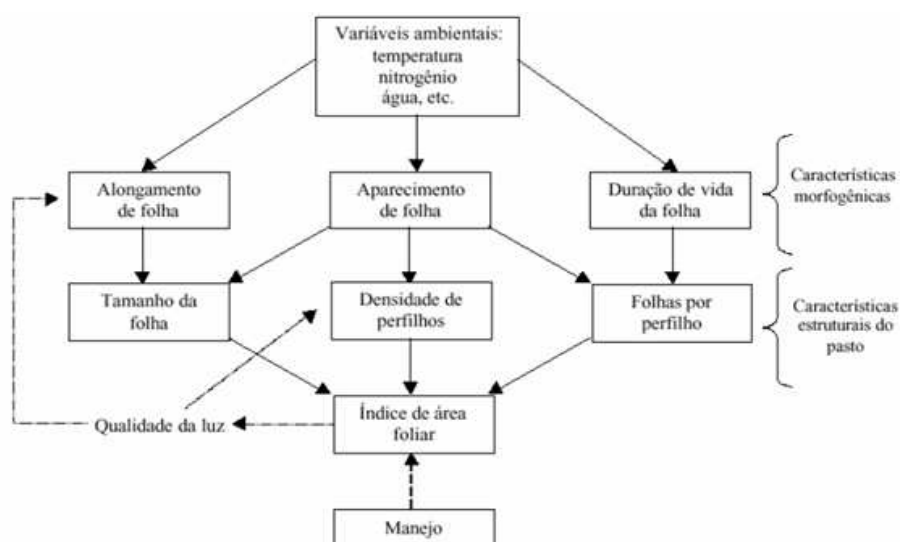


Figura 1 Relação entre características morfológicas e estruturais da pastagem

Fonte: Lemaire e Chapman (1996)

A produtividade de uma gramínea decorre da contínua emissão de folhas e perfilhos, processo importante após o corte ou pastejo para restaurar a área foliar da planta e permitir a perenidade do pasto. O entendimento de características morfogenéticas permite ao técnico uma visualização da curva de produção, acúmulo de forragem e uma estimativa da qualidade do pasto (GOMIDE; GOMIDE, 2000), podendo ser um indicativo de recomendação de práticas de manejo diferenciadas.

Morfogênese da planta pode ser definida como a dinâmica da geração (gênese) e expansão da forma da planta no espaço (CHAPMAN; LEMAIRE, 1993). De acordo com Gillet, Lemaire e Gosse (1984), a morfogênese das plantas depende da genética da espécie e é dependente da temperatura do ambiente. Este programa morfogenético determina o funcionamento e a coordenação de meristemas em termos das taxas de produção e expansão de células novas, as quais, por sua vez, definem a dinâmica de expansão dos órgãos de crescimento (folha, entrenó, perfilho) e o C e N exigem necessário para encher os volumes correspondentes de expansão (DURAND et al., 1991).

Segundo Cruz e Boval (2000), a comparação entre as diferenças dos dois tipos de padrões de crescimento, em termos do que tem sido dito sobre suas variáveis morfogênicas, nos permitirá descrever com mais precisão suas respectivas dinâmicas de crescimento. É conhecido que o número de folhas de um perfilho é o produto do equilíbrio entre as taxas de aparecimento e senescência, assim, pode-se deduzir que, durante o ciclo de crescimento para uma dada espécie cespitosa, até certo ponto as folhas emergentes serão progressivamente maiores e haverá uma acumulação positiva de tecidos por perfilho, como as folhas senescentes serão sempre menores do que aqueles emergentes. Por outro lado, a senescência foliar de espécies estoloníferas ocorre muito mais cedo que a expansão de folhas, entretanto, à medida que as folhas

são emitidas, a emissão de novas folhas será cada vez menor com o passar do tempo.

No caso do amendoim forrageiro, folhas e ramos são produzidos também por partes aéreas da planta, e os entrenós sempre se alongam, mesmo quando a indução floral ocorre. Meristemas axilares desenvolvem por estolões horizontais, expandindo a planta lateralmente (FICK; CLARK, 1998). Durante o desenvolvimento vegetativo, a morfogênese de um ponto de crescimento pode ser caracterizada pelas mesmas variáveis descritas para perfilhos em gramíneas cespitosas (TALF, TAPF e TALC) e para estolões (ou caule) (CRUZ; BOVAL, 2000) em leguminosas.

Segundo Cruz e Boval (2000), é necessário adaptar o diagrama de Lemaire e Chapman (1996) para descrever a morfogênese em plantas estoloníferas (Figura 2), e, segundo aqueles autores, dentre as características descritas, a taxa de alongamento do caule (TALC) é a variável morfogênica que determina o padrão de desenvolvimento da planta, pois o mesmo tem efeito sobre as variáveis da folha, seja direta ou indiretamente. Dessa forma, a densidade de plantas é uma característica do dossel, diretamente relacionada com a variável citada, exercendo grande influência sobre as características do dossel e plasticidade da planta, uma vez que as plantas são disseminadas vegetativamente pelo crescimento dos ramos secundários.



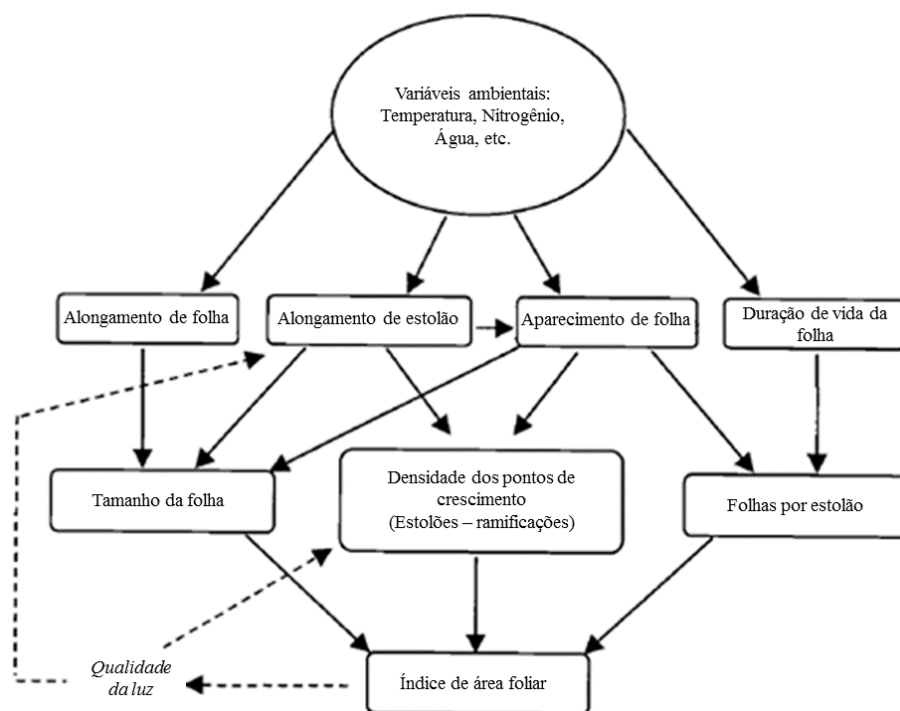


Figura 2 Diagrama sugerido por Cruz e Boval (2000), adaptado de Lemaire e Chapman (1996), para as relações entre as variáveis morfológicas e características estruturais do pasto de espécies estoloníferas

## 2.6 Uso de leguminosas em pastos consorciados e o incremento de nitrogênio

Uma das alternativas para aumentar a produção e melhorar a qualidade da forragem é o estabelecimento de pastagens de gramíneas e leguminosas tropicais em consórcio. As leguminosas forrageiras, capazes de fixar o  $N_2$  do ar atmosférico, noduladas por bactérias do gênero *Rhizobium* representam uma importante contribuição para adição de nitrogênio às pastagens. Diretamente, a leguminosa é capaz de melhorar a qualidade da dieta animal e indiretamente, a contribuição se dá por transferência de nitrogênio para a gramínea associada,

refletindo em melhoria de atributos forrageiros, como teor de proteína e maior capacidade produtiva, o que se traduz por maior capacidade de suporte. Porém, o grande desafio no manejo de pastagens consorciadas é manter a composição botânica do consórcio com uma alta proporção de leguminosas.

Para que os sistemas de produção agrícola permaneçam produtivos e sejam sustentáveis em longo prazo, será necessário buscar alternativas para reposição dos nutrientes que são exportados ou perdidos no solo (ANDRADE, 2012). Segundo Oliveira et al. (2004), N e P são os nutrientes que mais limitam o crescimento de braquiárias em solos de cerrado, dos quais o primeiro seria o mais relevante e Boddey et al. (2004), complementa, o N é o principal elemento para a sustentabilidade das pastagens tropicais e subtropicais. No caso do nitrogênio, a maneira mais sustentável de se conseguir isso é por meio da fixação biológica do nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ), especialmente, por plantas leguminosas (PEOPLES; HERRIDGE; LADHA, 1995).

O uso de leguminosas fixadoras de N, em sistemas de produção a pasto, também, tem potencial de alterar a ciclagem de nutrientes na pastagem. Adição de  $N_2$ , por meio da fixação biológica, é, talvez, o benefício mais aparente, mas a diversificação de espécies na pastagem, também, traz benefícios (TILMAN; HILL; LEHMAN, 2006). Espécies com habilidades de exploração do solo podem contribuir na reciclagem de nutrientes das camadas mais profundas para as camadas mais superficiais, beneficiando espécies com sistema radicular menos desenvolvido.

Deste modo, uma das principais expectativas com relação ao uso de leguminosas para formação de pastos consorciados é o aporte de N para manter as pastagens produtivas. Estudos têm demonstrado que a FBN corresponde, em média, 80% do N contido na biomassa aérea das leguminosas. Para o *Arachis pintoii*, por exemplo, a quantidade fixada varia de 15 a 25 kg de N para cada tonelada de matéria seca produzida. Portanto é possível manter um balanço

positivo de N nas pastagens cultivadas em regiões tropicais por meio da utilização de pastos consorciados (ANDRADE, 2012).

No geral é aceito que as gramíneas apresentam vantagem competitiva em relação às leguminosas e, portanto, tendem a dominar nas pastagens (HAYNES, 1980), mas diversos fatores, tanto das plantas, como ambientais, podem influenciar o balanço entre espécies num consórcio. Um grande número de fatores (planta, solo e ambiente) pode influenciar o equilíbrio de espécies em pastos consorciados em condições de não equilíbrio (HAYNES, 1980). No entanto, em muitos casos, a proporção de leguminosas forrageiras varia, tanto de ano para ano, como dentro de períodos de crescimento individuais, o que resulta, muitas vezes, na dificuldade em prever e manejar, por parte dos agricultores, o consórcio entre gramíneas-leguminosas (KESSLER; NÖSBERGER, 1994).

## **2.7 Estrutura do dossel como principal definidor de metas de manejo**

Segundo Hodgson (1990), dentre as características estruturais do dossel, a altura é a que apresenta relação mais consistente com as respostas de plantas e animais quando comparada a características como massa de forragem, massa de folhas e índice de área foliar. Provavelmente essa característica esteja altamente relacionada com o desempenho animal pelo fato de o consumo por bocado ser bastante sensível às variações em condições de dossel e, particularmente, variações em altura.

Em decorrência da complexa interação entre os processos envolvendo o acúmulo de forragem e a sua utilização em sistemas de lotação contínua, um critério como a 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; TREACHER, 1987).

Na busca pela correta condução dos animais em pastejo, é de grande importância o conhecimento do processo de transformação da forragem em produto animal e, principalmente, da dinâmica dos processos de crescimento e desenvolvimento das plantas que compõem a pastagem e suas respostas morfofisiológicas aos fatores interferentes. Entre esses fatores, destaca-se a intensidade de pastejo, que afeta diretamente as taxas de acúmulo de forragem (PARSONS et al., 1983).

Para pastos consorciados com leguminosas, manejados em regime de lotação contínua, espera-se que a estratégia de manter o dossel com alturas mais baixas contribua com a persistência da leguminosa, em virtude da maior incidência de luminosidade, e, conseqüentemente, maior proporção dessa planta na composição botânica. Além do crescimento prostrado do *Arachis*, as características do relvado devem favorecer uma condição de desenvolvimento harmônico do consórcio, pois permitem maior proteção para as zonas de crescimento do amendoim forrageiro. Dessa forma, essas características das plantas e do dossel favorecem a manutenção da leguminosa no pasto e proporcionam uma fixação biológica de nitrogênio de forma eficiente para gramínea.

Segundo Lascano (2000), a relação entre a proporção de leguminosa na dieta de animais em pastejo e a forragem disponível, também é afetada pela estrutura do pasto (dentro ou entre diferentes tipos de pastagem), e essa característica pode ser utilizada para o desenvolvimento de metas de manejo do pastejo, aplicáveis para diferentes consórcios entre gramíneas e leguminosas, com base em leguminosas adaptadas às limitações bióticas e abióticas.

A falta de investimentos e de manejo com foco na perenidade das pastagens promove a queda na produção de forragem, baixo vigor da pastagem, baixa capacidade de suporte, crescimento de plantas invasoras, reduzida cobertura vegetal, os quais são indicadores de pastagens degradadas, que podem

estar em um estágio de maior ou menor degradação. Dias Filho (2011) classifica os processos de degradação em quatro e os mais marcantes são a degradação agrícola e a degradação biológica que são caracterizados por, respectivamente, grande aumento no percentual de plantas daninhas em resposta à perda de vigor, diminuição da cobertura do solo pelas forrageiras ou morte generalizada do capim, e alto percentual de solo descoberto, pouca ou nenhuma forragem e perda considerável de solo por erosão. A degradação de pastagens é reflexo de um manejo inadequado do solo e dos pastos, falta de reposição da fertilidade e falhas no estabelecimento das pastagens.

Cada vez mais, deve-se destacar que a agropecuária moderna exige aumento da produtividade e qualidade, além de ser competitiva, sem comprometer o meio ambiente. O manejo de consorciações é, sem dúvida, mais complexo que o manejo de pastagens solteiras, pois inclui os efeitos de competição entre espécies da comunidade vegetal, a seletividade animal sobre os componentes morfológicos de cada espécie, além do desconhecimento, por grande parte dos produtores e técnicos, do manejo dessas plantas. Neste sentido, conhecer ecofisiologicamente as leguminosas dentro dos sistemas produtivos é de fundamental importância, para traçar metas de uso, favorecendo a persistência das leguminosas nas pastagens com retorno lucrativo por meio da produtividade animal.

Objetivou-se com esse trabalho estabelecer condições de manejo e as relações existentes entre estrutura do dossel de *B. brizantha* cv. Marandu em consórcio com amendoim forrageiro cv. Belmonte e os fatores de produção, persistência e estrutura do pasto.

## REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, P. B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras**: gramíneas e leguminosas. São Paulo: Nobel, 1985. 162 p.

ANDRADE, C. M. S. Importância das leguminosas forrageiras para a sustentabilidade dos sistemas de produção de ruminantes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES NO CERRADO: SUSTENTABILIDADE DO SISTEMA PRODUTIVO, 1., 2012, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2012. p. 47-94.

ARGEL, P. J.; PIZARRO, E. A. Germplasm case study: *Arachis pintoii*. In: **Pasture for the Tropical Lowlands**: CIAT's Contribution. Cali: CIAT, 1992. p. 57-73.

BARCELLOS, A. O.; COSTA, N. L.; PIZARRO, E. A. Avaliação sob pastejo em pequenas parcelas de *Arachis pintoii* consorciado com *Paspalum atratum* em solo de várzea. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. v. 1, p. 218-220.

BARCELLOS, A. O.; RAMOS, A. K. B. Pastagens tropicais consorciadas: mitos e verdades. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGEM, 6.; CONGRESSO DE FORRAGICULTURA E PASTAGEM, 3., 2009, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2009. 184 p.

BODDEY, R. M. et al. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Philadelphia, v. 103, p. 389-403, 2004.

CHAPMAN, D. F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M. J. (Ed.). **Grassland of our world**. Wellington: SIR, 1993. p. 55-64.

CORSI, M. et al. Tendências e perspectivas da produção de bovinos sob pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 1., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 3-69.

CRUZ, P.; BOVAL, M. Effect of nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: LEMAIRE, G. et al. **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CABI International, 2000. p. 151-168.

DA SILVA, S. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Sistema intensivo de produção de pastagens. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 2., 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: CBNA – AMENA, 2006. 31 p.

DAVIES, A. The regrowth of grass swards. In: JONES, M. B.; LAZENBY, A. (Ed.). **The grass crop**. London: Chapman and Hall, 1988. p. 85-127.

DIAS FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. ver. atual. e ampl. Belém: MBDF, 2011. 215 p.

DURAND, J. L. et al. Carbon partitioning in forage crops. **Acta Biotheoretica**, Reydon, v. 39, p. 213–224, 1991.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. **Brachiaria brizantha cv. Marandu**. Campo Grande: Embrapa, 1985. 31 p. (Documento, 21).

FICK, G. W.; CLARK, E. A. The future of grass for dairy cattle. In: CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R. (Ed.). **Grass for dairy cattle**. Wallingford: CAB International, 1998. p. 1–22.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **World agriculture: towards 2015/2030: summary report**. Rome, 2002. 97 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/012/i0680e/i0680e.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2012.

GILLET, M.; LEMAIRE, G.; GOSSE, G. Essai d'élaboration d'un schéma global de croissance des graminées fourragères. **Agronomie**, Paris, v. 4, p. 75–82, 1984.

GOBBI, K.F. et al. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, n. 7, p. 1436-1444, 2011.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n. 2, p. 341-348, 2000.

GRANT, S. A. et al. Sward management, lamina turnover and tiller population-density in continuously stocked lolium-perenne-dominated swards. **Grass and Forage Science**, Malden, v. 38, n. 4, p. 333-344, 1983.

HAYNES, R. J. Competitive aspects of the grass–legume association. **Advances in Agronomy**, Newark, v. 33, p. 227–256, 1980.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. New York: J. Wiley, 1990. 203 p.

KELLER-GREIN, G.; MAASS, B. L.; HANSON, J. Natural variation in Brachiaria and existing germoplasma collections. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE C. B. (Ed.). **Brachiaria: biology, agronomy, and improvement**. Cali: CIAT, 1996. p. 16-42.



KESSLER, W.; NÖSBERGER, J. Factors limiting white clover growth in grass/clover systems: grassland and society. In: GENERAL MEETING OF THE EUROPEAN GRASSLAND FEDERATION, 5., 1994, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: European Grassland Federation, 1994. p. 525–538.

KRAPOVICKAS, E.; GREGORY, W. C. Taxonomia del gênero *Arachis* (Leguminosae). **Bonplandia**, Corrientes, v. 8, p. 1-186, 1994.

LAMBERS, H.; CHAPIM, I. F. S.; PONS, T. L. **Plant physiological ecology**. New York: Springer, 1998. 540 p

LANGER, R. H. M. **How grasses grow**. London: E. Arnold, 1972. 60 p. (Studies in Biology, 34).

LASCANO, C. E.; EUCLIDES, V. P. B. Nutritional quality and animal production of *Brachiaria* pastures. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. (Ed.). **Brachiaria: biology, agronomy, and improvement**. Cali: CIAT, 1996. p. 106-123.

LASCANO, C. E. Selective grazing on grass– Legume mixtures in tropical pastures. In: LEMAIRE, G. et al. **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CABI International, 2000. p. 249-263.

LEITE, V. B. O. et al. Medidas do potencial de fornecimento de nitrogênio por leguminosas de clima tropical em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 131-148, 1985.

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

LEMAIRE, G. et al. Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures: a review. **Grass and Forage Science**, Malden, v. 64, p. 341–353, 2009.

MACEDO, M. C. M. Aspectos edáficos relacionados com a produção de *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu. In: BARBOSA, R. A. (Ed.). **Morte de pastos de Braquiárias**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006. p. 35-65.

MAXWELL, T. J.; TREACHER, T. T. Decision rules for grassland management. In: POLLOTT, G. E. (Ed.). **Efficient sheep production from grass**. Hurley: British Grassland Society, 1987. p. 67-78. (Occasional Symposium, 21).

MONTENEGRO, R.; PINZÓN, B. **Maní forrajero (*Arachis pinto* Krapovickas e Gregory)**: una alternativa para el sostenimiento de la ganadería en Panamá. Panamá: IDIAP, 1997. 20 p

OLIVEIRA, O. C. et al. Chemical and biological indicators of decline/ degradation of *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Philadelphia, v. 103, p. 289-300, 2004.

PARSONS, A. J. et al. The physiology of grass production undergrazing: 2- Photosynthesis, crop growth and animal intake of continuously grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 20, n. 1, p. 127-139, 1983.

PARSONS, J. J. Spread of African grasses to the American tropics. **Journal of Range Management**, Arizona, v. 25, p. 12-17, 1972.

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

PEOPLES, M. B.; HERRIDGE, D. F.; LADHA, J. K. Biological nitrogen fixation: an efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? **Plant and Soil**, Crawley, v. 174, p. 3-28, 1995.

PEREIRA, J. M. **Amendoim forrageiro cv. Belmonte**: nova opção de leguminosa forrageira para o sul da Bahia. Itabuna: CEPLAC/CEPEC, 1999.

PORZECANSKI, I. et al. **The adaptation of tropical pasture species to a cerrado environment**. Campo Grande: EMBRAPA, CNPGC, 1979.

RINCÓN, C. A. et al. **Maní forrajero perene (*Arachis pintoii* Krapovickas e Gregory)**: uma alternativa para ganaderos e agricultores. Bogotá: Instituto Colombiano Agropecuario, 1992. 23 p. (Boletín Técnico, 219).

SENDULSKY, T. Brachiaria: taxonomy of cultivated and native species in Brazil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 7, p. 99- 139, 1978.

TILMAN, D.; HILL, J.; LEHMAN, C. Carbon-negative biofuels from low-input high diversity grassland biomass. **Science**, Danvers, v. 314, n. 5805, p. 1598-1600, 2006.

VALLS, J. F. M.; SENDULSK, T. Descrição botânica. In: VALLS, J. F. M. **Documento para lançamento**. Campo Grande: [s. n.], 1984. p. 4-6.

VALLS, J. F. M.; SIMPSON, C. E. Taxonomy, natural distribution and attributes of *Arachis*. In: KERRIDGE, P. C.; HARDY, B. (Ed.). **Biology and agronomy of forage *Arachis***. Cali: CIAT, 1994. p. 1-18.

WADE, M. H. **Factors affecting the availability of vegetative *Lolium perenne* to grazing dairy cows with special reference to sward characteristics, stocking rate and grazing methods**. 1991. 243 p. Thesis (PhD) - University of Rennes, Paris, 1991.

## **CAPÍTULO 2 Modelos de estimação da área foliar em amendoim forrageiro para aplicação em avaliações morfológicas**

### **RESUMO**

Compreender as respostas morfofisiológicas das leguminosas tropicais é fundamental para o sucesso do manejo de pastagens consorciadas, para isso faz-se necessário definir metodologias específicas para avaliação do fluxo de tecidos em amendoim forrageiro. Objetivou-se nesse trabalho desenvolver e validar modelos matemáticos para estimar a área da folha do amendoim forrageiro e testar a simetria dos pares de folíolos. Foram realizados dois experimentos na Universidade Federal de Lavras. No experimento 1, a colheita de folhas foi dividida em duas etapas independentes. Na primeira (estimação) foram utilizados 501 folíolos para prever a área dos folíolos da folha do *Arachis pintoi*. Na segunda etapa (validação) 336 folíolos foram utilizados para escolher o melhor modelo proposto. Foi utilizado um folíolo do par superior e um folíolo do par inferior da folha para as análises, os quais foram digitalizados. As imagens foram processadas pelo software IMAGE TOOL (3.0), e as mensurações foram feitas após calibração. No experimento 2, foram comparados 786 pares de folíolos por meio de mensurações. Nos dois experimentos, em todos folíolos, foram medidos comprimento, largura e área foliar. As medidas do modelo identidade do experimento 1 e as comparações das medidas entre os pares superiores e inferiores de folíolos do experimento 2 foram testadas se  $H_0:\beta_0 = 0$  e  $H_0:\beta_1 = 1$ , em um nível de 5% de significância. A equação identidade do modelo 2 e a área foliar observada do folíolo ajustou-se na equação  $\hat{y} = 1,0083*x + 0,0114$ . Esse modelo relacionou a área da superfície dos folíolos e a forma geométrica da elipse. As hipóteses  $H_0:\beta_0 = 0$  ( $P=0,6132$ ) e  $H_0:\beta_1 = 1$  ( $P=0,3109$ ) não foram rejeitadas ( $P>0,05$ ), sendo os valores preditos e observados idênticos. Os pares de folíolos “A” e “B”, e os pares “C” e “D”, são iguais, uma vez que não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) nas medidas de comprimento, largura e área foliar entre eles. Por fim, para realizar avaliações morfológicas no amendoim forrageiro é necessário fazer as medições do comprimento e largura dos folíolos “A” e “C” e estimar a área dos mesmos pelo método de estimação gerado pelo modelo 2.

Palavras-chave: Metodologias. *Arachis pintoi*. Avaliações morfológicas.

## 1

**ABSTRACT**

Understanding the answers morphophysiological of tropical legumes is key to successful of management of mixed pastures, for this it is necessary to define specific methodologies for assessment of tissue flows in forage peanut. The objective of this work was to develop and validate mathematical models to estimate the leaf area of peanut and test the symmetry of pairs of leaflets. Two experiments were conducted at University of Lavras. In experiment 1, the harvest of leaves was divided into two independent steps. In the first (estimation) 501 leaflets were used to predict the area of leaflet of leaf of *Arachis pintoi*. In the second step (validation) 336 leaflets were used to choose the best model proposed. Were used one leaflet of the upper pair and one leaflet of lower pair of leaf for the analysis, which were scanned. The images were processed by the software IMAGE TOOL (3.0), and the measurements were made after calibration. In experiment 2, were compared 786 pairs of leaflets through of linear and area measurements. In both experiments, in all leaflets were measured length, width and leaf area. The measures of identity model of experiment 1 and the comparisons of measures between the upper and lower pairs of leaflets in experiment 2 were tested whether  $H_0:\beta_0 = 0$  e  $H_0:\beta_1 = 1$ , at a level of significance of 5%. The equation identity of the model 2 and the observed leaf area of leaflet set in equation  $\hat{y} = 1.0083*x + 0.0114$ . This model is related to the surface area of the leaflets and the geometric shape of the ellipse. The hypothesis  $H_0:\beta_0 = 0$  ( $P=0,6132$ ) and  $H_0:\beta_1 = 1$  ( $P=0,3109$ ) were not rejected ( $P>0.05$ ), being the predicted and observed values identical. The pairs of leaflets "A" and "B", and the pairs "C" and "D" are equal, once that there was not significant difference ( $P>0.05$ ) in measures of length, width and leaf area between them. Finally, to carry out morphogenetic evaluations in the forage peanut is necessary to make the measurements of the length and width of the leaflets "A" and "C" and estimate the area of the same by the estimation method generated by the model 2.

Key-words: Methodologies. *Arachis pintoi*. Morphogenic evaluations.

## 1 INTRODUÇÃO

A produção animal no Brasil é baseada na utilização de pastagens. A busca pela sustentabilidade em ecossistemas de pastagens faz do uso de gramíneas consorciadas com leguminosas uma prática viável, em decorrência do aporte de nitrogênio oriundo da fixação biológica, mantendo a sustentabilidade do pasto, do ponto de vista produtivo e ambiental (HERRIDGE; PEOPLES; BODDEY, 2008).

O *Arachis pintoi* é uma leguminosa originária da América do Sul, adaptada a climas tropicais, com hábito de crescimento prostrado e alto grau de compatibilidade na consorciação com gramíneas tropicais (DA SILVA; PEREIRA, 2013). A sobrevivência das leguminosas nesse sistema é um atributo desejável, uma vez que a baixa persistência dessas plantas é um problema recorrente, sendo necessária aplicação de técnicas de manejo que potencializem a exploração desta planta forrageira.

Por isso, desenvolver e padronizar métodos para mensurar o fluxo de tecidos em amendoim forrageiro é uma tarefa fundamental quando se quer quantificar as respostas da planta em função das variações das condições de meio, em determinado ecossistema.

Segundo De Kroon et al. (2005) e Mori e Niinemets (2010), as adaptações morfológicas e fisiológicas em resposta à desfolhação ou às condições ambientais locais são propriedades mais evidentes nos indivíduos da comunidade do que na população como um todo. Nesse contexto, comunidades vegetais sob pastejo ou corte podem ser consideradas como coleções de indivíduos cujas respostas das características morfogênicas e estruturais atuam de forma integrada e respondem de maneira semelhante em um ecossistema, desde que manejados de forma igual.

Trabalhos sobre fluxo de leguminosas tropicais foram realizados recentemente (SALES et al., 2013; SILVA et al., 2010; SOUSA et al., 2013), porém, a padronização dos procedimentos em relação à forma de como esses dados foram e deverão ser analisados, ainda, não foi estabelecida. Além da padronização, as etapas de estimação e validação de modelos precisam ser realizadas com a finalidade de comprovar a eficácia dos modelos propostos para prever o desenvolvimento da planta.

Diante desse processo, é imprescindível compreender as respostas morfofisiológicas das leguminosas forrageiras em pastagens. Uma possibilidade de descrever as respostas das leguminosas é a adaptação da metodologia descrita para gramíneas forrageiras (BRICHAM; HODGSON, 1983), no entanto, há de ressaltar que existem diferenças entre a morfologia dessas famílias de plantas.

Diferentemente das gramíneas, as folhas das leguminosas apresentam expansão em dois sentidos, largura e comprimento, desta forma, expressar o alongamento foliar em área é mais eficiente do que utilizar medidas lineares. Para isso, estimativa de área foliar de forma não destrutiva, por meio de medidas simples, fazem-se necessárias. Outro fator a ser considerado é a obrigatoriedade da mensuração do alongamento foliar nos quatro folíolos do amendoim forrageiro, o que pode demandar grande quantidade de mão de obra, dificultando as avaliações. Como os folíolos são dispostos em pares, a constatação da simetria entre os pares reduziria o trabalho pela metade, de forma que a avaliação ocorresse somente em um lado da folha.

Dessa forma, há a necessidade da definição de metodologias válidas para avaliações do fluxo de crescimento em leguminosas tropicais, pois as respostas obtidas podem dar indícios sobre a persistência e o crescimento dessas plantas no sistema a partir de diferentes manejos ou ambientes. Quando avaliações são desenvolvidas com a finalidade de estimar medidas reais por meio de medidas indiretas, é importante que, além de eficiente, ela seja aplicável

em condições de campo. Procedimentos muito complexos, onerosos ou que apresentam baixo rendimento em grandes escalas devem ser preteridos. Outro fator importante que deve ser observado é sobre os processos de estimação e validação dos modelos gerados, pois esses devem ser criados buscando abranger a maior variabilidade de um grupo ou espécie da qual essas inferências serão feitas, sem incorrer em erros quando se tratar do momento de aplicação dessas estimativas.

As hipóteses do trabalho são duas: (I) Os pares de folíolos da folha de amendoim forrageiro são simétricos. (II) A área foliar do amendoim forrageiro pode ser estimada por modelos que considerem medidas lineares nos folíolos.

Objetivou-se, com esse experimento, testar modelos que tragam respostas sobre a morfologia da leguminosa, que seriam desenvolvidos de forma análoga às variáveis morfogênicas de gramíneas, para padronizar e estabelecer a avaliação do fluxo de tecidos em *Arachis pintoi* spp.



## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi dividido em dois experimentos integrados. O experimento 1 foi realizado com intuito de estimar a área foliar do folíolo e o experimento 2 sobre a simetria dos pares de folíolos da folha do amendoim forrageiro. Ambos foram conduzidos no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, localizada no município de Lavras, Minas Gerais, situada na latitude 21° 14' 43" sul e a longitude 44° 59' 59" oeste. O clima da região é do tipo mesotérmico úmido subtropical de inverno seco (Classificação climática de Köppen-Geiger: Cwa), numa altitude de 918 m.

### 2.1 Experimento 1: Modelo de definição da área foliar do folíolo

Foram colhidas 250 folhas de *Arachis pintoi* Krapov. & W.C. Greg., sendo 160 folhas do cultivar Belmonte e 90 folhas do acesso BRA 040550, em sistemas consorciados com capim-marandu ou solteiro. As plantas colhidas ao longo das estações inverno, primavera e verão de 2012-2013 foram manejadas em regime de corte ou pastejo ou em crescimento livre.

Logo que as folhas foram colhidas, os quatro folíolos foram separados em pares, denominados "A" e "B", para os folíolos superiores, e "C" e "D", para os folíolos inferiores (Figura 1). Para as avaliações foram utilizados somente os folíolos "A" e "C", e o restante da folha foi descartado. Os folíolos "A" e "C" foram identificados e colocados sobre a superfície de vidro de um scanner do setor de forragicultura com um plano de fundo branco.

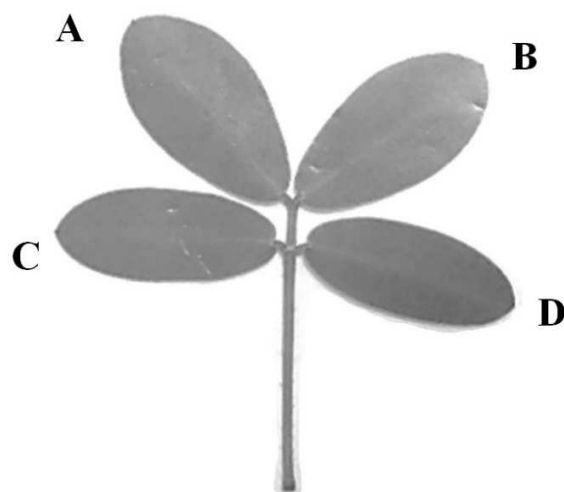


Figura 1 Detalhe da face adaxial de uma folha de *Arachis pintoii* e a classificação dos folíolos para geração dos modelos

Os arquivos digitalizados foram abertos no software IMAGE TOOL 3.0 (UTHSCSA..., 2002), para mensuração do comprimento (C), mensurado no sentido da nervura central, e largura (L) de cada folíolo. Foi denominado “ponto cruz” (PC) o comprimento da base do folíolo até o ponto onde as linhas do comprimento e da largura se cruzam. A hipotenusa (H) foi caracterizada como um segmento a partir da extremidade da largura do folíolo até a inserção com o pecíolo do mesmo. Outra medida linear realizada foi do raio menor das elipses laterais (r), representada pela curvatura da borda da parte inferior do folíolo representada pela medida entre a linha da hipotenusa (H) até o perímetro da borda na parte inferior do folíolo (Figura 2). Além desses pontos, foi mensurada a área foliar total do folíolo (S), esta foi subdividida na metade superior (S<sub>s</sub>) e inferior (S<sub>i</sub>). Na fração inferior foi mensurada a área de um triângulo (S<sub>t</sub>) (Figura 3). As medidas espaciais, utilizadas para mensurações nesse software,

foram devidamente calibradas, por meio de escalas de referência, contidas nas imagens.

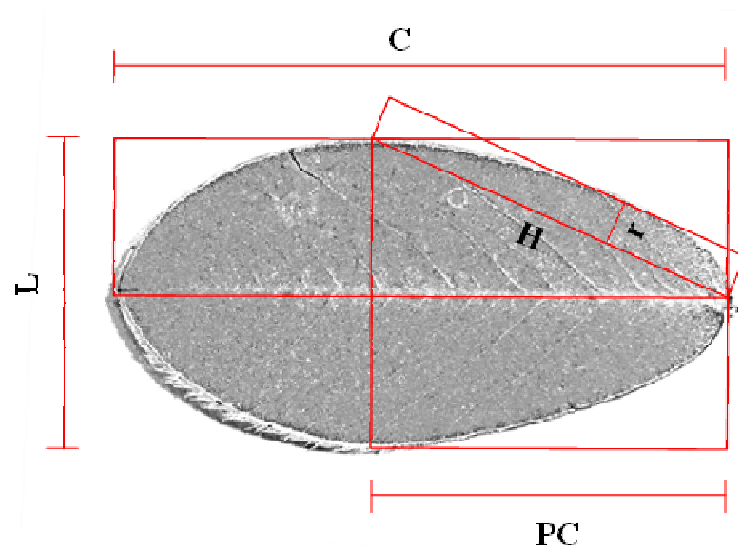


Figura 2 Esquema das medições lineares realizadas no folíolo: C=Comprimento; L=Largura; PC=Ponto cruz; H=Hipotenusa; r=raio menor da elipse lateral

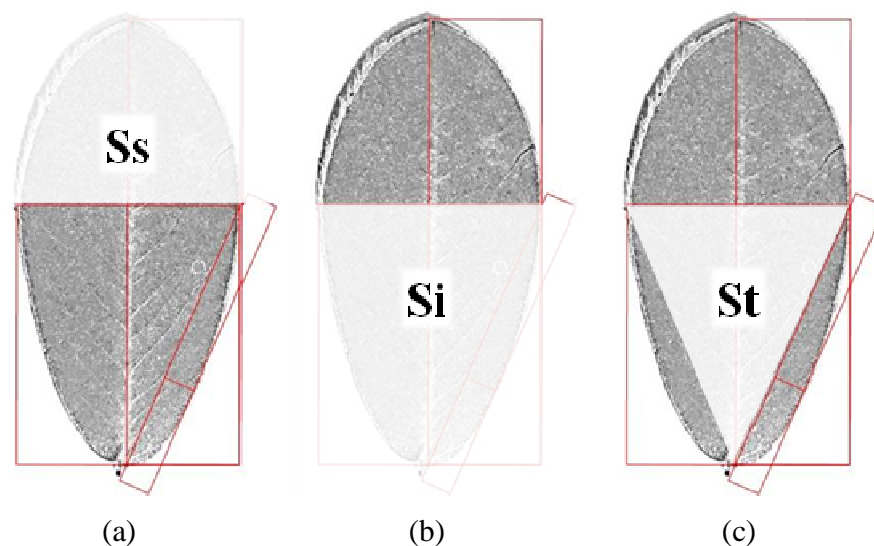


Figura 3 Esquema das subdivisões da área foliar total do folíolo (S): (a) Metade superior (Ss); (b) Metade inferior (Si); (c) Área do triângulo (St)

Três modelos foram testados para estimar a área foliar de folíolos de amendoim forrageiro. O primeiro modelo, gerado com base no comprimento, foi ajustado, por meio de uma regressão linear de primeiro grau, correlacionando a medida de comprimento e a área do folíolo, com probabilidade de 5%. O segundo e terceiro modelos foram baseados em formas geométricas que melhor se ajustavam para integralizar a superfície do folíolo.

No segundo modelo as formas geométricas utilizadas foram duas meias elipses, onde a primeira foi compreendida na fração superior do folíolo, ou seja, a partir da linha imaginária gerada pela maior largura do mesmo. A segunda meia elipse foi considerada como a parte inferior do folíolo, abaixo da linha imaginária da maior largura. O somatório das duas áreas foi associado à área

total do folíolo por meio de regressão linear de primeiro grau. Assim, a fórmula para estimar a área foliar do folíolo no modelo 2 foi definida como:

$$S_2 = \{[(C - PC) \cdot (L/2) \cdot \pi]/2\} + \{[PC \cdot (L/2)] \cdot \pi\}/2$$

Simplificando:

$$S_2 = (L \cdot \pi/4) \cdot (C - PC + PC)$$

$$S_2 = L \cdot C \cdot \pi/4 \text{ ou } S_2 = L/2 \cdot C/2 \cdot \pi$$

O terceiro modelo foi estimado com base em uma meia elipse na parte superior do folíolo. Na parte inferior do folíolo a área foi dividida em um triângulo e duas meias elipses laterais (“borda”). A área da meia elipse superior foi calculada da mesma forma que no segundo modelo. O triângulo foi calculado pela largura multiplicada pelo ponto cruz dividido por dois (2). Para o cálculo da área das meias elipses o valor da hipotenusa (H), foi usado como raio maior das bordas da parte inferior do folíolo. O raio menor da elipse foi estimado por um modelo multivariável em função da largura, comprimento e da hipotenusa (H) do folíolo a 5% de probabilidade. Desse modo, a equação utilizada para estimar a área foliar do folíolo no modelo 3 foi definida como:

$$S_3 = \{[(C - PC) \cdot (L/2) \cdot \pi]/2\} + [(PC \cdot L)/2] + \{[PC^2 \cdot (L/2)^2]^{1/2}/2\} \cdot (r) \cdot \pi/2$$

Posteriormente, os modelos gerados da área foliar estimada foram testados por modelos de identidade em relação (TEDESCHI, 2006) à área foliar real, utilizando para isso regressão linear entre estimado e real, e testando se  $\beta_0 = 0$  e  $\beta_1 = 1$ , com 5% de probabilidade. Quando os valores estimados não foram iguais aos reais, calculou-se um fator de correção para ajustar os parâmetros a  $\beta_0 = 0$  e  $\beta_1 = 1$ . Quando os valores estimados e reais foram iguais não houve ajuste no modelo.

Após os modelos serem estimados, os mesmos foram validados, para isso foram colhidas 168 folhas, totalizando 336 folíolos “A” e “C” em procedimento semelhante ao realizado para estimação dos modelos. A etapa de validação tem a finalidade de comprovar a igualdade entre a área foliar estimada do folíolo, por meio das medidas descritas para cada método, e a área foliar real do folíolo.

## **2.2 Experimento 2: Simetria entre pares de folíolos da folha do *Arachis pintoi* spp**

O experimento 2 foi conduzido em casa de vegetação e iniciou-se no mês de Fevereiro de 2012. Plantas de amendoim forrageiro cv. Belmonte (*Arachis pintoi* spp.) foram plantadas em 27 vasos de 4,5 kg de solo, mantendo-se duas (2) plantas por vaso, as mesmas foram conduzidas por um período de 150 dias, e depois foram desfolhadas, utilizando-se as folhas para as avaliações. Todas as folhas foram medidas, totalizando 393 folhas, equivalendo a 786 pares de folíolos.

Os folíolos foram separados em “A”, “B”, “C”, “D” (Figura 1). As medidas tomadas nos folíolos foram comprimento e largura. A área foliar de cada folíolo foi obtida usando o melhor modelo com base nos resultados do experimento 1.

## **2.3 Análises estatísticas**

No experimento 1 foi utilizado o modelo de identidade em que foram geradas as equações de regressão linear entre os valores estimados e observados. No experimento 2 as medições foram comparadas por meio de regressão linear, confrontando os pares de folíolos superiores e os pares inferiores da folha. Para

análise de igualdade dos dados, foi testado se houve identidade entre as equações geradas pelas hipóteses  $H_0:\beta_0 = 0$  e  $H_0:\beta_1 = 1$  (TEDESCHI, 2006), em um nível de 5% de significância. Foi utilizado o procedimento REG do SAS para análise dos dados (SAS INSTITUTE, 2002).

### **3 RESULTADOS**

#### **3.1 Experimento 1: Métodos de definição da área foliar do folíolo**

Desenvolveu modelos matemáticos que calcularam a área foliar por meio de medições indiretas no folíolo.

##### **3.1.1 Etapa 1: Estimação de modelos**

Testou diferentes métodos de estimar a área do folíolo, e adicionou fatores de correção ao modelo para a etapa de validação, quando necessário.

###### **3.1.1.1 Método 1: Área foliar em função do comprimento**

A relação entre o comprimento do folíolo e a área foliar observada ajustou-se ( $P < 0,05$ ) num modelo linear de primeiro grau. A equação obtida para estimar a área foliar em função do comprimento foi  $\hat{y} = 1,5925 \cdot x - 1,0803$ ,  $R^2 = 0,7905$ .

###### **3.1.1.2 Método 2: Área foliar em função de duas meias elipses**

O modelo de identidade entre os dados estimados pelo método 2,  $S_2 = L \cdot C \cdot \pi/4$  e a área real dos folíolos ajustou-se ( $P < 0,05$ ) na equação  $\hat{y} = 1,0108 \cdot x - 0,0076$ ,  $R^2 = 0,9778$ , em que os parâmetros testados,  $\beta_0$  foi igual a 0 ( $P = 0,693$ ) e  $\beta_1$  foi igual a 1 ( $P = 0,114$ ). Isso significa que a hipótese  $H_0$  foi rejeitada, dessa forma, esse método ajustou-se numa equação linear de primeiro grau em  $Y = X$ ,



ou seja a área do folíolo estimada pelo método 2 foi idêntica a área do folíolo observada, não sendo necessário fator de ajuste para o referido modelo.

### **3.1.1.3 Método 3: Área foliar em função do ajuste de formas geométricas**

O raio menor da elipse lateral ( $r$ ) foi estimado por uma equação multivariável, ajustando-se na seguinte equação  $\hat{y} = 0,07506 + 0,04476 \cdot L - 0,03914 \cdot C + 0,11147 \cdot H$ ; em que  $L$  = largura,  $C$  = comprimento,  $H$  = hipotenusa ( $P < 0,05$ ). Porém, os dados gerados tiveram baixo valor de coeficiente de determinação,  $R^2 = 0,222$ , ou seja, além dos fatores utilizados no cálculo, outros interferem no valor do raio menor da elipse lateral.

A relação entre a área foliar estimada do folíolo pelo método 3 e a área foliar observada ajustou-se ( $P < 0,05$ ) na equação  $\hat{y} = 0,9715 \cdot x + 0,0814$ ,  $R^2 = 0,9781$ . As hipóteses  $H_0: \beta_0 = 0$  e  $H_0: \beta_1 = 1$  foram rejeitadas, ( $P < 0,001$ ), indicando que existe diferença significativa entre os parâmetros e os valores estimados dos observados. Dessa forma, foi utilizado fator de correção para esse método. O fator de correção proposto foi inserido no seguinte modelo obtido:

$$S = (S_3) \cdot 1,0285 - 0,0814,$$

onde:  $S_3$  é a área foliar calculada pelo modelo 3.

## **3.1.2 Etapa 2: Validação de modelos**

Testou e comprovou a eficácia do modelo em calcular a área do folíolo, em função de medidas indiretas.

### **3.1.2.1 Modelo 1: Área foliar em função do comprimento**

A equação de identidade ajustada ( $P < 0,05$ ) para a AF estimada pelo modelo 1 e a AF observada foi  $Y = 0,7707x + 0,6448$ ,  $R^2 = 0,7916$ . As hipóteses  $H_0: \beta_0 = 0$  e  $H_0: \beta_1 = 1$  foram rejeitadas ( $P < 0,0001$ ). Assim o modelo 1 não foi capaz de prever a área foliar do folíolo com eficácia (Figura 4-a).

### **3.1.2.2 Modelo 2: Área foliar em função de duas meias elipses**

A equação identidade do modelo 2 e a área foliar observada do folíolo ajustou-se ( $P < 0,05$ ) na equação  $\hat{y} = 1,0083 \cdot x + 0,0114$ ,  $R^2 = 0,9774$  (Figura 4-b). As hipóteses  $H_0: \beta_0 = 0$  e  $\beta_1 = 1$  não foram rejeitadas, e os valores de P para esses parâmetros foram 0,6132 e 0,3109, respectivamente. Desta forma os valores preditos e observado foram idênticos, sendo o modelo 2 um estimador capaz de determinar a área foliar dos folíolos.

### **3.1.2.3 Modelo 3: Área foliar em função do ajuste de formas geométricas**

A equação gerada por esse modelo e a área foliar observada foi  $\hat{y} = 1,0509 \cdot x + 0,0269$ ,  $R^2 = 0,9779$  (Figura 4-c). A hipótese  $H_0: \beta_0 = 0$  ( $P = 0,2642$ ) e  $H_0: \beta_1 = 1$  ( $P < 0,0001$ ) testou a identidade do modelo por meio de dois parâmetros,  $\beta_0$  e  $\beta_1$ , e foi rejeitada. O valor P do parâmetro  $\beta_0$ , não foi significativo ( $P > 0,05$ ), indicando que a hipótese  $H_0$  foi aceita e que  $\beta_0 = 0$ , ou seja, o intercepto dessa reta, realmente, é no ponto 0 (zero) dos eixos (X, Y). Por outro lado, o parâmetro  $\beta_1$  não se ajustou ao modelo de identidade, pois a hipótese ( $P < 0,05$ ) em que  $\beta_1 = 1$  foi rejeitada, mostrando que o coeficiente angular desse parâmetro é diferente de 1. Dessa forma, o modelo 3 não conseguiu estimar a área foliar do folíolo com eficácia.

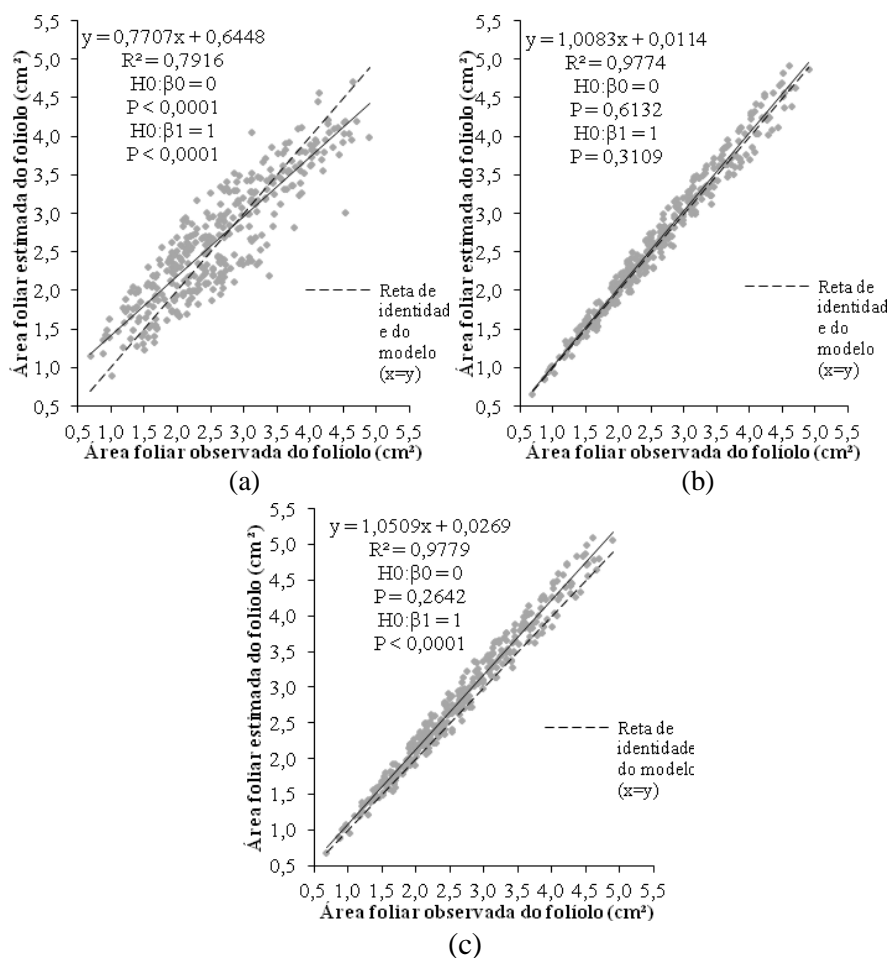


Figura 4 (a) Comparação entre a AF estimada pelo modelo 1 e a AF observada; (b) comparação entre a AF estimada pelo modelo 2 e a AF observada; (c) comparação entre a AF estimada pelo modelo 3 e a AF observada

### 3.2 Experimento 2: Simetria entre pares de folíolos da folha do *Arachis pintoi* spp

Testou a identidade entre os pares superiores de folíolos “A” e “C”, e os pares inferiores de folíolos “C” e “D”.

### 3.2.1 Identidade entre par superior de folíolos (“A” e “B”)

A equação obtida pela comparação entre comprimento dos dois folíolos superiores teve os valores de  $\beta_0$  e  $\beta_1$  iguais a -0,0001 e 0,9973, respectivamente, sendo o  $R^2 = 0,9846$ , ( $P > 0,05$ ). As hipóteses  $H_0: \beta_0 = 0$  ( $P = 0,9907$ ) e  $\beta_1 = 1$  ( $P = 0,6735$ ) não foram rejeitadas (Figura 5-a). A largura dos folíolos “A” e “B” também foi igual, uma vez que a equação obtida pela comparação entre eles obteve os valores de  $\beta_0 = 0,0152$ , com um valor  $P = 0,0700$  para a hipótese  $H_0: \beta_0 = 0$ , e para a hipótese  $H_0: \beta_1 = 1$ , o valor obtido para  $\beta_1$  foi 0,9907, com um valor  $P = 0,1979$ , e  $R^2 = 0,9797$  (Figura 5-b). Por fim, na comparação entre a área foliar dos folíolos superiores, a equação resultou no valor de  $\beta_0 = 0,0076$  e o valor de  $\beta_1 = 0,9970$ , com o  $R^2 = 0,9919$ , sendo os valores  $P$  das hipóteses  $H_0: \beta_0 = 0$  e  $H_0: \beta_1 = 1$  iguais a 0,3669 e 0,5162, respectivamente (Figura 5-c). Portanto, não houve diferença significativa entre os pares de folíolos “A” e “B”, em relação a nenhum dos parâmetros comparados, são eles, comprimento, largura e área foliar. Isso significa que os mesmos são, realmente, simétricos, ou seja, esses folíolos são idênticos.

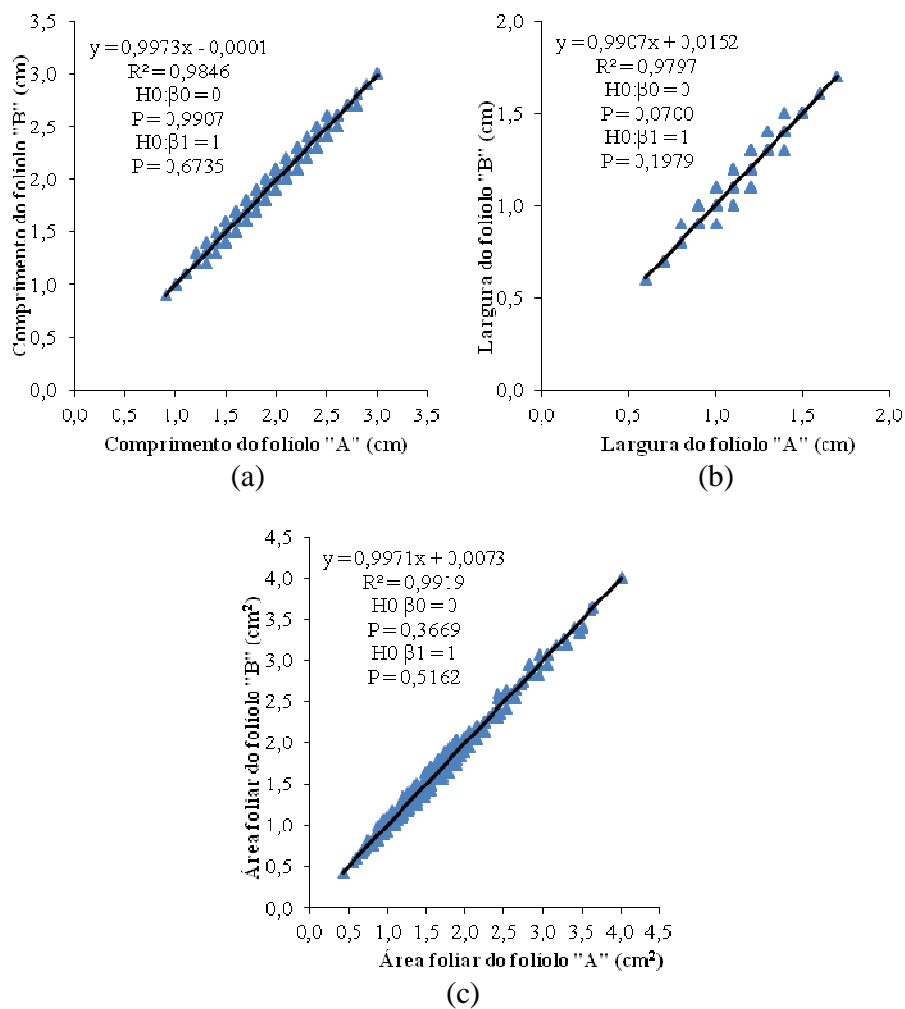


Figura 5 (a) Relação entre o comprimento de folíolos "A" e "B"; (b) relação entre a largura de folíolos "A" e "B"; (c) relação entre a área foliar de folíolos "A" e "B"

### 3.2.2 Identidade entre par inferior de folíolos ("C" e "D")

Quando as aferições foram feitas no par de folíolos inferiores para a medida de comprimento, o valor  $\beta_0$  e  $\beta_1$ , da equação de regressão relativa à igualdade dos folíolos, foram iguais a 0,0303 e 0,9814, respectivamente, sendo o  $R^2 = 0,9618$ , e o valor  $P = 0,0680$  para  $H_0:\beta_0 = 0$ , e o valor  $P = 0,0606$  para  $H_0:\beta_1 = 1$  (Figura 6-a). A largura dos folíolos “C” e “D”, também, foi igual, uma vez que a equação obtida pela comparação entre eles obteve os valores de  $\beta_0 = 0,0223$ , com um valor  $P = 0,1095$  para a hipótese  $H_0:\beta_0 = 0$ , e, para a hipótese  $H_0:\beta_1 = 1$ , o valor obtido para  $\beta_1$  foi 0,9778, com um valor  $P = 0,1494$ , e  $R^2 = 0,9116$  (Figura 6-b). Da mesma forma, na comparação entre a área foliar dos folíolos inferiores, a equação resultou no valor de  $\beta_0 = 0,0062$  e o valor de  $\beta_1 = 0,9985$ , com o  $R^2 = 0,9614$ , sendo os valores  $P$  das hipóteses  $H_0:\beta_0 = 0$  e  $H_0:\beta_1 = 1$  iguais a 0,6293 e 0,8792, respectivamente (Figura 6-c). Por fim, na comparação dos parâmetros, comprimento, largura e área foliar entre os folíolos “C” e “D”, não houve diferença significativa. Isso significa que os mesmos são simétricos, ou seja, esse par de folíolos é idêntico.

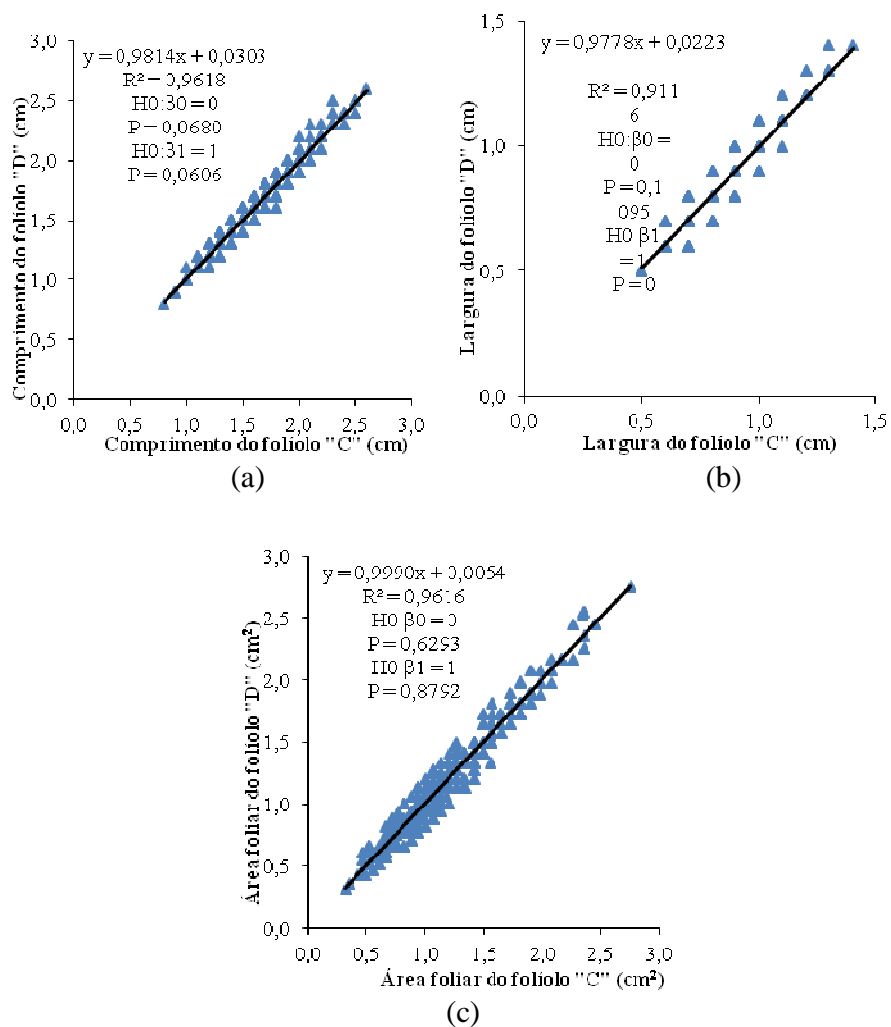


Figura 6 (a) Relação entre o comprimento de folíolos “C” e “D”; (b) relação entre a largura de folíolos “C” e “D”; (c) relação entre a área foliar de folíolos “C” e “D”

## 4 DISCUSSÃO

Com experimento 1 foram gerados três métodos que foram testados para estimar a área foliar real da superfície de um folíolo. As técnicas de predição da área foliar foram feitas, primeiramente, de modo empírico, por meio de observações para constatar qual forma geométrica seria a mais adequada para aquele formato de superfície.

O modelo 1 determinou a área foliar, em função do comprimento, porém, as estimativas geradas por esse método não foram adequadas. Foi observado que, quando esse parâmetro era utilizado para prever a área do folíolo, a mesma foi superestimada em folíolos de menor comprimento e foi subestimada naqueles com maior comprimento (Figura 4-a). Como a área do folíolo variava somente em função do comprimento, o efeito da largura não foi considerado.

Na dinâmica de expansão da área do folíolo, os folíolos crescem em duas dimensões, tanto em largura quanto em comprimento. Nas figuras 5 (a,b) e 6 (a,b), observou-se que a largura foi uma grandeza diretamente proporcional ao comprimento na área do folíolo e isso explica o porquê esse modelo não foi adequado. O ponto de interseção entre a reta do modelo de identidade e a reta de ajuste pelo modelo 1 foi exatamente no ponto médio da área foliar, ou seja, quando o modelo ajusta a equação para prever a área foliar, ele considera ajustes em relação à área dos pontos médios amostrais, resultando em erros quando se estimam folíolos muito pequenos ou muito grandes.

Em outras palavras, maiores comprimentos possuem maiores áreas, pois o aumento da largura, também, contribui para o aumento da área desses folíolos. Nos folíolos menores, a menor área foliar real do folíolo, é indício de que a largura, também, é reduzida, gerando erros na estimação da área por esse modelo. Estimar a área pelo comprimento gera erros ainda maiores, nos folíolos



muito pequenos ou muito grandes, pois as diferenças aumentam com o maior distanciamento do valor médio do tamanho do folíolo em direção às extremidades.

Harrison (1991) diferencia estimação de validação do seguinte modo, a estimação é realizada para garantir que um modelo matemático seja utilizado conforme o previsto, enquanto validação examina a maior questão de saber se a estrutura pretendida é adequada. Dessa forma, apesar do modelo 1 ser o mais simplista entre os demais propostos, e isso seria uma virtude, ele não foi validado, pois sua capacidade de estimar a área foliar real não foi comprovada.

O modelo 2, determinou a área foliar, em função da largura e do comprimento, prevendo que a área foliar real teria a forma de uma elipse. Desde a etapa de estimação esse modelo foi utilizado sem ajustes, pois se adequou ao modelo de identidade, em que  $X=Y$  (equação 1:1). Na etapa de validação ele, também, foi capaz de prever a área foliar real sem a necessidade de ajustes, pois não houve diferença significativa entre os valores do coeficiente angular e da interseção da equação linear proposta em relação ao modelo de identidade. A validação significa ter uma conclusão correta derivada de premissas, enquanto a estimação implica estabelecimento da verdade, exatidão ou realidade (STERMAN, 2000). Logo, o método 2 estimou a área do folíolo de forma exata, com correta inferência do que é real, e o modelo foi validado, uma vez que foi submetido a testes para chegar a uma conclusão correta das premissas estabelecidas, podendo, portanto, ser aplicado em avaliações de folíolos do amendoim forrageiro.

Além disso, por meio desse modelo, pode ser observado que o folíolo representa, em média, 78,54% da área de uma forma geométrica retangular com as mesmas dimensões de comprimento e largura, independentemente, da cultivar ou estação do ano. Ou seja, o fator 0,7854 foi uma constante, que, quando

multiplicada pelos valores de comprimento e largura, correspondeu ao modelo validado da área foliar do folíolo.

O modelo 3 levou em consideração um número grande de variáveis para mensuração da área foliar, inclusive variáveis indiretas, calculada por equações multivariáveis. A quantidade de aferições no folíolo tornou o método laborioso e complexo, além disso, mesmo utilizando um fator de correção na etapa de validação, o mesmo não foi eficaz para prever a área foliar real do folíolo. Em consequência dessas características, o modelo 3 foi preterido em relação aos demais modelos.

Segundo Hamilton (1991), a validação é utilizada para avaliar o potencial que um modelo cumpre os seus objetivos. Dessa forma, algumas avaliações como análise da identidade do modelo, ajuste dos parâmetros utilizados e a comparação dos resultados do modelo com dados reais são etapas inerentes e fundamentais para conclusão da fase de validação.

Uma das principais diferenças entre gramíneas e o amendoim forrageiro é a folha, que nas leguminosas é composta. No caso do amendoim forrageiro, a folha é tetrafoliada, disposta em dois pares de folíolos. A mensuração do alongamento foliar nos quatro folíolos pode demandar grande quantidade de mão de obra, dificultando as avaliações. Sendo assim, a medição de dois folíolos, em vez de quatro, em cada folha de amendoim forrageiro, tem como benefício redução do tempo gasto com as avaliações, sem prejuízo à confiabilidade dos dados que poderiam ter importância no fluxo de tecidos, uma vez que esses modelos matemáticos já foram validados. Dessa forma, as avaliações de campo seriam feitas tomando como base dois folíolos de uma mesma folha.

Após comparação das medidas de comprimento, largura e área foliar dos folíolos da leguminosa, foi comprovada a igualdade entre os folíolos superiores

(“A” e “B”) e inferiores (“C” e “D”) das folhas do amendoim forrageiro por meio da estimação e validação de modelos matemáticos.

A partir desse experimento, o estudo de características morfológicas em folhas do amendoim forrageiro poderá ser realizado. Taxas de alongamento ou senescência da folha poderão ser quantificadas na planta multiplicando-se os dados obtidos por dois, uma vez que somente os folíolos “A” e “C” serão avaliados e a folha é formada por quatro folíolos.

A utilização do comprimento e da largura para o cálculo da área foliar com base na forma geométrica de uma elipse, conforme o modelo 2, foi estimado e validado. A determinação da área foliar do folíolo por medições indiretas em somente dois folíolos tornará possível o cálculo da expansão e senescência foliar do amendoim forrageiro, em trabalhos futuros com essa leguminosa.

## **5 CONCLUSÃO**

Para realizar avaliações morfológicas no amendoim forrageiro é necessário fazer as medições do comprimento e largura dos folíolos “A” e “C” e estimar a área dos mesmos pelo método de estimação gerado pelo modelo 2.

## REFERÊNCIAS

BIRCHAM, J. S.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, Malden, v. 38, n. 4, p. 323-331, 1983.

DA SILVA, S. C.; PEREIRA, L. E. T. Desafios e perspectivas do manejo do pastejo em pastos consorciados: uma reflexão. As forragens e suas relações com o solo, o ambiente e o animal. In: SIMPÓSIO EM FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 9., 2013, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2013. p. 63-72.

DE KROON, H. et al. A modular concept of phenotypic plasticity in plants. **New Phytologist**, Lancaster, v. 166, n.1, p. 73-82, 2005.

HAMILTON, M. A. Model validation: an annotated bibliography. *Communications in Statistics: Theory & Methods*, Rochester, v. 20, p. 2207–2266, 1991.

HARRISON, S. R. Validation of agricultural expert systems. **Agricultural Systems**, Prosser, v. 35, p. 265–285, 1991.

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

MORI, A.; NIINEMETS, U. Plant responses to heterogeneous environments: scaling from shoot modules and whole-plant functions to ecosystem processes. **Ecological Research**, Kyoto, v. 25, n. 4, p. 691-692, 2010.

SALES, R. M. P. et al. Effect of water stress on the growth of *Arachis pintoi* plants under different nitrogen levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 42, n. 3, p. 149-154, 2013.

SAS INSTITUTE. **SAS Procedures guide for computers**. Cary, 2002.

SILVA, V. J. et al. Características morfológicas e produtivas de leguminosas forrageiras tropicais submetidas a duas frequências de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 1, p. 97-102, 2010.

SOUSA, R. R. J. et al. Características morfogênicas do Estilosantes Mineirão solteiro e consorciado com o capim-xaraés. In: CONGRESSO EM FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 5., 2013, Lavras. **Resumos...** Lavras: UFLA, 2013. p. 13-14. 1 CD ROM.

STERMAN, J. D. **Business Dynamics**: systems thinking and modeling for a complex world. New York: Irwin McGraw-Hill, 2000.

TEDESCHI, L. O. Assessment of the adequacy of mathematical models. **Agricultural Systems**, Prosser, v. 89, p. 225–247, 2006.

UTHSCSA image tool: version 3.0. 2002. Disponível em: <<http://compdent.uthscsa.edu/dig/itdesc.html#What>>. Acesso em: 23 ago. 2013.

### **CAPÍTULO 3 Respostas morfogênicas e estruturais de perfilhos de capim marandu e ramos de amendoim forrageiro em pastos consorciados**

#### **RESUMO**

Entender as respostas morfofisiológicas de gramíneas e leguminosas é fundamental para o sucesso no manejo de pastos consorciados. Objetivou-se com esse trabalho descrever respostas morfogênicas e estruturais de perfilhos de gramínea e ramos da leguminosa e estabelecer metas para o manejo de pastos consorciados que priorizem o desenvolvimento da leguminosa. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Lavras, situada a latitude 21° 15' sul e longitude 45°00' oeste, nas estações de outono, inverno, primavera e verão, 2012-2013. Os tratamentos adotados foram quatro alturas do dossel: 10, 20, 30 e 40 cm de pastos de capim-marandu consorciados com amendoim forrageiro cv. Belmonte em blocos casualizados com quatro repetições, em parcelas de 10,5m<sup>2</sup>. Foram realizadas avaliações morfogênicas em gramíneas e leguminosas, densidade populacional de perfilhos (DPP) e ramos (DPR), índice de área foliar (IAF) e área foliar específica (AFE). Em leguminosas, verificou-se um balanço positivo entre taxa de alongamento (TALF) e senescência (TSF) de folhas nas estações de primavera e verão, ao contrário do inverno, no qual a TSF foi maior que a TALF, resultando numa redução da massa de folhas. A DPP e DPR reduziu linearmente com o aumento da altura do dossel em todas estações, e, essa característica, tem grande relação com o IAF da leguminosa, que foi maior na altura de 10 cm do dossel, refletindo a grande influência do número de plantas de amendoim forrageiro no pasto. A AFE das folhas do amendoim forrageiro aumentou linearmente com o incremento da altura de dossel, em outras palavras, a folha tem uma maior área para uma mesma massa. Isso acontece em função das condições de menor disponibilidade de luz, que faz com que a planta aumente sua área de folha, como alternativa para aumentar a capacidade fotossintética. O manejo da altura do dossel entre 10 e 20 cm possibilita o melhor desenvolvimento da leguminosa e estabelecimento da mesma em pastos de capim-marandu em consórcio com amendoim forrageiro.

Palavras-chave: Pastagens consorciadas. Capim-marandu. Densidade de ramos.

## ABSTRACT

Understand the morphophysiological responses of grasses and legumes is key to success in the management of mixed swards. The objective of this work was to describe structural and morphogenic responses of tillers of grass and branches of legume and set goals for the management of mixed pastures that prioritize the development of legume. The experiment was conducted at University of Lavras, located at latitude 21° 15' south and longitude 45° 00' west, during autumn, winter, spring and summer, 2012-2013. The treatments were four canopy heights: 10, 20, 30 and 40 cm of pastures of marandugrass mixed with forage peanut cv. Belmonte in randomized blocks design with four replications, in plots of 10.5 m<sup>2</sup>. Were carried out morphogenetic evaluations in grasses and legumes, tiller (TD) and branches (BD) density, leaf area index (LAI) and specific leaf area (SLA). In legumes, there was a positive balance between elongation rate (LELR), and senescence (LSR) from the leaves of spring and summer seasons, as opposed to winter, in which the LSR was greater than LELR, resulting in a reduction of the mass of leaves. The TD and BD decreased linearly with increasing canopy height in all seasons, and this characteristic has great relationship with the LAI legume, which was greater in height of 10 cm canopy, reflecting the great influence of the number of plants of forage peanut in the pasture. The SLA leaves of forage peanut increased linearly with increasing canopy height, in other words, the leaf has a larger area for the same mass. This happens in function of the conditions of lower light availability, which do with that the plant increase its leaf area, as an alternative to increase the photosynthetic capacity. The management of canopy height between 10 and 20 cm enables the better development of the legume and establishment of the same in pastures of marandugrass mixed with peanut.

Key-words: Mixed pastures. Marandugrass. Branches density.



## 1 INTRODUÇÃO

A produção de forragem em sistemas de pastejo é regulada pelas variáveis ambientais, morfogênese das espécies de plantas e características do dossel ou do pasto. A morfogênese, definida por Lemaire e Chapman (1996) como a dinâmica de geração e expansão de órgãos vegetais no tempo e no espaço, sobre o rendimento de massa seca do dossel, juntamente, com outros processos, ocorrem no pasto continuamente, definindo o acúmulo e a morte de componentes.

O estudo da morfogênese e estrutura dos pastos é condição básica para a definição de estratégias de manejo eficientes e baseadas na resposta das plantas às condições do meio (GOMIDE; GOMIDE; PACIULLO, 2006). Desta forma, é imprescindível compreender as respostas morfofisiológicas das leguminosas sob manejo em pastagens consorciadas. As respostas geradas por essas plantas definirão critérios de manejo que visem à persistência dessa planta. Segundo Hodgson (1990), o manejo do pastejo é um fator que influencia a morfologia da planta, uma vez que estratégias que garantam sua sobrevivência são modeladas em todo instante. O amendoim forrageiro é uma planta de crescimento estolonífero, sendo a localização dos seus meristemas uma das principais características para essa leguminosa se manter e se adaptar a sistemas consorciados, pois ela pode desenvolver diversas alternativas para se recuperar de estresses por desfolhação.

Os tecidos da planta acumulam por meio do alongamento e aparecimento de folhas, e são sujeitos ao envelhecimento e senescência. Fatores como frequência e intensidade de desfolhação, também, afetam a taxa de produção de novos tecidos (LEMAIRE et al., 2009). Essas modificações na morfologia do perfilho, também, ocorrem em taxas variáveis, de acordo com a época do ano, com a disponibilidade de fatores de crescimento, principalmente,

temperatura e nitrogênio, além das próprias características de desenvolvimento da espécie forrageira considerada (DURU; DUCROCQ, 2000b).

A programação morfogênica, cuja taxa é dependente, principalmente, da temperatura determina o funcionamento e o arranjo dos meristemas em termos de produção e expansão de novas células, que, por sua vez, definem a dinâmica de expansão dos órgãos (folha, entrenó, perfilho) e as exigências de carbono e nitrogênio (N) necessárias para essa expansão (DURANT et al., 1991).

Dessa forma, para melhor aproveitamento do pasto e utilizar o fluxo de tecidos como uma ferramenta auxiliar, a utilização dos pastos consorciados deve ser feita com o objetivo de, principalmente, manter as duas espécies de planta na mesma área o maior tempo possível. Para isso, parâmetros auxiliares às metas de manejo, como taxa de desenvolvimento de novos tecidos da planta e taxas de senescência devem ser monitorados, atentando-se, principalmente, às respostas das leguminosas, que, por serem plantas  $C_3$ , têm seu ritmo de crescimento reduzido.

Objetivou-se, com esse trabalho, descrever respostas morfogênicas e estruturais de perfilhos de gramínea e ramos da leguminosa e estabelecer metas para o manejo de pastos consorciados que priorizem o desenvolvimento da leguminosa.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, localizada no município de Lavras, Minas Gerais, situada na latitude 21° 14' 43" sul e a longitude 44° 59' 59" oeste. O clima da região é do tipo mesotérmico úmido subtropical de inverno seco (Classificação climática de Köppen-Geiger: Cwa), numa altitude de 918 m (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007). O solo da área experimental foi classificado como sendo um Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1999).

O experimento teve duração de 18 meses, dos quais os seis primeiros foram dedicados à formação da área experimental. O período de avaliação teve duração de 12 meses, dividido em quatro estações: outono, inverno, primavera e verão, e foi iniciado no dia 21 março de 2012.

Os dados climatológicos do período experimental foram obtidos da Estação Climatológica Principal de Lavras, do Departamento de Engenharia da UFLA (Figuras 1 e 2):

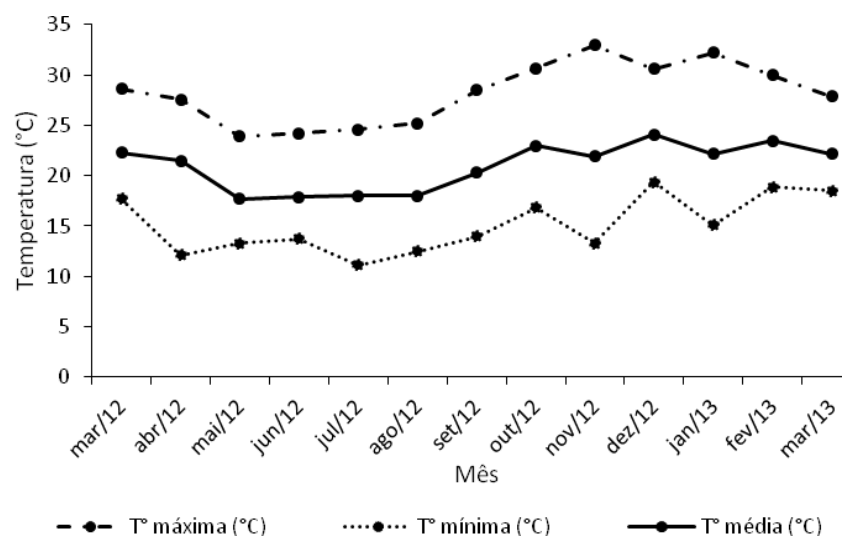


Figura 1 Médias mensais de temperaturas máximas, médias e mínimas durante o período experimental

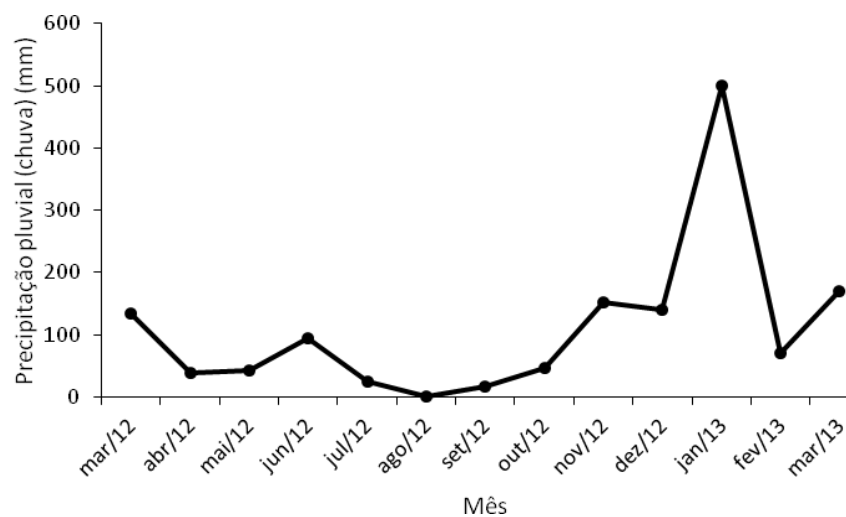


Figura 2 Precipitação mensal durante o período experimental

A área experimental foi implantada em área de plantio anual de milho de safra, num solo de textura argilosa, que ficou em pousio por, aproximadamente, um ano. As recomendações para calagem e adubação foram feitas de acordo com os resultados da seguinte análise de solo da área experimental (Tabela 1).

Tabela 1 Análise de solo da área experimental

| pH  | MO  | V    | P                  | K  | Ca  | Mg                   | Al  | H+Al | SB                    | T   | t   |
|-----|-----|------|--------------------|----|-----|----------------------|-----|------|-----------------------|-----|-----|
|     | (%) |      | mg/dm <sup>3</sup> |    |     | cmol/dm <sup>3</sup> |     |      | cmolc/dm <sup>3</sup> |     |     |
| 5,8 | 2,6 | 52,7 | 4,5                | 84 | 2,4 | 0,6                  | 0,2 | 2,9  | 3,2                   | 6,1 | 3,4 |

MO=Matéria orgânica; V=Saturação por bases; SB=Soma de bases; T=CTC a pH 7;t=CTC efetiva

A calagem foi feita em outubro de 2011, com base no método da elevação da saturação por bases para V=60%, correspondendo a 450 kg.ha<sup>-1</sup> de calcário. Em dezembro, foi feita fosfatagem corretiva (LOPES; ABREU, 1987), na dose de 5 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a cada 1% de argila no solo, correspondendo a 275 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.ha<sup>-1</sup>. Foi feita a aplicação de ácido bórico, na dose de 800 g.ha<sup>-1</sup> para correção desse micronutriente. A aplicação dessas fontes de minerais foi a lanço em área total.

O plantio das mudas de *Arachis pinto* cv. Belmonte e das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foi realizado concomitante. O amendoim forrageiro foi plantado em mudas, utilizando espaçamento de 0,5 m entre sulcos e cinco plantas por metro. A semeadura do capim-marandu foi a lanço com 5 kg de SPV/ha, utilizando sementes com 50% de valor cultural.

A adubação de plantio foi realizada no sulco. Foram aplicados 90 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de superfostato simples. A área experimental foi de 360 m<sup>2</sup>, a qual foi dividida em 16 parcelas nas dimensões de 3,0 x 3,5 m (10,5 m<sup>2</sup>) cada, e largura dos corredores de 1 metro (Figura 3).

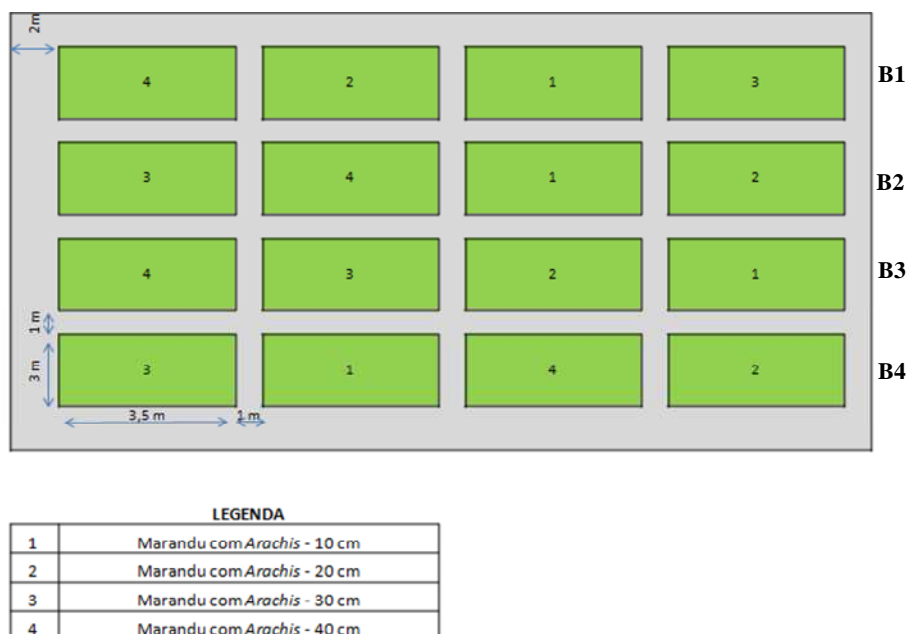


Figura 3 Croqui da área experimental e alocação dos tratamentos

Após o estabelecimento, foi realizado corte de uniformização do dossel na altura de 15 cm acima do solo em todas as parcelas. O manejo das alturas das parcelas experimentais, conforme imposto pelo tratamento, foi iniciado 45 dias antes do início do período experimental.

Os tratamentos adotados foram quatro alturas do dossel, mantidas por meio de cortes frequentes em cada unidade experimental. As alturas foram de 10, 20, 30 e 40 cm de altura do pasto. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com quatro repetições e medidas repetidas no tempo (quatro estações do ano) (Figura 4).



Figura 4 (A) Foto do plantio de mudas de *Arachis pinto* cv Belmonte na implantação; (B) Área experimental depois da imposição dos tratamentos

Para monitoramento das condições de altura no dossel forrageiro nas parcelas experimentais, foi realizado controle por medições com intervalos de 3 e 4 dias, em 16 pontos de cada unidade experimental, com o uso de transparência e régua graduada em centímetros (FAGUNDES et al., 1999).

Os cortes de uniformização e colheita da forragem acima da altura imposta para o dossel foram realizados, semanalmente, em dia previamente fixado. No período seco, o parâmetro adotado para realização do corte tomou como base a diferença entre a altura mensurada no dossel e altura imposta para cada tratamento na unidade experimental. Relações maiores que 10%, em mais da metade das parcelas, indicaram o momento do corte.

## **2.1 Intercepção luminosa (IL)**

A intercepção de luz (IL) foi medida semanalmente. Foi utilizado um aparelho analisador de dossel da marca LI-COR®, modelo LAI 2200 (LI-COR, 2009). Esse aparelho é constituído por uma unidade de controle e um sensor em formato de barra articulada. Foi utilizada uma estação de leitura por parcela experimental, sendo realizadas 10 leituras ao nível do solo e uma leitura correspondente acima do nível do dossel. As medidas de IL na estação foram caracterizadas pela média das avaliações no decorrer das semanas dentro de uma mesma estação.

## **2.2 Morfogêneses**

Para o estudo da morfogênese foi utilizada a técnica de marcação de perfilhos (gramínea) ou ramos (leguminosa) (BIRCHAM; HODGSON, 1983). Foram feitas avaliações nas quatro estações do ano, e estas foram alocadas no meio de cada estação, durante o período de 50 dias. Em cada estação, as características morfogênicas e estruturais foram mensurados em 4 perfilhos de capim-marandu (GRANT; MARRIOT, 1994) e 3 ramos de amendoim forrageiro por unidade experimental, marcados com anéis coloridos. As plantas amostradas foram representativas da condição média do dossel e em cada estação foram marcados um novo grupo de perfilhos ou ramos para as avaliações. Em cada estação, as plantas foram examinadas duas vezes por semana, durante o período chuvoso, e uma vez por semana no período seco.



### 2.2.1 Morfogênese do capim-marandu

Nos perfilhos de capim-marandu foram mensurados: o comprimento de colmo+bainha (mm), delimitado pelo nível do solo até a lígula da última folha completamente expandida. O comprimento das folhas foi medido, de acordo com o estágio de desenvolvimento das mesmas, sendo o comprimento das lâminas foliares completamente expandidas (mm), medido da lígula até a extremidade viva da lâmina foliar; e o comprimento das lâminas em expansão (mm), mensurado da lígula da última folha viva mais jovem completamente expandida até a extremidade da lâmina foliar em expansão (DURU; DUCROCQ, 2000a). As folhas foram classificadas como intactas ou desfolhadas; expandidas, quando apresentaram a lígula visível; senescentes, quando apresentaram alguma parte da lâmina foliar iniciando o processo de senescência e mortas quando o limbo estiver totalmente comprometido pela senescência. As folhas foram classificadas como desfolhadas quando parte delas foi cortada/decapitada. Para medição das folhas em senescência, foi considerado prévia avaliação visual e o comprimento da lâmina foliar a partir da lígula até o ponto onde o processo de senescência avança. De posse desses dados, foram quantificadas variáveis morfogênicas e estruturais.

#### a) Taxa de aparecimento de folhas e filocrono

A taxa de aparecimento de folhas (TAPF) foi calculada dividindo o número de folhas aparecidas, durante o período de estudo avaliado em dias, e indica o número de folhas que apareceram por perfilho por unidade de tempo. Dessa forma a TAPF foi calculada conforme a eq. (1):

$$\text{TAPF} = \text{n}^\circ \text{ de folhas novas} / \text{n}^\circ \text{ de perfilhos} \times \text{duração da avaliação} \\ \text{(dias)} \quad (1)$$

O filocrono foi calculado pelo inverso da taxa de aparecimento de folhas e seus valores foram calculados com base na eq. (2):

$$\text{FILOCRONO} = 1 / \text{TAPF} \quad (2)$$

b) Número de folhas vivas, em expansão e senescentes por perfilho

Para obtenção do número de folhas vivas (NFV), foi contabilizado o número médio de folhas em expansão, expandidas e em senescência de cada perfilho, desconsiderando-se as folhas em que o processo de senescência atingiu 100% do limbo foliar. O cálculo foi realizado a partir da eq. (3):

$$\text{NFV} = (\text{folhas em expansão} + \text{expandidas} + \text{senescentes}) / \text{n}^\circ \text{ perfilhos} \\ \text{em avaliação} \quad (3)$$

O número de folhas senescentes (NFS) e número de folhas em expansão (NFE) foi definido pela contabilização número de folhas que apresentavam essa classificação.

c) Duração de vida das folhas (DVF)

A duração de vida das folhas (DVF) foi estimada pela multiplicação do número de folhas vivas pelo filocrono, considerando-se o intervalo de tempo em

dias decorridos desde seu aparecimento até sua morte, respectivamente. Sua obtenção derivou da eq. (4):

$$DVF = NFV \times \text{filocrono (em dias)} \quad (4)$$

d) Comprimento final da folha e taxas de crescimento e senescência

O comprimento final de folhas (CFF) foi determinado calculando a média do comprimento das folhas expandidas e intactas. As taxas de alongamento foliar (TALF) foram obtidas pela diferença entre o comprimento final (último dia de avaliação) e inicial (primeiro dia de avaliação) das folhas em expansão das lâminas foliares de cada perfilho dividido pelo número de dias. O mesmo procedimento foi adotado para estimar o alongamento do colmo (TALC).

As taxas de senescência (TSF) foram obtidas pela diferença entre comprimento da lâmina foliar, fração verde, inicial e final. Estas características foram expressas em  $\text{mm.perfilho}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ . Por meio da diminuição da porção verde do limbo foliar.

### 2.2.2 Morfogênese do amendoim forrageiro

As medições realizadas em cada ramo marcado do amendoim forrageiro foram as seguintes: comprimento total do ramo (mm), partindo-se do nível do solo até a estípula do último nó do ramo. Os nós e as folhas existentes em cada ramo foram numerados de forma ordinal, no sentido base-ápice e, também, foi identificado o nó correspondente de cada folha para que não houvesse confundimento caso alguma folha sofresse senescência.

Foi mensurado o tamanho do pecíolo (mm) pela divisão do mesmo em 3 partes: (i) Estípula: Definida do ponto de interseção entre o nó no ramo até o

pecíolo; (ii) Pecíolo 2: Definido do início do pecíolo até o par de folíolos basais; (iii) Pecíolo 3: Definido do par de folíolos basais até o par de folíolos apicais (ASSIS et al., 2010).

Para avaliação dos folíolos utilizou-se a metodologia descrita no capítulo 2 desta dissertação, mensurando o comprimento e a largura dos folíolos “A” e “C” da folha do amendoim forrageiro.



Figura 5 (A) Localização do ramo avaliado na unidade experimental; (B) Marcação e identificação do ramo avaliado; (C) Medição do tamanho da estípula da folha; (D) Medição da maior largura do folíolo

a) Taxa de aparecimento de folhas e filocrono

A taxa de aparecimento de folhas (TAPF) foi calculada dividindo o número de folhas de leguminosas aparecidas durante o período de estudo avaliado em dias. O aparecimento da folha foi identificado pela primeira mensuração do comprimento e largura do folíolo. Dessa forma a TAPF foi calculada conforme a eq. (5):

$$\text{TAPF} = \text{n}^\circ \text{ de folhas novas} / \text{n}^\circ \text{ de ramos} \times \text{duração da avaliação (dias)} \quad (5)$$

O filocrono foi calculado pelo inverso da taxa de aparecimento de folhas e seus valores foram calculados com base na eq. (6):

$$\text{FILOCRONO} = 1 / \text{TAPF} \quad (6)$$

b) Número de folhas vivas, em expansão e senescentes por ramo

Para obtenção do número de folhas vivas (NFV), foi contabilizado o número médio de folhas em expansão, expandidas e em senescência nos ramos, desconsiderando-se as folhas onde o processo de senescência havia atingido 100% do folíolo. O cálculo foi realizado a partir da eq. (7):

$$\text{NFV} = (\text{folhas em expansão} + \text{expandidas} + \text{senescentes}) / \text{n}^\circ \text{ ramos em avaliação} \quad (7)$$

O número de folhas senescentes (NFS) e número de folhas em expansão (NFE) foram definidos pela contabilização número de folhas que apresentavam essa classificação.

O critério de classificação da folha “em expansão” consiste desde a primeira avaliação do folíolo até o momento que as dimensões de largura e comprimento do mesmo permanecem constantes em duas avaliações

consecutivas. Não foi possível observar nenhuma característica morfológica que identifique a folha como madura.

c) Duração de vida das folhas (DVF)

A duração de vida das folhas (DVF) foi estimada pela multiplicação do número de folhas vivas pelo filocrono. Sua obtenção derivou da eq. (8):

$$DVF = NFV \times \text{filocrono (em dias)} \quad (8)$$

d) Taxas de alongamento e senescência

O tamanho final de folhas (TFF) foi determinado calculando a média da área foliar das folhas expandidas e intactas. As taxas de alongamento da folha (TALF) foram obtidas pela diferença entre a área foliar final (último dia de avaliação) e inicial (primeiro dia de avaliação) do folíolo “A” ou “C” em expansão de cada ramo, dividido pelo número de dias avaliados. Todas variáveis mensuradas nos folíolos “A” e “C” foram multiplicadas por dois (2), para estimar as mesmas características para os quatro (4) folíolos da folha de amendoim forrageiro. O mesmo procedimento foi adotado para estimar a taxa de senescência.

As taxas de senescência (TSF) foram obtidas pela diferença entre a área foliar do folíolo, fração verde, inicial e final; por meio da diminuição da porção verde da superfície do folíolo ou pela queda de folíolos. Estas características foram expressas em  $\text{mm}^2.\text{ramo}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ .

A taxa de desfolhação da folha (TDF) foi mensurada pela diferença do tamanho em área foliar do folíolo intacto em relação ao mesmo cortado por meio

de insetos ou por cortes mecânicos. A proporção decapitada do folíolo foi mensurada visualmente, por avaliadores treinados.

O alongamento do caule (TALC) da leguminosa foi mensurado pela diferença entre o comprimento do caule na última e na primeira avaliação, dividido pelo número de dias de avaliação.

Foram mensurados, também, o tamanho final dos segmentos do pecíolo (estípula, pecíolo 2 e pecíolo 3), taxa de alongamento e de senescência (TSPT) do pecíolo, sendo expressas em cm ou  $\text{cm.dia}^{-1}$ .

Dentro das etapas de medição da folha do *Arachis pintoii* uma característica intrínseca dessa planta foi observada e pode ser discutida para maior compreensão da metodologia.

No processo de geração do folíolo, o mesmo fica encoberto pela estípula, por isso não é possível sua aferição. À medida que ele desenvolve, torna-se possível a medição do comprimento e da largura. As taxas de alongamento nos folíolos começaram a ser medidos, a partir do momento em que o folíolo ainda estava fechado (com a face adaxial do folíolo colada), sobrepondo as faces simétricas do folíolo a partir da nervura central. A medida de comprimento foi feita normalmente, porém a medida de largura total foi estimada, uma vez que o folíolo não estava com toda face adaxial exposta. Essa medição foi feita da seguinte forma, a largura foi mensurada pela distância da nervura central até a borda do folíolo e multiplicada por dois, para extrapolar para o tamanho total da largura (Figura 6). Abaixo, foi detalhado o processo de emissão de folhas no amendoim forrageiro, segundo a descrição feita nas avaliações:

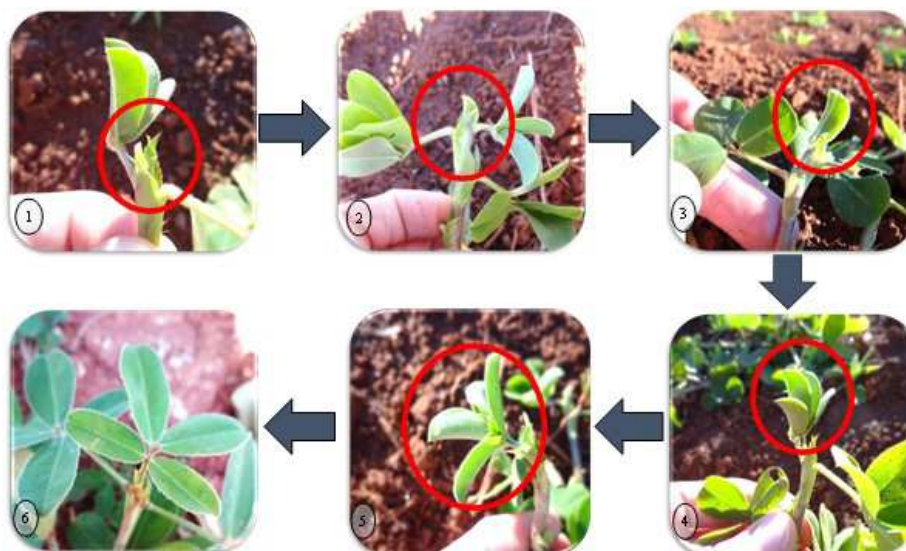


Figura 6 (1) Surgimento da folha encoberta pela estípula; (2) e (3) Início da mensuração da morfogênese da folha – Folha em expansão; (4) e (5) Desenvolvimento e processo de abertura da folha; (6) Folha aberta e madura

### 2.2.3 Densidade populacional de perfilhos (DPP) e ramos (DPR)

A densidade populacional de perfilhos (DPP) foi avaliada uma vez em cada estação do ano, pela contagem dos perfilhos de gramínea em retângulos de  $0,15\text{m}^2$  ( $0,5 \times 0,3\text{m}$ ). Os perfilhos foram classificados em basais (perfilhos vegetativos emitidos a partir do solo), aéreos (emitidos pelas gemas laterais da gramínea) e reprodutivos (que apresentaram inflorescência visível).

A densidade populacional de ramos (DPR) foi avaliada uma vez por estação em retângulos de  $0,50\text{m}^2$  ( $1,0 \times 0,5\text{m}$ ). Na contagem dos ramos de amendoim forrageiro, os ramos foram divididos em primários (aquele que seu ramo surge do solo ou que surge de um nó enraizado ao nível do solo) ou



secundários (ramo proveniente de uma gema lateral, que se originou de um ramo basal).

A DPP e a DPR para cada tratamento foi a obtido pelo valor médio entre duas repetições que foram feitas em cada parcela e convertidas em número de perfilhos ou ramos . m<sup>-2</sup>.

#### **2.2.4 Índice de área foliar (IAF) e área foliar específica (AFE)**

O IAF foi determinado pela utilização de lâminas foliares da gramínea e folíolos da leguminosa colhidos na avaliação de massa de forragem. Os cortes de massa foram realizados no nível do solo, em áreas determinadas da parcela e pesadas. A área de amostragem foi demarcada por quadrados com 0,15 m<sup>2</sup> (0,5x0,3m). Após a separação dos componentes botânicos e morfológicos, as lâminas foliares da gramínea e os folíolos da leguminosa foram passados em um integrador de área foliar LI-COR, modelo LI-3100 (LI-COR, 1987). Depois de passados no integrador, as lâminas foliares da gramínea ou folíolos da leguminosa foram levados para estufa a 65°C por 72 horas determinando o peso seco em balança de precisão. De posse da massa seca de forragem e da massa de seca de folhas de gramíneas ou folíolos da leguminosa na subamostra, foi estimada a massa, componentes foliares na amostra. Por meio da leitura da área foliar (do aparelho LI-3100) da subamostra, foi calculada a área de lâminas foliares na amostra. Os valores de IAF foram calculados a partir do quociente entre a área foliar da amostra e a área correspondente de amostragem.

A AFE foi calculada da seguinte forma: foi feita a relação entre a área foliar da amostra de gramínea ou leguminosa (cm<sup>2</sup>) e o peso seco da mesma (g). A AFE foi dada em cm<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>.

### 2.2.5 Modelo e análises estatísticas

Os dados foram analisados, utilizando o método de modelos mistos (LITTELL et al., 1996) por meio do procedimento MIXED do software SAS ® (SAS INSTITUTE, 2004). Os efeitos de alturas do dossel, estações do ano e suas interações foram considerados fixos e o efeito dos blocos foi considerado aleatório (LITTELL; PENDERGAST; NATARAJAN, 2000).

Primeiramente, foi escolhida a melhor estrutura de covariância, utilizou-se como critério o AIC (Schwarz's Bayesian Criterion). Os efeitos de altura foram analisados, por meio de análise de regressão e o efeito da estação do ano analisado pelo teste de Tukey, ambos 10% de probabilidade. As interações entre os fatores estudados foram divididas, usando a opção SLICE do SAS, com as estações do ano sendo o fator de divisão. O seguinte modelo foi utilizado para análise dos dados:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + A_j + \gamma_{ij} + E_k + (AE)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Onde:

$Y_{ijk}$  = Valor observado no i-ésimo bloco da j-ésima altura de corte da k-ésima estação do ano

$\mu$  = Média geral

$B_i$  = Efeito aleatório associado ao i-ésimo bloco,  $i = 1, \dots, 4$ ;

$A_j$  = Efeito fixo associado a j-ésima altura de corte,  $j = 1, \dots, 4$ ;

$\gamma_{ij}$  = Erro aleatório associado ao i-ésimo bloco na j-ésima altura de corte.

$E_k$  = Efeito fixo associado a k-ésima estação do ano,  $k = 1, \dots, 4$ ;

$(AE)_{jk}$  = Efeito da interação da j-ésima altura de corte com a k-ésima estação do ano;

$\varepsilon_{ijk}$  = Erro aleatório associado ao i-ésimo bloco na j-ésima altura de corte  
na k-ésima estação do ano.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Intercepção luminosa(IL)

Houve efeito de interação entre a altura do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) na IL (Figura 7). Em todas as estações as curvas ajustaram-se em equações polinomiais de terceiro grau. Na estação de outono, a IL foi menor em decorrência das condições de estabelecimento das unidades experimentais. Na menor altura do dossel houve diferença significativa entre as estações do ano, porém, com o incremento das alturas do dossel, principalmente, após a altura de 20 cm, as curvas de todas as estações do ano chegaram a um platô, no qual a IL do dossel se estabilizou em valores iguais para todas estações do ano.

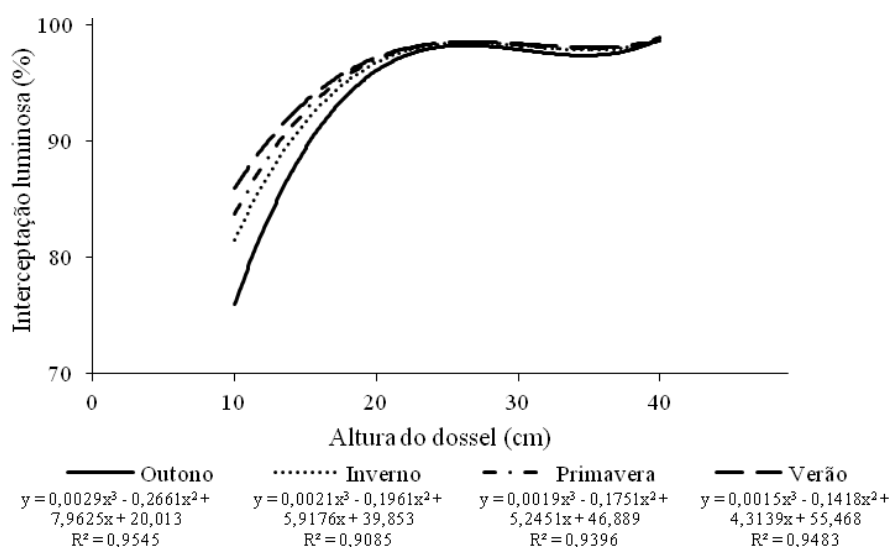


Figura 7 Intercepção luminosa (IL) nas quatro estações do ano em quatro alturas de dossel

### 3.2 Morfogêneses

Foram avaliados as características morfológicas das gramíneas e leguminosas.

#### 3.2.1 Características morfológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

Houve efeito de interação entre a altura do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) na taxa de alongamento da folha (TALF) (Figura 8). No verão, a TALF ajustou-se numa equação linear e teve grandeza diretamente proporcional à altura do dossel. A TALF foi 73% maior na altura do dossel de 40 cm em relação ao dossel de 10 cm. Isso pode ser explicado, em razão da maior IL nesses dosséis, estimulando a planta a alongar suas folhas para aumentar a capacidade de realizar fotossíntese. Não houve efeito da altura do dossel nas estações de outono, inverno e primavera ( $P > 0,10$ ) sobre a TALF. A menor TALF foi no inverno, seguido pelo outono e primavera, consecutivamente. No inverno ocorre o período de estacionalidade produtiva das plantas forrageiras, em virtude da redução das temperaturas médias e restrições hídricas ocorre redução no ritmo de crescimento das gramíneas. Na primavera, a TALF, apesar de igual para todas as alturas do dossel, foi maior que nas estações de outono e inverno, equivalendo a  $1,10 \text{ cm.perfilho}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ . A alta TALF dessa estação foi em consequência do início do período chuvoso e aumento das temperaturas médias, resultando num crescimento mais acelerado.

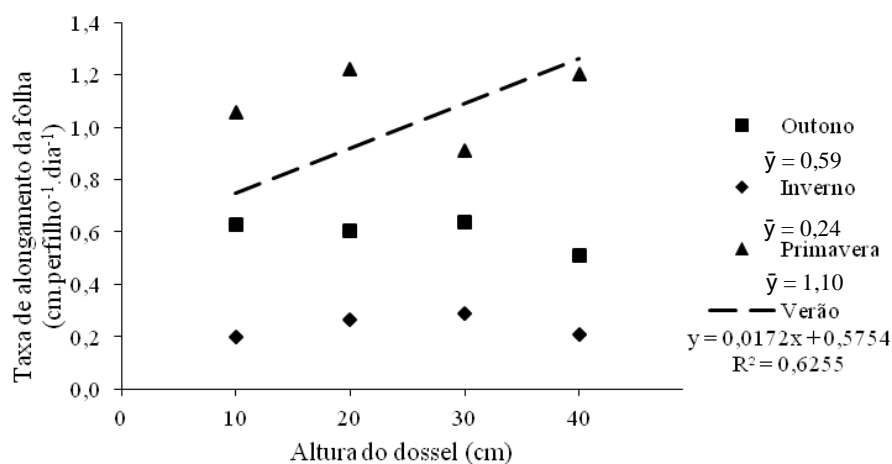


Figura 8 Taxa de alongamento da folha (TALF) da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

Houve efeito de interação entre a altura do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) na taxa de senescência da folha (TSF) (Figura 9). No outono, inverno e primavera, a TSF cresceu, de forma linear, com o aumento das alturas do dossel. Na altura de dossel de 10 cm, a TSF foi semelhante para todas as estações, porém, com o incremento das alturas, a TSF logo se diferencia. Na primavera, considerando a altura de dossel de 40 cm, a TSF é, aproximadamente, três vezes maior que na estação de inverno. Isto se justifica, pois no início do período de avaliação do fluxo de tecidos daquela estação, ainda havia muitas folhas em processo de senescência, resquícios do inverno. Então, logo que começaram as chuvas e os processos metabólicos da plantas se aceleraram, estas folhas senesceram por completo. No inverno, a TSF é menor, pois os processos ocorrem lentamente na planta. Não houve efeito da altura do dossel na estação de verão ( $P > 0,10$ ) na TSF. A média da TSF no verão é igual a  $0,0573 \text{ cm.perfilho}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ . A senescência nessa época foi menor, pois a planta teve condições de luminosidade, temperatura e pluviosidade para vegetar.

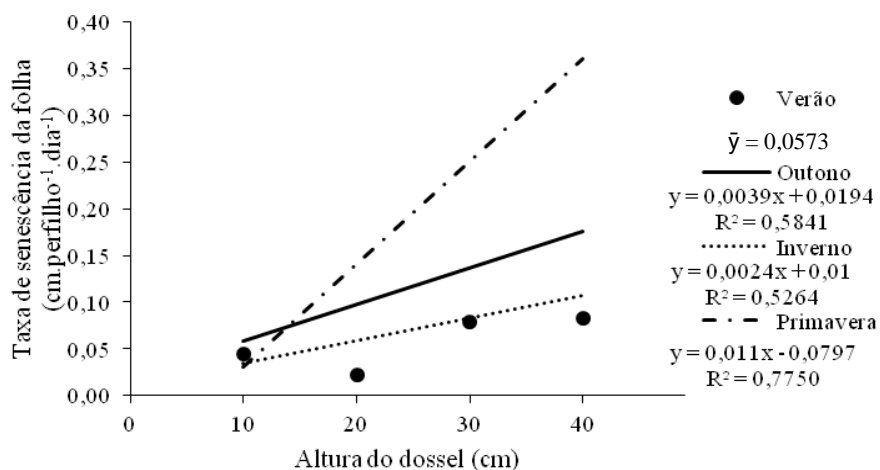


Figura 9 Taxa de senescência da folha (TSF) da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

Houve efeito de interação entre a altura do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) na taxa de alongamento de colmos (TALC) da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Figura 10). No outono e no verão, a TALC ajustou-se numa equação linear e teve grandeza diretamente proporcional à altura do dossel. A TALC do verão foi superior a do outono para todas as alturas, pois nessa estação as condições climáticas permitiram maior desenvolvimento da gramínea. Não houve efeito da altura do dossel nas estações de inverno e primavera ( $P > 0,10$ ) na TALC. No inverno a TALC foi, praticamente, nula. Na primavera, a TALC foi a mais alta entre as estações, equivalendo, em média, a  $0,0447 \text{ cm.perfilho}^{-1}.\text{dia}^{-1}$  para todas alturas estudadas. Algumas condições propiciaram a maior TALC nessa estação, como surgimento de novos perfilhos em função do início do período chuvoso.

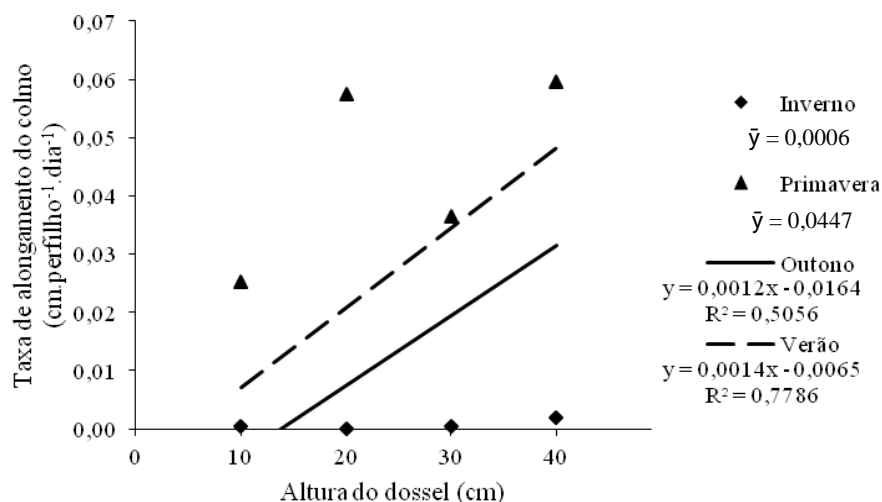


Figura 10 Taxa de alongamento do colmo (TALC) da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

A taxa de aparecimento de folhas (TAPF) foi maior na estação de verão, seguido pela primavera, outono e inverno, consecutivamente (Tabela 2). Comparativamente, a TAPF do inverno corresponde a apenas 27% do verão e essas estações correspondem a, respectivamente, à menor e à maior TAPF. O filocrono, que corresponde ao inverso da TAPF, foi maior na estação de inverno, seguida pelo outono, primavera e verão, consecutivamente. A duração de vida das folhas (DVF) foi superior na estação de inverno, e, inferior para as estações de outono e primavera, que não apresentaram diferença significativa entre si, e, por último, o verão com a menor média. A DVF foi menor nas estações com maiores temperatura média e precipitação, estimulando o aparecimento de folhas, que, por sua vez, aceleram o processo de geração e senescência de folhas.



Tabela 2 Variáveis morfológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu nas quatro estações do ano

| Variáveis morfológicas   | Estação              |                      |                      |                      |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|  | Outono               | Inverno              | Primavera            | Verão                |
| Taxa de aparecimento de folhas<br>(folha.perfilho <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> ) | 0,0443 c<br>(0,0041) | 0,0187 d<br>(0,0020) | 0,0595 b<br>(0,0026) | 0,0687 a<br>(0,0023) |
| Filocrono<br>(dias)  | 24,6 b<br>(3,4445)   | 61,3 a<br>(6,6511)   | 17,7 c<br>(0,8247)   | 14,9 d<br>(0,5111)   |
| DVF<br>(dias)  | 126,8 b<br>(13,8759) | 297,2 a<br>(33,4772) | 104,2 c<br>(3,8084)  | 83,8 d<br>(3,2010)   |

\*As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste tukey (P>0,10).

DVF=Duração de vida da folha.

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média (EPM)

Houve efeito de altura (P<0,10) na taxa de aparecimento de folha (TAPF) (Figura 11). A TAPF ajustou-se numa equação linear inversamente proporcional à altura do dossel, ou seja, a altura do dossel de 10 cm correspondeu ao maior valor de TAPF.

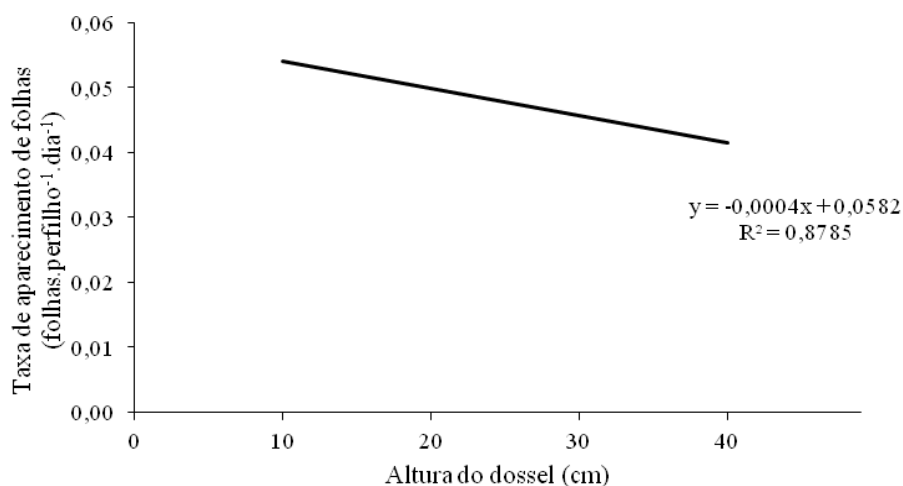


Figura 11 Taxa de aparecimento de folhas (TAPF) da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em quatro alturas do dossel

### 3.2.2 Características estruturais *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

Houve efeito de interação entre a altura do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) no número de folhas vivas (NFV) da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Figura 12). No outono, o NFV decresceu de forma linear com o incremento da altura do dossel. No verão, os dados ajustaram-se numa equação quadrática. Não houve efeito da altura do dossel nas estações de inverno e primavera ( $P > 0,10$ ) para o número de folhas vivas (NFV). A primavera e o inverno tiveram o NFV iguais a 5,97 contra 4,67, respectivamente.

Houve efeito de interação entre a altura do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) no número de folhas senescentes (NFS) (Figura 13). No inverno, o NFS aumentou com o incremento na altura de 10 cm para 40 cm do dossel, ajustando-se numa equação linear. Na primavera, o NFS foi maior que no inverno em todas as alturas. Além disso, o incremento da altura do dossel resultou num aumento no NFS, uma vez que, no início da primavera não estava em período chuvoso e, depois de iniciadas as avaliações morfogênicas, o efeito das chuvas que causou aceleração nos processos metabólicos da planta. Outra característica da primavera é que a reta do NFS apresentou uma maior inclinação que a do inverno, indicando que os processos de senescência foram acelerados naquela estação. Não houve efeito da altura do dossel nas estações de outono e verão ( $P > 0,10$ ) no NFS. A estação de outono teve maior NFS que o verão, sendo 0,75 contra 0,36, respectivamente.

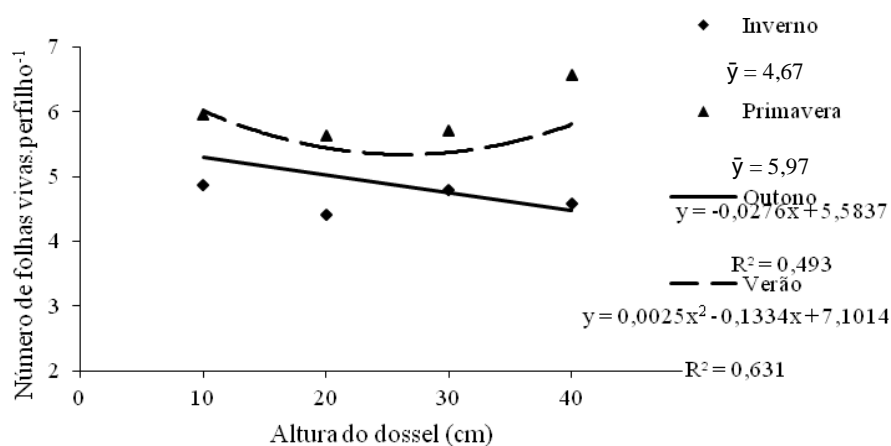


Figura 12 Número de folhas vivas.perfilho<sup>-1</sup> (NFV) da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

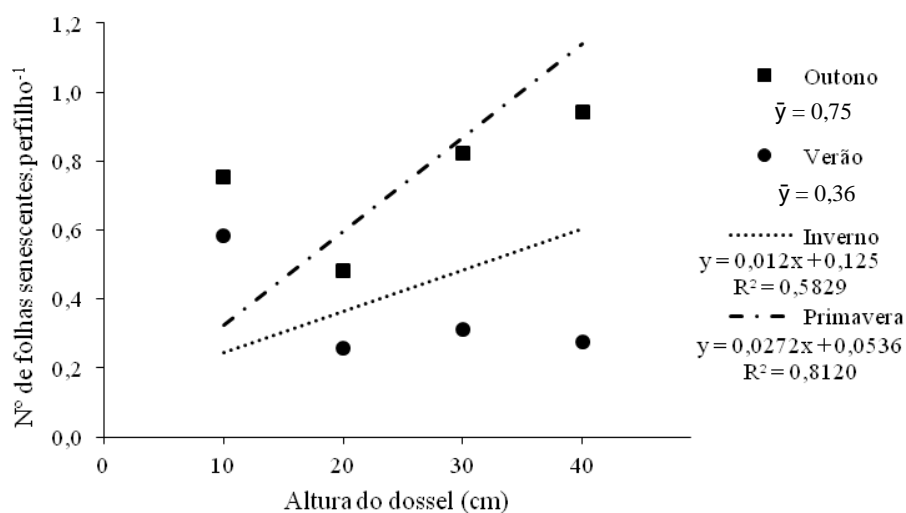


Figura 13 Número de folhas senescentes.perfilho<sup>-1</sup> (NFS) da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

Houve efeito de interação entre a altura do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) no número de folhas maduras (NFM) (Figura 14). O NFM reduziu de forma linear com o incremento da altura do dossel no outono. Não houve efeito da altura do dossel nas estações de inverno, primavera e verão ( $P > 0,10$ ) no NFM. O NFM é resultado do NFV menos o NFS e as folhas em expansão. No inverno, o menor NFV e os processos fisiológicos mais lentos nas plantas fizeram com que a folha levasse um período maior de tempo para ficar madura ou senescer causando a queda do NFM.

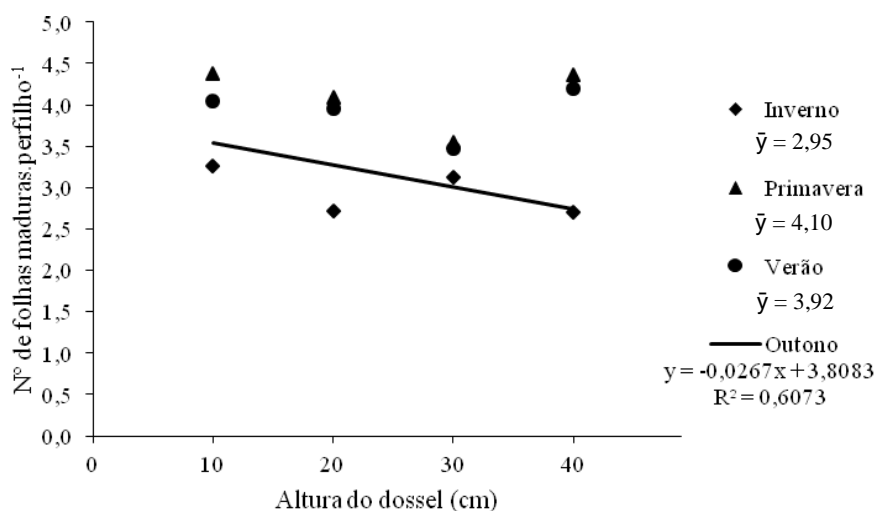


Figura 14 Número de folhas maduras.perfilho<sup>-1</sup> (NFM) da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

O comprimento do colmo foi diferente entre as estações do ano (Tabela 3) e o maior tamanho foi encontrado no verão, seguido pelo outono, e, por último, as estações de inverno e primavera, que não apresentaram diferenças significativas entre si. O menor comprimento do colmo do inverno e primavera pode ser justificado em decorrência das características de cada estação, tendo em

vista que, no inverno, o alongamento do colmo é nulo, e na primavera surgiu uma grande quantidade de novos perfilhos. O comprimento final da folha intacta (CFF) foi maior nas estações de inverno e primavera, e os menores no outono e verão. O número de folhas em expansão (NFE) foi maior nas estações de inverno e verão e menor no outono e primavera.

Tabela 3 Características estruturais da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu nas quatro estações do ano

| Características estruturais                         | Estação             |                     |                     |                     |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|   | Outono              | Inverno             | Primavera           | Verão               |
| Comprimento médio do colmo (cm)                     | 19,68 b<br>(0,4817) | 16,80 c<br>(0,4817) | 17,57 c<br>(0,4817) | 21,97 a<br>(0,4817) |
| Comprimento final da folha intacta (cm)             | 14,78 b<br>(0,7445) | 16,19 a<br>(0,7445) | 17,37 a<br>(0,7445) | 14,80 b<br>(0,7445) |
| Folhas em expansão (folhas.perfilho <sup>-1</sup> ) | 1,00 b<br>(0,0687)  | 1,29 a<br>(0,0430)  | 1,14 b<br>(0,0184)  | 1,38 a<br>(0,0389)  |

\*As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey (P>0,10).

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média (EPM)

### 3.2.3 Características morfogênicas do *Arachis pintoi* cv. Belmonte

Houve efeito de interação entre a altura do dossel e as estações do ano (P<0,10) na taxa de alongamento da folha (TALF) do *Arachis pintoi* cv. Belmonte (Figura 15). No inverno, a TALF foi a mais baixa entre as estações e reduziu linearmente à medida que a altura do dossel foi aumentada. Na primavera e no verão a TALF foram ajustadas em equações quadráticas. Na primavera, a TALF atingiu os maiores valores entre as estações e foi maior em dosséis mais baixos, chegando num pico de crescimento mais próximo à altura de 20 cm dossel. No verão, a TALF também foi alta, atingindo seu pico em 27 cm de altura do dossel, segundo a regressão. Não houve efeito da altura do

dossel na estação de outono ( $P>0,10$ ) na TALF. A TALF no outono não diferiu entre as estações, sendo igual a  $0,1979 \text{ cm}^2.\text{ramo}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ .

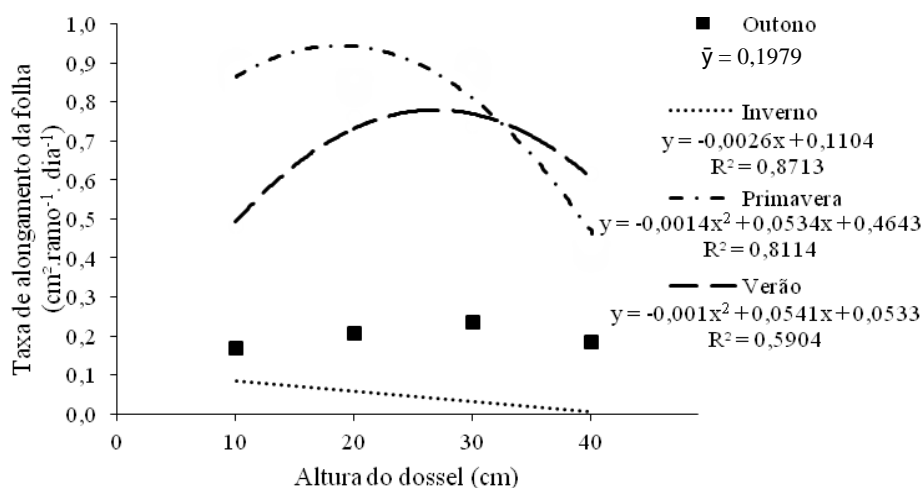


Figura 15 Taxa de alongamento de folha do *Arachis pintoi* cv. Belmonte nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

Houve efeito da estação do ano ( $P<0,10$ ) na taxa de alongamento do pecíolo total (TALPt), taxa de senescência da folha (TSF), taxa de senescência do pecíolo total (TSPt), taxa de desfolhação da folha (TDF) e duração de vida da folha (DVF) (Tabela 4). A TALPt foi maior na estação de primavera, seguida do verão, outono e inverno, consecutivamente. A TSF foi superior nas estações de primavera e verão, e inferior no inverno, equivalendo a, respectivamente,  $0,2501$ ,  $0,1880$  e  $0,086 \text{ cm}^2.\text{dia}^{-1}$ . As médias das estações de verão e outono não diferiram entre si. Na primavera a TSF foi maior em virtude da existência de folhas em processo de senescência provenientes da estação de inverno, porém, com o início das chuvas, a TSF acelera. A TSPt do outono, que foi a menor entre as estações, corresponde a 38% do valor da primavera, que foi a maior TSPt.

A TDF foi maior no verão, consequência da maior produção de leguminosa nessa estação, tornando as folhas mais expostas à decapitação. A DVF foi maior no outono, seguido pelo verão, e, depois primavera. A DVF no inverno foi anulada, pois um dos tratamentos não houve aparecimento de folhas, conseqüentemente, não houve filocrono. Considerando a influência da estacionalidade produtiva na leguminosa, foi observado que, na estação de inverno, a TSPT foi maior que a TALPt, ou seja, houve maior morte de pecíolo que crescimento. A mesma resposta foi observada para a TSF, pois se comparando a TSF com a TALF (Figura 15) da estação de inverno, a senescência é sempre maior, ou seja, ocorre redução da massa da componente folha nas leguminosas em decorrência do período de estacionalidade de produção.

Tabela 4 Características morfogênicas do *Arachis pintoi* cv. Belmonte nas quatro estações do ano

| Características Morfogênicas              | Estação               |                       |                       |                       |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|   | Outono                | Inverno               | Primavera             | Verão                 |
| TALPt (cm.dia <sup>-1</sup> )             | 0,0756 c<br>(0,0097)  | 0,0174 d<br>(0,0030)  | 0,2814 a<br>(0,0261)  | 0,2384 b<br>(0,0173)  |
| TSF (cm <sup>2</sup> .dia <sup>-1</sup> ) | 0,0958 bc<br>(0,0291) | 0,0986 c<br>(0,0226)  | 0,2501 a<br>(0,0478)  | 0,1880 ab<br>(0,0490) |
| TSPT (cm.dia <sup>-1</sup> )              | 0,0321 bc<br>(0,0088) | 0,0480 ab<br>(0,0136) | 0,0853 a<br>(0,0161)  | 0,0468 ab<br>(0,0111) |
| TDF (cm <sup>2</sup> .dia <sup>-1</sup> ) | 0,0110 b<br>(0,0046)  | 0,0015 c<br>(0,0006)  | 0,0184 bc<br>(0,0125) | 0,0552 a<br>(0,0135)  |
| DVF (dias)                                | 149,4 a<br>(12,8733)  | .                     | 51,26 c<br>(2,7545)   | 80,12 b<br>(12,7548)  |

\*As médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste tukey (P>0,10)

TALPt=Taxa da alongamento de pecíolo total; TSF=Taxa de senescência da folha; TSPT=Taxa de senescência de pecíolo total; TDF=Taxa de desfolhação; DVF=Duração de vida da folha.

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média (EPM)

Houve efeito de interação entre a altura do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) na taxa de aparecimento de folhas (TAPF) da leguminosa (Figura 16). Na primavera, a TAPF ajustou-se numa equação linear, foi inversamente proporcional ao incremento da altura do dossel, e variou entre 0,09 e 0,04 folhas.ramo<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>. Não houve efeito da altura do dossel nas estações de outono, inverno e verão ( $P > 0,10$ ) na TAPF. A TAPF no verão foi superior a das estações de outono e inverno, consecutivamente. A estação de inverno teve a menor TAPF entre todas as estações.

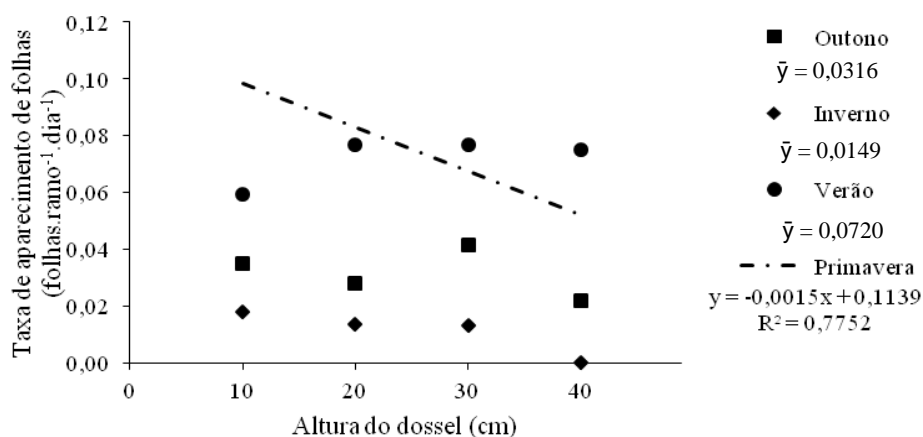


Figura 16 Taxa de aparecimento de folhas do *Arachis pintoi* cv. Belmonte nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

Houve efeito de interação entre a altura do dossel e a estação do ano ( $P < 0,10$ ) para o filocrono (Figura 17). Na primavera, o filocrono foi diretamente proporcional ao incremento da altura do dossel, pois é o inverso da TAPF. Não houve efeito da altura do dossel nas estações de outono, inverno e verão ( $P > 0,10$ ) no filocrono. O filocrono no inverno foi de 43,0 dias, sendo superior às



estações de outono e verão, que corresponderam a 32,9 e 17,4 dias, respectivamente.

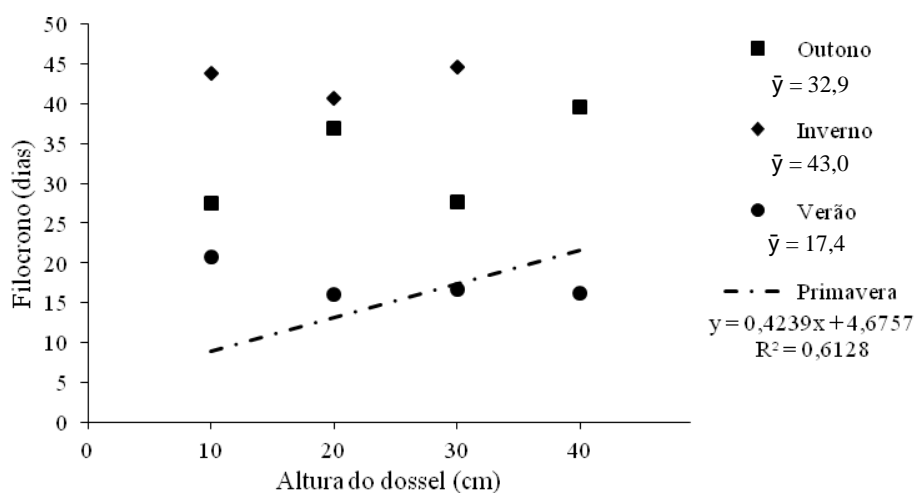


Figura 17 Filocrono do *Arachis pintoi* cv. Belmonte nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

Houve efeito de interação entre a altura do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) na taxa de alongamento de caule (TALC) da leguminosa (Figura 18). No outono, a TALC aumentou com o incremento das alturas, porém, esse incremento foi, praticamente, irrisório. No verão, a TALC teve relação inversamente proporcional ao aumento das alturas do dossel. Nessa estação, a TALC na altura de 40 cm do dossel foi 66% menor que na altura de 10 cm, que foi igual a  $0,21 \text{ cm.ramo}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ . Não houve efeito da altura do dossel nas estações de inverno e primavera ( $P > 0,10$ ) na TALC. A TALC no inverno foi inferior à da estação de primavera, sendo iguais a 0,0081 e 0,2638, respectivamente. A TALC na primavera foi a maior entre as estações, sendo igual a  $0,2638 \text{ cm.ramo}^{-1}.\text{dia}^{-1}$  para todas alturas do dossel.

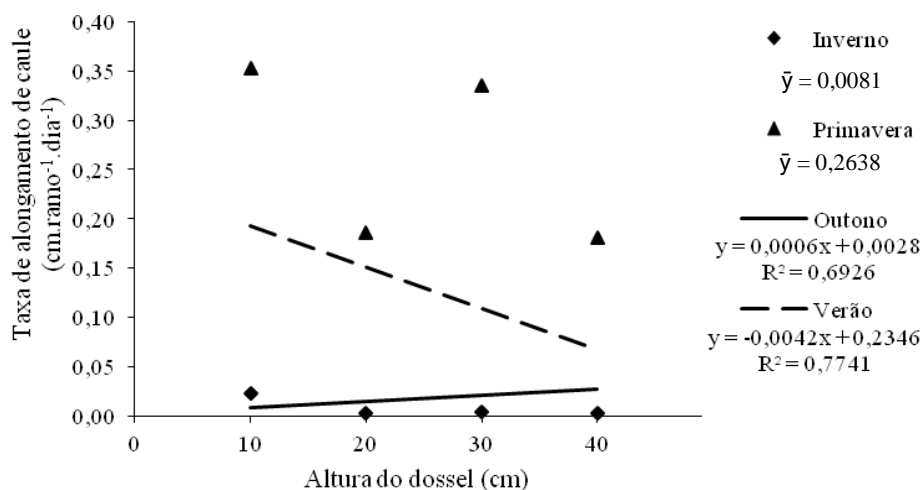


Figura 18 Taxa de alongamento de caule do *Arachis pintoi* cv. Belmonte nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

### 3.2.4 Características estruturais do *Arachis pintoi* cv. Belmonte

Houve efeito de interação entre a altura do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) no número de folhas senescentes (NFS) (Figura 19). No inverno, o NFS aumentou com o incremento da altura do dossel. Não houve efeito da altura do dossel nas estações de outono, primavera e verão ( $P > 0,10$ ) no NFS. Em média, o NFS, em ordem crescente foi igual a 0,01, 0,02 e 0,03, para as estações de primavera, verão e outono, respectivamente.

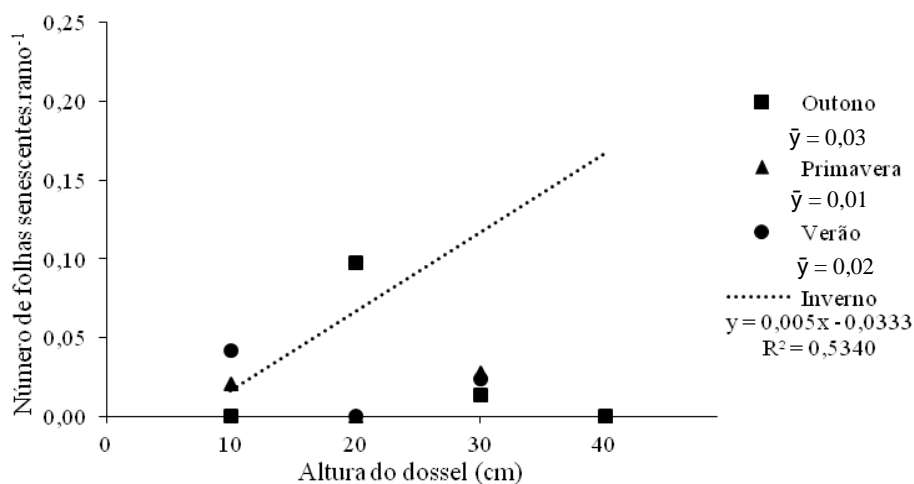


Figura 19 Número de folhas senescentes. ramo<sup>-1</sup> (NFS) do *Arachis pintoi* cv. Belmonte nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

No tamanho da folha de leguminosa, houve efeito de altura do dossel ( $P < 0,10$ ) no tamanho da estípula, pecíolo 2 e pecíolo 3 (Figura 20). Todos os segmentos ajustaram-se em equações quadráticas. A estípula e o pecíolo 3 apresentaram variações de amplitude mínima, sendo, praticamente, nulas. O pecíolo 2 aumentou com o incremento nas alturas do dossel. A diferença de tamanho no pecíolo 2 entre as alturas de dossel de 40 cm e de 10 cm foi igual a 1,2 cm.

Houve efeito de altura do dossel ( $P < 0,10$ ) no tamanho da estípula + pecíolo 2 + pecíolo 3 (Figura 21). A somatória de todos os segmentos causou uma variação de 1,5 cm entre a menor e a maior altura do dossel.

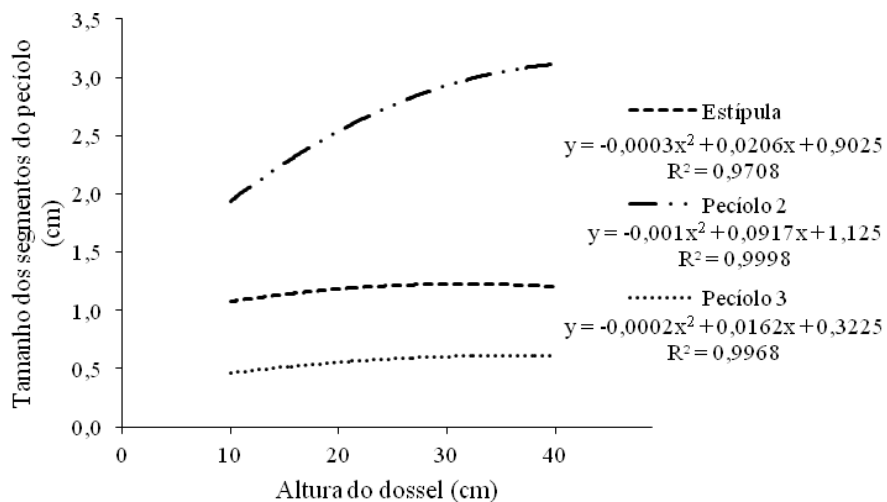


Figura 20 Tamanho dos segmentos do pecíolo do *Arachis pintoi* cv. Belmonte em quatro alturas do dossel

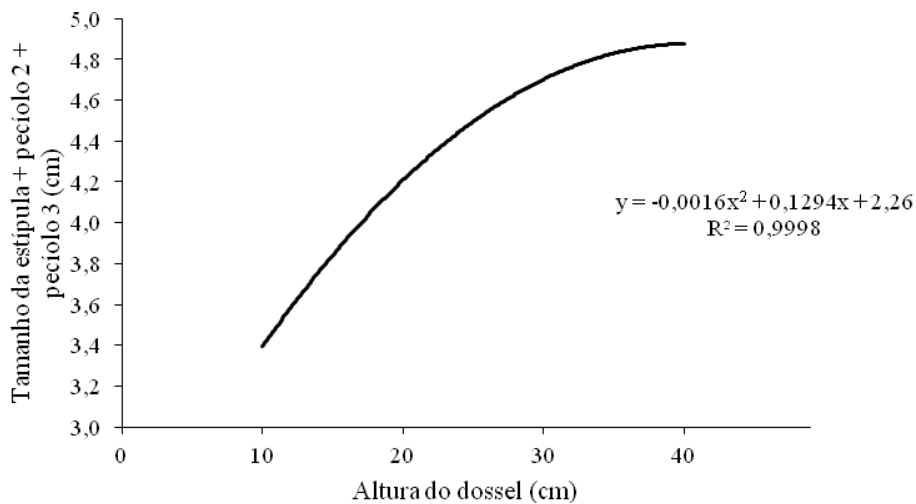


Figura 21 Tamanho da estípula + pecíolo 2 + pecíolo 3 do *Arachis pintoi* cv. Belmonte em quatro alturas do dossel

Houve efeito de altura do dossel ( $P < 0,10$ ) no tamanho do folíolo ou folha (Figura 22). Os dados ajustaram-se em equações quadráticas para todos componentes, os quais aumentaram com o incremento na altura do dossel. O folíolo "A" possui maior área que o folíolo "C" em todas as alturas do dossel. A área da folha na altura de 40 cm do dossel é, em média, 47% maior que a folha na altura de 10 cm.

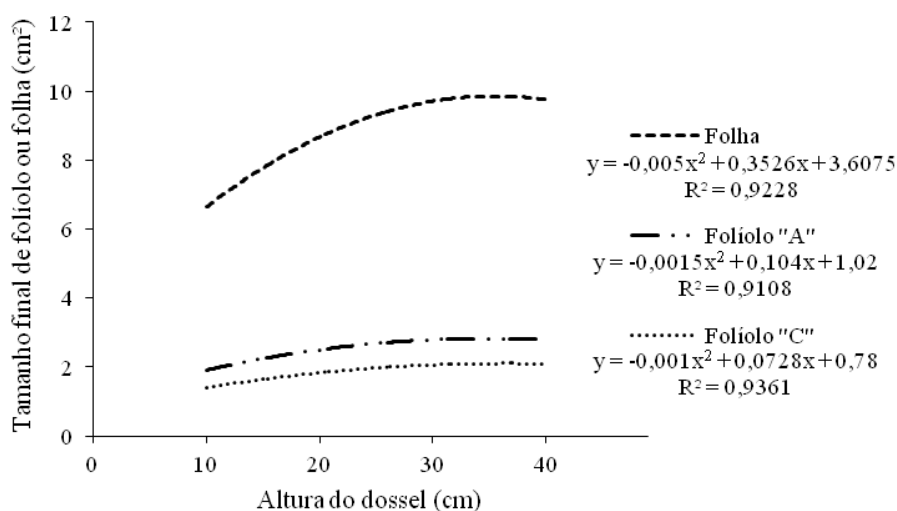


Figura 22 Tamanho final de folíolo ou folha do *Arachis pintoi* cv. Belmonte em quatro alturas do dossel

Houve efeito da estação do ano ( $P < 0,10$ ) no número de folhas vivas (NFV), número de folhas em expansão (NFE) e no número de folhas maduras (NFM) (Tabela 5). O NFV foi superior no verão em relações às estações de inverno e primavera, uma vez que as avaliações morfogênicas da primavera iniciaram-se em época de restrição hídrica, os valores foram tão baixos quanto o do inverno, causando reflexo no NFV dessas estações. O NFE foi maior no verão e na primavera, seguidos pelas estações de outono e inverno, necessariamente nessa ordem. O NFM foi maior no outono e menor no inverno e

primavera. Não houve diferença significativa entre as estações de outono e verão.

Tabela 5 Características estruturais do *Arachis pintoi* cv. Belmonte nas quatro estações do ano

| Caract. estruturais da folha | Estação             |                    |                    |                     |
|------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
|                              | Outono              | Inverno            | Primavera          | Verão               |
| NFV                          | 4,48 ab<br>(0,2882) | 3,42 b<br>(0,2882) | 3,90 b<br>(0,2882) | 4,64 a<br>(0,2882)  |
| NFE                          | 0,28 b<br>(0,0384)  | 0,11 c<br>(0,0229) | 0,84 a<br>(0,0685) | 1,01 a<br>(0,1530)  |
| NFM                          | 4,18 a<br>(0,2648)  | 3,23 b<br>(0,2648) | 3,05 b<br>(0,2648) | 3,61 ab<br>(0,2648) |

\*As médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste tukey ( $P > 0,10$ )

NFV=Número de folhas vivas; NFE=Número de folhas em expansão; NFM=Número de folhas maduras.

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média (EPM)

Houve efeito da estação do ano ( $P < 0,10$ ) no tamanho final da folha (TFF), tamanho final da estípula (TFE) e tamanho final do pecíolo 3 (TFP3) (Tabela 6). O TFF foi maior nas estações de primavera e verão e menor nas estações de outono e inverno. Essa diferença entre as estações chega a ser de 1 cm<sup>2</sup>. O TFE foi maior no verão seguido pela primavera. As estações de outono e inverno foram os menores TFE. O TFP3 foi superior na primavera em relação às demais estações. Apesar de estatisticamente diferentes, as diferenças entre estações no TFE e TFP3 são de difíceis constatações na prática, pois se trata de escalas reduzidas.

Houve efeito da estação do ano ( $P < 0,10$ ) no tamanho final do caule (TFC) (Tabela 6). O maior TFC foi no verão, seguido pela primavera. As estações de outono e inverno foram os menores TFC e não apresentaram

diferenças significativas entre si. O TFC foi de, aproximadamente, duas (2) vezes maior no verão em relação ao outono ou inverno.

Houve efeito de altura do dossel ( $P < 0,10$ ) no tamanho final do caule (Figura 23). O TFC aumentou, de forma quadrática, com o incremento das alturas do dossel.

Tabela 6 Características estruturais do *Arachis pintoi* cv. Belmonte nas quatro estações do ano

| Variáveis estruturais da folha | Estação             |                     |                     |                     |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                | Outono              | Inverno             | Primavera           | Verão               |
| TFF (cm <sup>2</sup> )         | 8,03 b<br>(0,2357)  | 8,44 b<br>(0,2357)  | 9,13 a<br>(0,2357)  | 9,18 a<br>(0,2357)  |
| TFE (cm)                       | 1,14 c<br>(0,0188)  | 1,12 c<br>(0,0188)  | 1,19 b<br>(0,0188)  | 1,23 a<br>(0,0188)  |
| TFP3 (cm)                      | 0,53 b<br>(0,0097)  | 0,56 b<br>(0,0257)  | 0,61 a<br>(0,0249)  | 0,53 b<br>(0,0126)  |
| TFC (cm)                       | 14,42 c<br>(1,2622) | 14,57 c<br>(1,2622) | 27,52 b<br>(1,2622) | 31,64 a<br>(1,2622) |

\*As médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste tukey ( $P > 0,10$ )

TFF=Tamanho final da folha; TFE=Tamanho final da estípula; TFP3=Tamanho final do pecíolo 3; TFC=Tamanho final do caule.

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média (EPM)

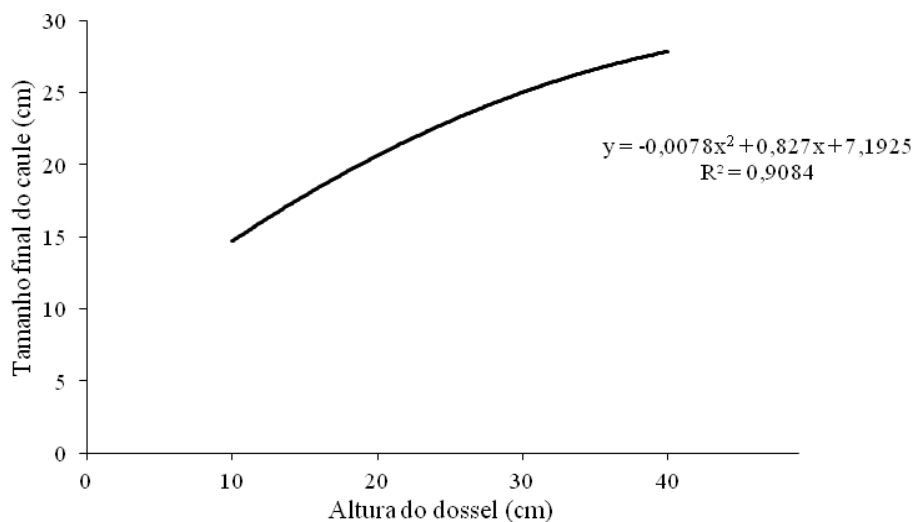


Figura 23 Tamanho final do caule do *Arachis pintoi* cv. Belmonte em quatro alturas do dossel

### 3.3 Densidade populacional de perfilhos (DPP) e ramos (DPR)

Houve efeito de interação entre a altura do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) na densidade populacional de perfilhos basais (DPPb) da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Figura 24). Na primavera e no verão, a DPPb reduziu com o incremento da altura do dossel. A estação de primavera foi a que apresentou maior DPPb em todas alturas. Na altura de dossel de 40 cm, a DPPb na primavera, foi 52% maior em relação à do verão. Nas estações de outono e inverno não houve efeito da altura do dossel ( $P > 0,10$ ), e as médias da DPPb dessas estações foram, respectivamente, 994,99 e 921,46 perfilhos basais.m<sup>-2</sup>.



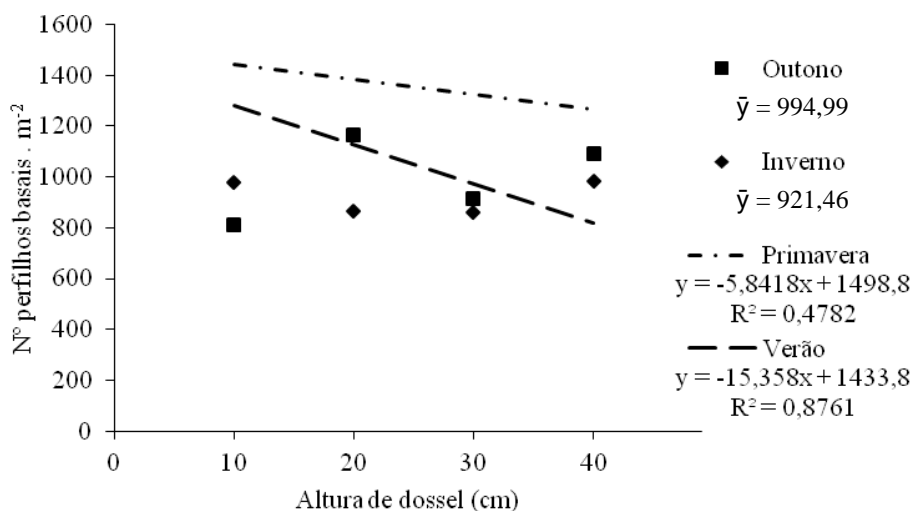


Figura 24 Número de perfilhos basais.m<sup>-2</sup> (DPPb) nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

Houve efeito de interação entre a altura do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) na densidade populacional de perfilhos reprodutivos (DPPr) da gramínea (Figura 25). No outono, inverno e verão, a DPPr respondeu de forma diretamente proporcional à altura do dossel. A estrutura da planta tem grande efeito no florescimento, pois na altura de dossel de 40 cm, a DPPr chegou ser sete vezes maior que aquela dos dosséis de 10 cm de altura no inverno. Não houve efeito da altura do dossel na estação de primavera ( $P > 0,10$ ) na DPPr, e seu valor foi de 0,84 perfilho reprodutivo.m<sup>-2</sup>, em média.

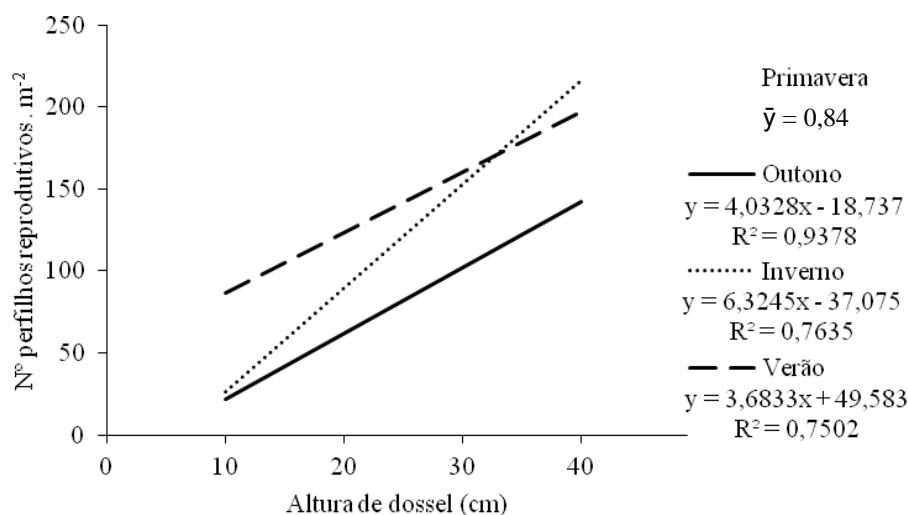


Figura 25 Número de perfilhos reprodutivos. $m^{-2}$  (DPPr) nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

Houve efeito de interação entre a altura do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) na densidade populacional de ramos primários (DPRp) do *Arachis pintoi* cv. Belmonte (Figura 26) e a densidade populacional total de ramos (DPRt) teve resposta semelhante (Figura 27). A DPRp teve grandeza inversamente proporcional à altura do dossel. A estrutura do dossel tem grande influência no desenvolvimento da leguminosa, pois na altura de dossel de 10 cm, a menor DPRp foi igual a 25 ramos primários. $m^{-2}$ , no inverno, e, ainda assim, foi o triplo da maior DPRp dos dosséis de 40 cm de altura.

Houve efeito de estação do ano ( $P < 0,10$ ) no número de perfilhos aéreos. $m^{-2}$  (DPPa) e número de ramos secundários. $m^{-2}$  (DPRs) (Tabela 7). A estação de verão teve maior DPPa que as estações de inverno e primavera. A DPPa do outono não diferiu do verão nem do inverno. No verão, tanto para a gramínea como para a leguminosa, houve maior DPPa e DPRs, ou seja, houve

maior perfilhamento das gemas laterais, pois as plantas precisaram desenvolver alternativas para sintetizar carboidratos e o dossel estava adensado.

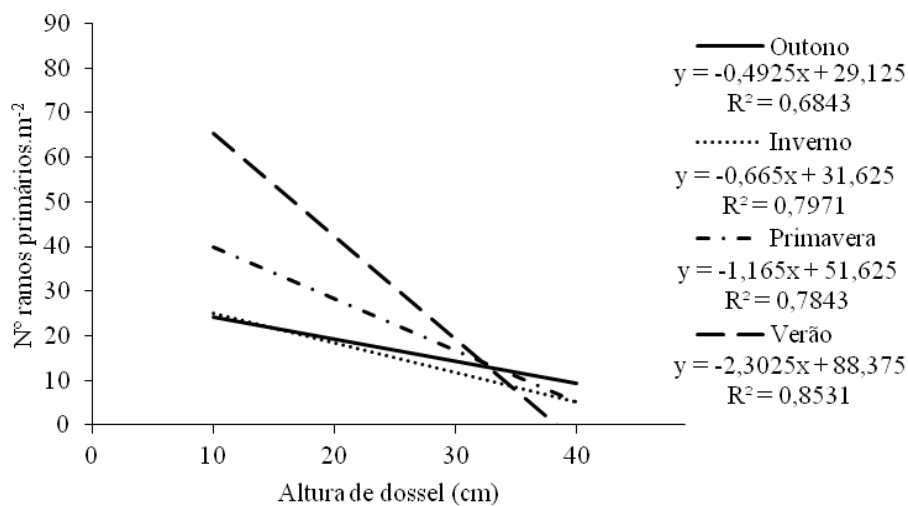


Figura 26 Densidade populacional de ramos primários (DPRp) nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

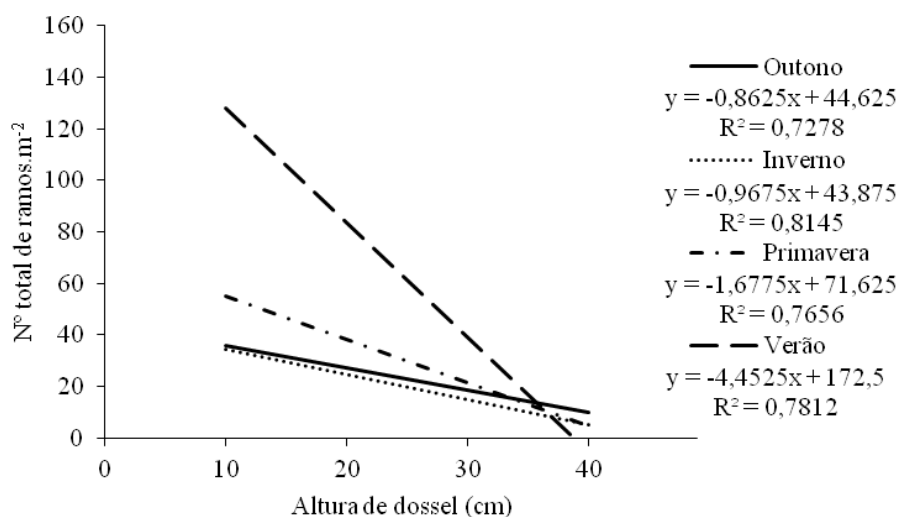


Figura 27 Densidade populacional total de ramos (DPRt) nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

Tabela 7 Nº de perfilhos aéreos.m<sup>-2</sup> (DPPa) e densidade populacional de ramos secundários (DPRs) nas quatro estações do ano

| Componente                          | Estação             |                    |                   |                    |
|-------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
|                                     | Outono              | Inverno            | Primavera         | Verão              |
| Nº perfilhos aéreos.m <sup>-2</sup> | 100,8 ab<br>(11,36) | 70,2 bc<br>(11,36) | 52,5 c<br>(11,36) | 119,6 a<br>(11,36) |
| DPRs                                | 6,3 b<br>(1,63)     | 4,7 b<br>(0,95)    | 7,2 b<br>(1,60)   | 30,4 a<br>(8,11)   |

\*As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste tukey ( $P > 0,10$ ).

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média (EPM)

Houve efeito da altura ( $P < 0,10$ ) na densidade populacional de perfilhos aéreos (DPPa) e na densidade populacional de ramos secundários (DPRs) (Figura 28). A DPPa aumentou com o incremento da altura do dossel, por outro lado a DPRs reduziu com o incremento da altura do dossel. A altura de 10 cm do

dossel teve, aproximadamente, dez vezes mais ramos secundários que a de 40 cm.

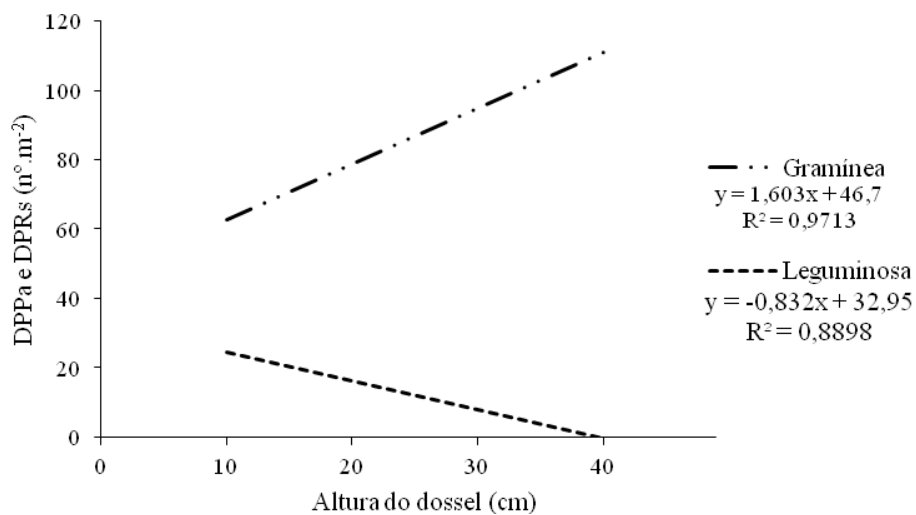


Figura 28 Densidade populacional de perfilhos aéreos (DPPa) e ramos secundários (DPRs) em quatro alturas de dossel

### 3.4 Índice de área foliar do dossel (IAF)

Houve efeito de estação do ano ( $P < 0,10$ ) no índice de área foliar (IAF) da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, do *Arachis pintoi* cv. Belmonte e IAF total. (Tabela 8).

Tabela 8 Índice de área foliar (IAF) do dossel nas quatro estações do ano

| Índice de área foliar | Estação           |                  |                   |                  |
|-----------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
|                       | Outono            | Inverno          | Primavera         | Verão            |
| IAF Gramínea          | 3,74 b<br>(0,20)  | 3,88 b<br>(0,20) | 5,44 a<br>(0,20)  | 3,84 b<br>(0,20) |
| IAF Leguminosa        | 0,05 ab<br>(0,01) | 0,04 b<br>(0,01) | 0,08 ab<br>(0,04) | 0,11 a<br>(0,04) |
| IAF Total             | 3,79 b<br>(0,20)  | 3,92 b<br>(0,20) | 5,52 a<br>(0,20)  | 3,95 b<br>(0,20) |

\*As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste tukey ( $P > 0,10$ ).

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média (EPM)

Houve efeito da altura do dossel ( $P < 0,10$ ) no IAF da gramínea (IAFg) e no IAF total do dossel (IAFt) (Figura 29). O IAF aumentou de forma diretamente proporcional ao incremento na altura do dossel, tanto para o IAFg, quanto no IAFt. O distância existente entre a reta do IAFg e do IAFt, corresponde ao IAF da leguminosa. Na altura de 10 cm do dossel, a contribuição do IAF da leguminosa é maior que em dosséis mais altos, uma vez que, com o incremento das alturas, as retas tendem a convergir para um mesmo ponto, ou seja, a contribuição da leguminosa no IAF se torna cada vez menor.

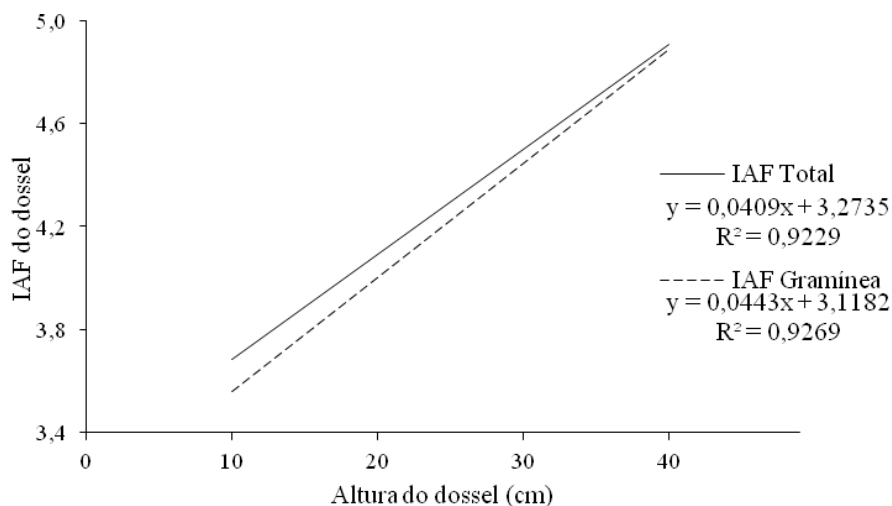


Figura 29 IAF da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e IAF total do dossel (IAFt) em pastos consorciados entre *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Arachis pintoi* cv. Belmonte em quatro alturas do dossel

### 3.5 Área foliar específica (AFE)

Houve efeito de interação entre a altura do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) na área foliar específica (AFE) da gramínea (Figura 30). Na primavera e no verão, a AFE aumentou, de forma sensível, com o incremento da altura do dossel. Para as estações de outono e inverno não houve efeito da altura do dossel ( $P > 0,10$ ), e as médias da AFE dessas estações foram, respectivamente, 181,05 e 155,30  $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ .

Houve efeito da altura do dossel ( $P < 0,10$ ) na área foliar específica (AFE) da leguminosa (Figura 31). A diferença entre a AFE da leguminosa na maior e na menor altura do dossel foi de 38  $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ . O aumento da AFE da leguminosa com o incremento da altura pode ser explicado pela restrição de luz em dosséis mais altos, fazendo com que a leguminosa criasse mecanismos para

expandir a área da folha, com o objetivo de ter maior superfície para realizar fotossíntese.

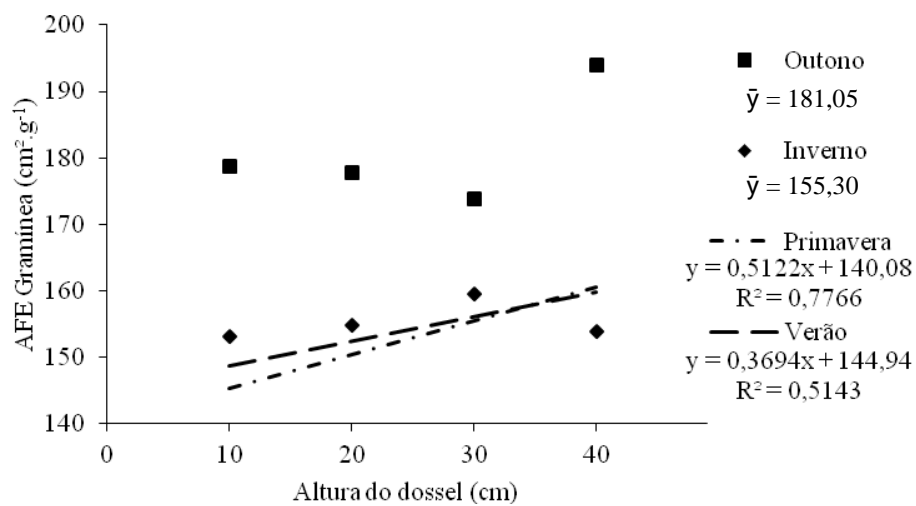


Figura 30 Área foliar específica (AFE) da gramínea nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel



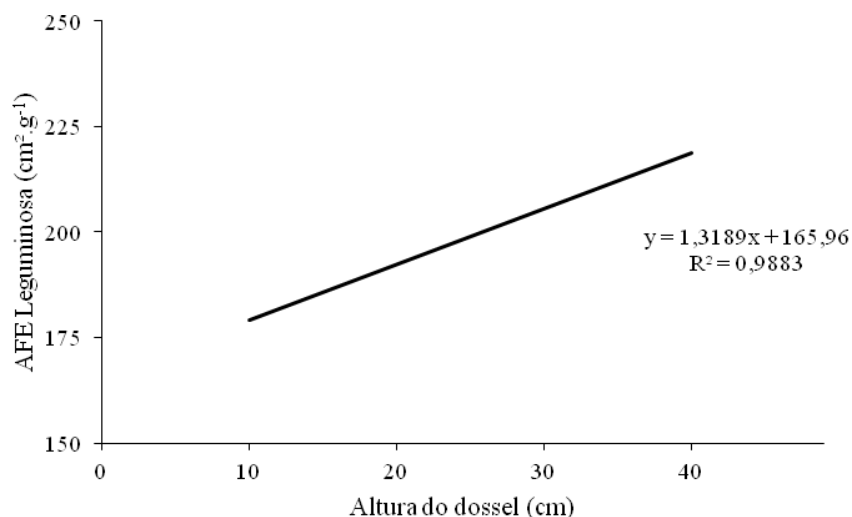


Figura 31 Área foliar específica (AFE) do *Arachis pintoi* cv. Belmonte nas quatro alturas do dossel

Houve efeito de estação do ano ( $P < 0,10$ ) na AFE da leguminosa (Tabela 9). A AFE da leguminosa foi maior na estação de verão, seguida pela primavera e inverno, consecutivamente. Pode-se inferir que existe uma correlação entre a interceptação luminosa (IL) e a AFE. As estações que tiveram maior AFE da leguminosa foram aquelas que apresentaram maior IL no dossel, com exceção do outono.

Tabela 9 Área foliar específica (AFE) do *Arachis pintoi* cv. Belmonte nas quatro estações do ano

| Área foliar específica<br>(cm².g⁻¹) | Estação            |                    |                    |                    |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                                     | Outono             | Inverno            | Primavera          | Verão              |
| AFE leguminosa                      | 225,24 a<br>(5,81) | 155,24 c<br>(7,26) | 185,95 b<br>(6,82) | 229,29 a<br>(6,07) |

\*As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste tukey ( $P > 0,10$ ).

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média (EPM)

#### 4 DISCUSSÃO

Os processos que envolvem a síntese de tecidos em gramíneas foram descritos por Lemaire e Chapman (1996) por meio do estudo da morfogênese. Para leguminosas, avaliações morfogênicas foram realizadas de forma análoga às gramíneas, porém foram realizadas adaptações a estas metodologias adequando variáveis de avaliação às características morfológicas do *Arachis pinto* spp.

Das características morfogênicas, o aparecimento, o alongamento e a longevidade das folhas são consideradas as mais importantes. Fatores como água e temperatura têm grande influência na dinâmica dos processos fisiológicos, refletindo no balanço produtivo das pastagens por meio das variações em crescimento e senescência ou na época de estacionalidade produtiva das plantas forrageiras.

No presente estudo, esses fatores citados anteriormente foram marcantes entre diferentes estações do ano em diferentes alturas de manejo tanto para gramíneas quanto para leguminosas. Para as variáveis TALF e TAPF em gramíneas, os valores da estação de verão em relação ao inverno, foram de quatro vezes maiores em ambas variáveis. Nas leguminosas, as maiores variações na TALF e TAPF foram encontradas entre as estações de primavera e inverno, a amplitude dessas diferenças foi de dezessete e cinco vezes, respectivamente, a favor da estação de primavera. Segundo Suplick et al. (2002), a temperatura é um fator ambiental controlador da taxa de aparecimento de folhas em gramíneas, descrevendo relações lineares entre o número de folhas e a temperatura acumulada. Já o alongamento foliar é resultante da produção de células, a partir da zona de crescimento das folhas (zonas de divisão, alongamento e maturação celular), onde o suporte nutricional e hídrico atua

fortemente. A dinâmica de aparecimento e alongamento de folhas, também, foi influenciada pelas alturas de manejo utilizadas.

Observou-se, de forma geral, que quando não houve restrição de água e temperatura, a leguminosa teve maiores TALF e TALC nas menores alturas. Com o incremento acentuado das alturas, foi observado que essas taxas foram reduzidas, pois a luz foi um limitante. Na estação de verão, quando a planta foi submetida a uma condição inicial de sombreamento, ela foi estimulada a produzir maior área foliar, chegando à maior TALF próximo à altura de dossel de 20 cm, principalmente, em decorrência da interação entre os mecanismos de emissão de folhas e ramificação de gemas laterais. A produção de caule pela planta é um mecanismo em que ela prioriza a propagação vegetativa e aumenta a capacidade potencial de gerar fotoassimilados e aumenta a probabilidade de sobrevivência da planta nesse ecossistema, uma vez que os propágulos vegetativos são ligados no mesmo sistema radicular. Na medida em que o processo de rebrotação avança e a quantidade de assimilados produzidos excede a demanda da planta, os recursos podem ser utilizados para produção e crescimento de novas plantas a partir da ativação de gemas axilares ou basais (MOORE; MOSER, 1995), ou, também, novos ramos, os quais contribuem para a captação de energia luminosa, acúmulo de tecidos foliares pelo dossel e sobrevivência da leguminosa.

Percebeu-se que, na condição da menor altura de dossel, o amendoim forrageiro não teve restrição de luminosidade, tornando as folhas mais espessas e com maior AFE, ou seja, a folha foi mais pesada por unidade de área (Figura 28). Outra variável que responde a essas alterações foi o tamanho final da folha, pois em dosséis mais altos, a planta tem maior AFE e tamanho da folha.

A TALF teve resposta contrária para a gramínea em relação à leguminosa. Na *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, aumentos na TALF no verão, ocorreram, também, em função da altura que o dossel foi manejado,

porém, de forma contrária, essas taxas foram maiores nas maiores alturas. A mesma resposta foi obtida para a variável TALC. Segundo Pontes et al. (2004), também, foi verificado aumento linear na TALF com aumento na altura em que a pastagem de azevém anual foi mantida. Este efeito foi relacionado ao maior resíduo e maior quantidade de material senescente nos tratamentos de maior altura, proporcionando uma maior remobilização de N (Figuras 5 e 6). A remobilização de N das folhas mais velhas para as folhas que estão em alongação é um processo que acompanha a senescência foliar. A quantidade de N remobilizado pode atingir até três quartos da quantidade de N contida nas folhas verdes (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996).

Quando se utilizam pastos em monocultivo, o objetivo principal para definir o manejo a ser utilizado gira em torno, principalmente, da produtividade da pastagem, sem dar grande importância a outras variáveis. Porém, as metas de manejo em pastos consorciados, devem ser analisadas em uma visão mais ampla, uma vez que uma nova variável é incluída nesse contexto. Por isso, novos elos devem ser estabelecidos para avaliar as interações existentes nesse ecossistema e a definição de qual manejo utilizar em pastos consorciados. Dessa forma, percebe-se que, para definir metas de manejo em pastos consorciados, as relações entre produtividade da gramínea e da leguminosa X persistência da leguminosa devem ser levados em consideração para definir o melhor manejo.

As alturas de dossel testadas neste trabalho foram capazes de gerar contrastes em estrutura do dossel, o que interferiu de forma marcante sobre os processos morfogênicos no indivíduo, podendo até ser considerado como um aspecto fundamental para existência da leguminosa no consórcio. A partir da adaptação métodos de avaliações morfogênicas para leguminosas foi possível quantificar quão grande a importância do componente folha para as plantas e sua relação direta com a sobrevivência da mesma no ambiente. Segundo Taiz e Zeiger (2004), na maioria das plantas, as folhas são órgãos fotossintetizantes,

isto é, onde a energia luminosa capturada e utilizada para coordenar as reações químicas que são vitais para a vida da planta.

Apesar terem existido diferenças significativas no NFV da gramínea, segundo Gomide e Gomide (2000), o número de folhas por perfilho assume uma constância razoável dentro de uma mesma espécie ou cultivar. Dessa forma, a DPP se torna um fator determinante para o índice de área foliar do relvado (CRUZ; BOVAL, 2000), a mesma importância teve a densidade populacional de ramos do *Arachis pintoii* cv. Belmonte. Apesar da pequena contribuição no IAF total, o IAF da leguminosa teve resposta idêntica à DPR, ou seja, quanto menor a altura do dossel, maior a proporção da leguminosa na pastagem. Mesmo não havendo diferenças significativas no IAF da leguminosa em diferentes alturas do dossel ( $P=0,11$ ), houve uma tendência linear de redução no valor dessa variável com o aumento das alturas, uma vez que em dosséis de 10 cm e 40 cm, os valores do IAF da leguminosa foram, respectivamente, 0,13 e 0,02.

Segundo Van Esbroeck, Hussey e Sanderson (1997), além da densidade de plantas, a taxa de expansão das lâminas foliares é outro fator que influencia no IAF do pasto. Nesse estudo, a TALF variou grandemente com as condições ambientais e de manejo, tanto para gramínea, quanto para a leguminosa.

A DPP e a DPR tiveram respostas semelhantes para diferentes estruturas do pasto. Tanto para gramíneas quanto para leguminosas, as menores alturas do pasto proporcionaram as maiores densidades de plantas. Porém, com relação à forma que o caule de leguminosa se posicionou dentro do dossel variou com as alturas do pasto. Em outras palavras, os ramos de leguminosa, estavam em maior quantidade nas menores alturas, e tinham a característica de crescer em sentido horizontal, um crescimento prostrado. Nas maiores alturas, houve restrição de luminosidade no dossel, fazendo com que o caule do amendoim crescesse verticalmente e emitisse folhas no topo desse dossel, à procura de luz. Essa característica de crescimento da leguminosa em dosséis com maior altura,

também pode implicar em menor adaptação da planta a condições de desfolhação, pois uma vez cortada, são poucas as gemas axilares que podem desfrutar de luz e serem produtivas. Alterações em quantidade e qualidade da luz são percebidas pelos indivíduos (BALLARÉ et al., 1988) e, para gramíneas, o alongamento de caules em detrimento ao de folhas passa a ser o principal dreno de assimilados da planta.

O nitrogênio é um importante constituinte dos componentes da célula tais como clorofila, proteínas e ácido nucleicos, que é requerido em grandes quantidades e limita o desenvolvimento da planta (TAIZ; ZEIGER, 2004). Segundo Lemaire e Chapman (1996), as características morfogênicas determinam as características estruturais de perfilhos individuais: número de folhas vivas por perfilho, comprimento final da folha expandida e densidade populacional de perfilhos. Estas, por sua vez, afetam a estrutura do dossel forrageiro por causarem variações no tamanho e na disposição das folhas, sendo, portanto, a estrutura fator determinante das respostas tanto de plantas como de animais (HODGSON, 1985).

Vários autores têm comentado que a TAPF, durante o processo de crescimento da planta, tende a diminuir. Na verdade, a taxa de iniciação das folhas no meristema apical (plastocrono) permanece constante, em função da temperatura, mas com o aumento do comprimento da bainha das folhas sucessivas de gramíneas cespitosas, há uma maior demora no surgimento das folhas acima do cartucho (DURU; DUCROCQ, 2000a; LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Em leguminosas o surgimento das folhas é quase concomitante com o alongamento dos entrenós e não há bainha a percorrer, o filocrono tem um comportamento similar ao do plastocrono (NABINGER; PONTES, 2001).

Nesse estudo, a relação entre a IL do dossel e altura do pasto é diferente para pastos manejados sob lotação contínua ou em pastos sob lotação

intermitente (DA SILVA et al., 2009; PEDREIRA; PEDREIRA; DA SILVA, 2007; ZEFERINO, 2006), pois a estrutura do dossel não é a mesma. Em outras palavras, comparativamente, na mesma altura do dossel, a IL é maior em pastos manejados sob lotação contínua, e menor na altura de pré pastejo do pasto intermitente. Nesse raciocínio, segundo Parsons e Penning (1988), para pastos mantidos numa condição estável, caracterizada por altura e/ou massa de forragem constante, a proposição de IAF para interceptação de 95% da luz incidente não se aplica, uma vez que o processo de senescência é proporcional ao processo de crescimento (folhas em crescimento do mesmo tamanho que folhas em senescência), fazendo com que o acúmulo líquido de forragem seja nulo ou até eventualmente negativo. Nesse caso, a recomendação seria a manutenção dos pastos mais baixos, com um menor IAF, como forma de assegurar uma maior taxa de acúmulo (saldo entre crescimento e senescência) e uma maior colheita de forragem por unidade de área (PARSONS et al., 1983).

## **5 CONCLUSÃO**

Em pastos de capim-marandu em consórcio com amendoim forrageiro o manejo da altura do dossel entre 10 e 20 cm possibilita o melhor desenvolvimento da leguminosa e estabelecimento da mesma na pastagem. Faz-se a ressalva de que são componentes desse ecossistema somente a gramínea e a leguminosa.



## REFERÊNCIAS

ASSIS, G. M. L. et al. **Descritores morfológicos para condução de ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade em *Arachis pintoi* Krapov. & W. C. Greg.** Rio Branco: Embrapa, 2010. 25 p.

BALLARÉ, C. L. et al. Morphological responses of *Datura ferox* L. seedlings to the presence of neighbours: their relationships with canopy microclimate. **Oecologia**, Berlin, v. 76, n. 2, p. 288-293, 1988.

BIRCHAM, J. S.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, Malden, v. 38, n. 4, p. 323-331, 1983.

CRUZ, P.; BOVAL, M. Effect of nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: LEMAIRE, G. et al. **Grassland ecophysiology and grazing ecology.** Wallingford: CABI International, 2000. p. 151-168.

DA SILVA, S. C. et al. Sward 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.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862- 1866, 2007.

DURANT, J. L. et al. Carbon partitioning in forage. **Acta Biotheoretica**, Montreal, v. 30, p. 213- 224, 1991.

DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Effect of nitrogen and cutting regime. **Annals of Botany**, Oxford, v. 85, p. 645-653, 2000a.

DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive grass leaves of a tiller ontogenic development and effect of temperature. **Annals of Botany**, Oxford, v. 85, p. 635-643, 2000b.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p.

FAGUNDES, J. L. et al. Intensidades de pastejo e a composição morfológica de pastos de *Cynodon* spp. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, out./dez. 1999.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n. 2, p. 341-348, 2000.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; PACIULLO, D. S. C. Morfogênese como ferramenta para o manejo de pastagens In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. p. 554-579.

GRANT, S. A.; MARRIOTT, C. A. Detailed studies of grazer swards – techniques and conclusions. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 122, p. 1-6, 1994.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. Essex: Longman Scientific & Technical, 1990. 203 p.

HODGSON, J. The significance of sward characteristics in the management of temperate sown pastures. In: INTERNACIONAL GRASSLAND CONGRESS, 15., 1985, Kyoto. **Proceedings...** Kyoto: [s. n.], 1985. p. 63-66.

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

LEMAIRE, G. et al. Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures: a review. **Grass and Forage Science**, Malden, v. 64, p. 341–353, 2009.

LI-COR. **LI-3100 Area meter instruction manual**. Lincoln, 1987.

LI-COR. **Plant canopy analyser: LAI-2200: operating manual**. Lincoln, 2009.

LITTELL, R.C. et al. **SAS System for mixed models**. Cary: SAS Institute, 1996. 633 p.

LITTELL, R.C.; PENDERGAST, J.; NATARAJAN, R. Modelling covariance structure in the analysis of repeated measures data. **Statistics in Medicine**, Wisconsin, v. 19, p. 1793-1819, 2000.

LOPES, A. S.; ABREU, C. A. Manejo da fertilidade do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n. 147, p. 3-21, 1987.

MOORE, K. J.; MOSER, L. E. Quantifying developmental morphology of perennial grasses. **Crop Science**, Madison, v. 35, n.1, p. 37-43, 1995.

NABINGER, C.; PONTES, L. S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 755-771.

PARSONS, A. J. et al. The physiology of grass production under grazing. II. Photosynthesis, crop growth and animal intake of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 20, p. 127-139, 1983.

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**, Malden, v. 43, n. 1, p. 15-27, 1988.

PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S.; DA SILVA, S. C. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 281-287, fev. 2007.

PONTES, L. S. et al. Fluxo de biomassa em pastagem de Azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 3, p. 529-537, 2004.

SAS INSTITUTE. **Statistical analysis system user's guide**: version 9.1. Cary, 2004.

SUPLICK, M. R. et al. Switchgrass leaf appearance and lamina extension rates in response to fertilizer nitrogen. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 25, n. 10, p. 2115-2127, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 720 p.

VAN ESBROECK, G. A.; HUSSEY, M. A.; SANDERSON, M. A. Leaf appearance rate and final leaf number of switchgrass cultivars. **Crop Science**, Oxford, v. 37, p. 864-870, 1997.

ZEFERINO, C. V. **Morfogênese e dinâmica do acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu [*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich) cv. Marandu] submetidos a regimes de lotação intermitente por bovinos de corte.** 2006. 193 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

## **CAPÍTULO 4 Estrutura do dossel forrageiro de pastos de capim marandu consorciados com amendoim forrageiro**

### **RESUMO**

O manejo imposto sobre o dossel exerce influência não somente sobre os fatores de produção de forragem, mas também sobre as respostas das plantas e a compatibilidade entre diferentes espécies. Objetivou-se descrever características estruturais de dosséis de capim-marandu consorciado com amendoim forrageiro submetidos a diferentes alturas do pasto. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Lavras, situada a latitude 21° 15' sul e longitude 45°00' oeste, nas estações de outono, inverno, primavera e verão, 2012-2013. Os tratamentos adotados foram quatro alturas do dossel: 10, 20, 30 e 40 cm de pastos de capim-marandu consorciados com amendoim forrageiro cv. Belmonte em blocos casualizados com quatro repetições, em parcelas de 10,5m<sup>2</sup>. Foi avaliado a massa de forragem, a distribuição vertical dos componentes botânicos e morfológicos do pasto e a colheita de forragem acima da altura do dossel. Com o incremento da altura do dossel, a massa de forragem total aumentou, por outro lado, a massa da leguminosa diminuiu. A massa de folhas da gramínea sofreu pouca alteração em diferentes alturas, por outro lado, a massa de colmos aumentou com o incremento da altura do dossel, refletindo numa queda linear na relação folha:colmo. Nos dosséis de 10 cm de altura, a frequência de toques em leguminosa foi maior que nas demais alturas em todas as estações, entretanto, no verão, a proporção dos toques em folhas de leguminosas se destacou e chegou a 50% em alguns estratos do dossel. Em gramíneas, de forma geral, a proporção de toques em colmo e material morto reduziu com o incremento das alturas, por outro lado, a componente folha de teve tendência de aumento com o incremento da altura. A forragem total colhida acima da altura do dossel, na primavera, aumentou a medida que a altura do dossel foi reduzida, demonstrando maior capacidade de crescimento e perfilhamento nessa estação. A leguminosa foi colhida em maior massa nas menores alturas em todas estações. Por fim, dosséis manejados com menores alturas do pastos possibilitam melhores condições para o desenvolvimento do Amendoim forrageiro em consórcio com capim-marandu.

Palavras-chave: Pastos consorciados. Pastos tropicais. Alturas de dossel. Amendoim forrageiro.

## ABSTRACT

The management duty on the canopy exerts influence not only on the factors of forage production, but also on the responses of plants and in the compatibility between different species. This study aimed to describe the structural characteristics of canopies marandugrass mixed with peanut under different sward heights. The experiment was conducted at the University of Lavras, located at latitude 21° 15 ' south and longitude 45° 00 ' west, during autumn, winter, spring and summer, 2012-2013. The treatments were four canopy heights: 10, 20, 30 and 40 cm of pastures of marandugrass mixed with forage peanut cv. Belmonte in randomized blocks design with four replications, in plots of 10.5 m<sup>2</sup>. Were evaluated the forage mass, the vertical distribution of botanical and morphological components of the pasture and the harvest of forage above the canopy height. With increasing sward height, herbage total mass increased, on the other hand, the mass of legumes decreased. The mass of grass leaves suffered little alteration at different heights, on the other hand, the mass of stems increased with increasing height of the canopy, reflecting a linear decrease in leaf:stem ratio. In canopies of 10 cm height, the frequency of touches in legumes was higher than in other heights in all seasons, however, in summer, the proportion of touches on leaves of legumes stood out and reached 50 % in some canopy strata. In grasses, in general, the proportion of touches in stem and dead material reduced with increasing in heights, on the other hand, the leaf component had tended to increase with increasing of height. The total forage harvested above the canopy height in the spring, increased as canopy height was reduced, demonstrating greater capacity for growth and tillering in this season. The legume was harvested in higher mass at lower heights in all seasons. Finally, canopies grazed at lower pastures heights, offer the best conditions for the development of forage peanut mixed with marandugrass.

Key-words: Mixed pastures. Tropical pastures. Canopy heights. Forage peanut.



## 1 INTRODUÇÃO

A estrutura do dossel é definida como a distribuição e o arranjo espacial de partes das plantas sobre o solo, dentro de uma comunidade, ou a quantidade e organização de materiais da planta sobre o solo. Ela é o resultado de uma série de características morfogênicas do dossel e de taxas de crescimento e desenvolvimento de tecidos e fluxo de nutrientes em ecossistemas de pastagens (LACA; LEMAIRE, 2000).

Segundo Heringer et al. (1997), a estrutura do dossel é uma característica que tem despertado interesse em experimentos de pastejo. Atualmente, além da sua importância por ter correlação com consumo, percebe-se a sua influência para alterar as respostas de plantas, principalmente, se as mesmas estiverem consorciadas.

Tradicionalmente, em estudos conduzidos sob condições de crescimento livre ou pastejo, tem-se dado maior ênfase na caracterização quantitativa da comunidade vegetal. No entanto, tanto as características verticais como as horizontais da estrutura do dossel são relevantes em virtude da competição e interação entre plantas no dossel (LACA; LEMAIRE, 2000). Em ecossistemas de pastagens, a arquitetura do dossel ou estrutura do pasto possui relevância ainda maior, uma vez que exerce grande influência, não somente sobre a produção de forragem, mas também sobre as respostas das próprias plantas dentro de determinadas condições.

O IAF tem posição de destaque entre as características estruturais, pois influencia o uso da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e, conseqüentemente, a fotossíntese e a produção de matéria seca do pasto (LAWLOR, 1995). O conceito de IAF foi definido por Watson (1947) como a razão entre a área foliar e a área de solo ocupada pela cultura e, para uma dada condição, é considerado o principal determinante da interceptação e utilização

da radiação solar pelas plantas. Esse conceito passou a ter grande importância em estudos sobre crescimento e manejo de plantas (BROWN; BLASER, 1968).

Plantas individuais em pastagens estão sujeitas à desfolhação intermitente, cuja intensidade e frequência dependem, principalmente, do tipo de animal, da taxa de lotação e do método de pastejo empregado (WADE; CARVALHO, 2000). As gramíneas forrageiras, ao longo de sua evolução, desenvolveram mecanismos de resistência e adaptação ao pastejo como forma de assegurar sua sobrevivência e perpetuação nas áreas de pastagem, determinado pela plasticidade fenotípica. Segundo Chapman e Lemaire (1993), plasticidade fenotípica se caracteriza como mecanismo adaptativo das plantas que as permite tolerar grandes variações em estratégias de desfolhação sem que ocorra redução na produção de forragem e, conseqüentemente, flexibilidade de uso.

Por outro lado, as leguminosas forrageiras passaram por pouca pressão de seleção no local onde elas se originaram, resultando em plantas menos tolerantes a situações de estresse e mais sensíveis a condições severas como, por exemplo, baixa reposição de nutrientes ou falta de água. Porém não são somente esses fatores que influenciam na leguminosa em pastos consorciados, condições de estresse por falta de luminosidade causam diferentes padrões de resposta nessa planta. Por exemplo, no amendoim forrageiro, quando a disponibilidade de luz é alta, o mesmo ramifica em grande quantidade no sentido horizontal. Por outro lado, se há restrição de luz, essa planta prioriza a emissão de folhas em partes mais altas do dossel e alonga o caule no sentido vertical.

Objetivou-se descrever características estruturais do dossel de capim-marandu consorciado com amendoim forrageiro submetido a diferentes alturas de dossel.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, localizada no município de Lavras, Minas Gerais, situado na latitude 21° 14' 43" sul e a longitude 44° 59' 59" oeste. O clima da região é do tipo mesotérmico úmido subtropical de inverno seco (Classificação climática de Köppen-Geiger: Cwa), numa altitude de 918 m (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007). O solo da área experimental foi classificado como sendo um Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1999).

O trabalho teve duração de 18 meses, dos quais os seis primeiros foram dedicados à formação da área experimental. O período de avaliação teve duração de 12 meses, dividido em quatro estações: outono, inverno, primavera e verão, e foi iniciado no dia 21 março de 2012.

Os dados climatológicos do período experimental foram obtidos da Estação Climatológica Principal de Lavras, do Departamento de Engenharia da UFLA (Figuras 1 e 2):

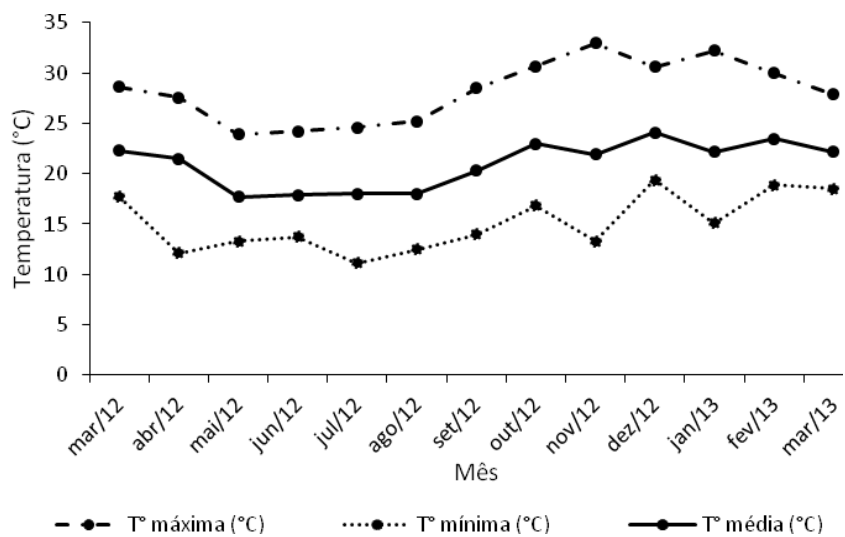


Figura 1 Médias mensais de temperaturas máximas, médias e mínimas durante o período experimental

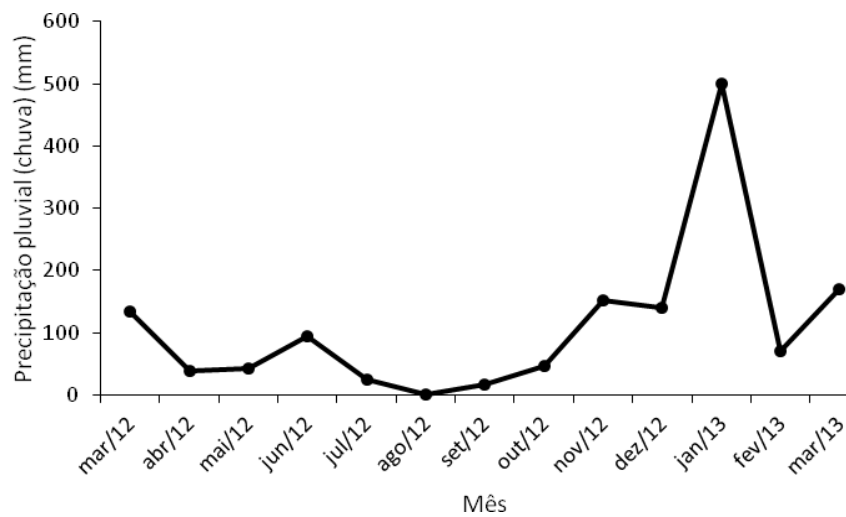


Figura 2 Precipitação mensal durante o período experimental

A área experimental foi implantada em área de plantio anual de milho de safra, num solo de textura argilosa, que ficou em pousio por, aproximadamente, um ano.

As recomendações para calagem e adubação foram feitas de acordo com os resultados da seguinte análise de solo da área experimental (Tabela 1).

Tabela 1 Análise de solo da área experimental

| pH  | MO  | V    | P                  | K  | Ca                   | Mg  | Al  | H+Al                  | SB  | T   | t   |
|-----|-----|------|--------------------|----|----------------------|-----|-----|-----------------------|-----|-----|-----|
|     | (%) |      | mg/dm <sup>3</sup> |    | cmol/dm <sup>3</sup> |     |     | cmolc/dm <sup>3</sup> |     |     |     |
| 5,8 | 2,6 | 52,7 | 4,5                | 84 | 2,4                  | 0,6 | 0,2 | 2,9                   | 3,2 | 6,1 | 3,4 |

MO=Matéria orgânica; V=Saturação por bases; SB=Soma de bases; T=CTC a pH 7;t=CTC efetiva

A calagem foi feita em outubro de 2011, com base no método da elevação da saturação por bases para V=60%, correspondendo a 450 kg.ha<sup>-1</sup> de calcário. Em dezembro, foi feita fosfatagem corretiva (LOPES; ABREU, 1987), na dose de 5 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a cada 1% de argila no solo, correspondendo a 275 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.ha<sup>-1</sup>. Foi feita a aplicação de ácido bórico, na dose de 800 g.ha<sup>-1</sup> para correção desse micronutriente. A aplicação dessas fontes de minerais foi a lanço em área total.

O plantio das mudas de *Arachis pintoi* cv. Belmonte e das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foi realizado concomitante. O amendoim forrageiro foi plantado em mudas, utilizando espaçamento de 0,5 m entre sulcos e cinco plantas por metro. A semeadura do capim-marandu foi a lanço com 5 kg de SPV/ha, utilizando sementes com 50% de valor cultural.

A adubação de plantio foi realizada no sulco. Foram aplicados 90 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de superfostato simples. A área experimental foi de 360 m<sup>2</sup>, a

qual foi dividida em 16 parcelas nas dimensões de 3,0 x 3,5 m (10,5 m<sup>2</sup>) cada, e largura dos corredores de 1 metro (Figura 3).

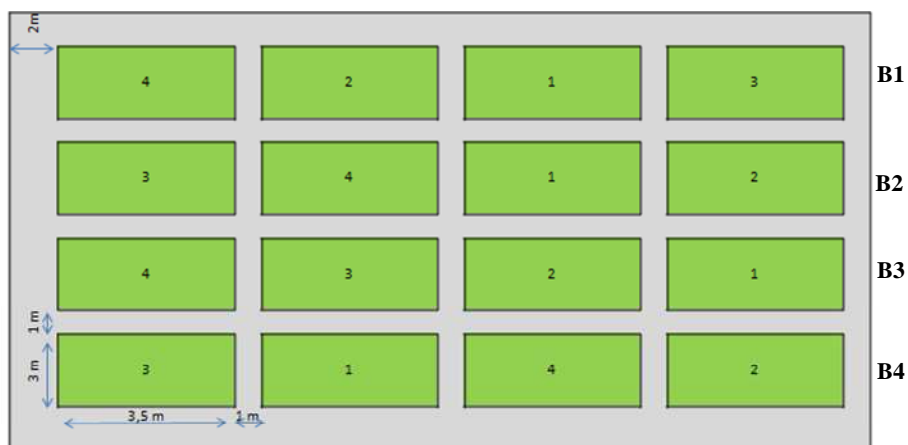


Figura 3 Croqui da área experimental e alocação dos tratamentos



Figura 4 (A) Foto do plantio de mudas de *Arachis pintoii* cv Belmonte na implantação; (B) Área experimental depois da imposição dos tratamentos

Após o estabelecimento, foi realizado corte de uniformização do dossel na altura de 15 cm acima do solo em todas as parcelas. O manejo das alturas das parcelas experimentais, conforme imposto pelo tratamento, foi iniciado 45 dias antes do início do período experimental.

Os tratamentos adotados foram quatro alturas do dossel, mantidas por meio de cortes frequentes em cada unidade experimental. As alturas foram de 10, 20, 30 e 40 cm de altura do pasto. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com quatro repetições e medidas repetidas no tempo (quatro estações do ano) (Figura 2).

Para monitoramento das condições de altura no dossel forrageiro nas parcelas experimentais, foi realizado controle por meio de medições com intervalos de 3 e 4 dias, em 16 pontos de cada unidade experimental, com o uso de transparência e régua graduada em centímetros (FAGUNDES et al., 1999).

Os cortes de uniformização e colheita do acúmulo de forragem foram realizados semanalmente em dia previamente fixado. No período seco, o parâmetro adotado para realização do corte tomou como base a diferença entre a altura mensurada no dossel e altura imposta para cada tratamento na unidade experimental e relações maiores que 10%, em mais da metade das parcelas, indicaram o momento do corte.

## **2.1 Massa de forragem**

A massa de forragem foi colhida uma vez em cada estação e foi representada por duas amostras de massa da forragem por unidade experimental. Os cortes foram realizados no nível do solo, em áreas determinadas da parcela e pesadas. Os locais de colheita de massa de forragem foram marcados e não foram amostrados novamente em outras colheitas durante o período experimental.

A área de amostragem foi demarcada por quadrados com 0,15 m<sup>2</sup> (0,5x0,3m). Logo após a amostragem, todo componente da leguminosa foi separado da amostra colhida e separado em folíolo e pecíolo+ramo. Da amostra de gramínea, foram retiradas duas subamostras das amostras frescas e homogeneizadas, das quais uma subamostra foi formada por plantas inteiras de gramíneas e a segunda subamostra de gramínea foi separada em colmo+bainha, folha e material morto. Os componentes lâmina foliar de gramínea e folíolo de leguminosa, após a separação, foram levados para o congelador. Para os outros componentes, foi feita pesagem antes de serem levados e após serem retirados da estufa de ventilação forçada a 65°C até peso constante. Com os valores de peso seco de cada componente foi possível estimar a relação de cada um deles na massa total da subamostra e a composição morfológica.



A composição botânica foi determinada levando em consideração o peso seco das duas diferentes espécies forrageiras presentes nas massas colhidas.

## **2.2 Biomassa de serrapilheira**

Para o estudo da biomassa de serrapilheira (resíduo vegetal) foi utilizada a metodologia descrita por Bruce e Ebersohn (1982). A serrapilheira foi definida como o material morto acumulado na superfície do solo. O processo descrito para coleta da biomassa de serrapilheira existente no pasto foi realizado uma vez em cada estação, no mesmo local onde foram feitas as amostragens de massa de forragem durante o período experimental. A área de cada quadrado de amostragem foi de 0,3 x 0,5 m (0,15 m<sup>2</sup>). A serrapilheira existente na área interna de cada retângulo foi colhida manualmente e levada à estufa 65 °C (até estabilizar os pesos das amostras) e pesadas. Os locais de coleta foram identificados para que nas coletas consecutivas não ocorresse repetição da área amostrada.

## **2.3 Peso médio do perfilho (PMP) da gramínea**

O peso médio de perfilho da gramínea foi obtido pela colheita rente ao solo de 10 perfilhos em cada unidade experimental, no terço final do período de cada estação, ou seja, no último mês. Essas amostras foram devidamente identificadas e levadas para estufa 65°C até peso contínuo. Após retirar da estufa, os perfilhos foram pesados e, por meio da relação entre o peso da amostra e o número de perfilhos, foi obtido o peso médio de cada perfilho.

#### **2.4 Distribuição vertical dos componentes botânicos e morfológicos no pasto**

A distribuição vertical dos componentes morfológicos do pasto foi avaliado utilizando-se a metodologia do “ponto inclinado” (“point quadrat”) (LACA; LEMAIRE, 2000; LANTINGA et al., 1999; WARREN-WILSON, 1960).

Esse aparelho permite a descrição vertical dos componentes botânicos e morfológicos do pasto, à medida que sua haste graduada foi introduzida no interior do dossel e sua ponta tocou as diferentes estruturas, classificadas em: folha, colmo, material morto da gramínea e folha ou caule da leguminosa.

O aparelho foi colocado em pontos que representaram a altura média da unidade experimental. Cada componente tocado foi identificado e sua a altura de ocorrência foi registrada a partir da leitura da haste graduada do aparelho. Após cada toque, o componente tocado foi retirado, cuidadosamente, da ponta da haste do aparelho, para que pudesse dar continuidade ao deslocamento vertical descendente da haste no interior do dossel até que um novo toque ocorresse. Esse procedimento foi repetido até que a ponta da haste tocasse o solo, ponto que gera a última leitura na haste graduada e que serviu para o cálculo das alturas efetivas de todos os toques realizados. Foi coletado um conjunto de 120 toques por unidade experimental, o que correspondeu a um número variável de estações de leitura, dependendo do manejo da altura da unidade experimental avaliada.

As avaliações realizadas com o ponto inclinado caracterizaram as estações do ano. Os dados obtidos pelo método foram processados somando-se o total de toques registrados em cada tratamento, o que correspondeu a 100%, e dentro de cada intervalo determinado para altura do dossel. O percentual total de

toques em cada intervalo foi desmembrado nos percentuais dos diferentes componentes morfológicos e botânicos tocados (correspondendo à fração do total de toques = 100%), e, com base nesses dados, foram gerados gráficos para descrever o perfil do dossel de cada tratamento.

## **2.5 Forragem colhida acima da altura imposta para o dossel**

O regime de cortes da forragem colhida acima da altura imposta para o dossel, conforme dito anteriormente, foi realizado nos mesmos dias dos cortes de uniformização das alturas nas unidades experimentais. Os mesmos parâmetros foram tomados para determinar as datas das colheitas do acúmulo de forragem.

Foram realizados cortes nas plantas forrageiras em cada unidade experimental para avaliação do acúmulo de forragem acima da altura determinada para o manejo do dossel. Foram coletadas duas repetições em quadrados de 0,5 m<sup>2</sup> (1,0x0,5m) por parcela, cortados na altura do respectivo tratamento, as quais foram homogeneizadas e, posteriormente, uma amostra composta retirada para separação total dos componentes. Após o corte, foram coletadas e pesadas todos os componentes colhidos, para separação botânica, entre leguminosa e gramínea, e separação dos componentes morfológicos. A gramínea foi separada em folha, colmo e material morto, e para leguminosa, não houve separação de componentes morfológicos. Essas amostras foram levadas para estufa de ventilação forçada de ar a 65° C até peso constante. O acúmulo de forragem (AF) de cada parcela foi calculado pela média das duas amostras colhidas nos quadrados de amostragem e estimado para hectare. O acúmulo de forragem (kg MS ha<sup>-1</sup> estação<sup>-1</sup>) foi calculado pela somatória do peso seco da forragem colhida em todas as colheitas no decorrer da estação.

## 2.6 Modelo e análises estatísticas

Os dados foram analisados utilizando o método de modelos mistos (LITTELL et al., 1996) por meio do procedimento MIXED do software SAS® (SAS INSTITUTE, 2004). Os efeitos de alturas do dossel, estações do ano e suas interações foram considerados fixos e o efeito dos blocos foi considerado aleatório (LITTELL; PENDERGAST; NATARAJAN, 2000).

Primeiramente, foi escolhida a melhor estrutura de covariância, utilizou-se como critério o AIC (Schwarz's Bayesian Criterion). Os efeitos de altura foram analisados por meio de análise de regressão e o efeito da estação do ano analisado pelo teste de Tukey, ambos 10% de probabilidade. As interações entre os fatores estudados foram divididas, usando a opção SLICE do SAS, com as estações do ano sendo o fator de divisão. O seguinte modelo foi utilizado para análise dos dados:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + A_j + \gamma_{ij} + E_k + (AE)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Onde:

$Y_{ijk}$  = Valor observado no  $i$ -ésimo bloco da  $j$ -ésima altura de corte da  $k$ -ésima estação do ano

$\mu$  = Média geral

$B_i$  = Efeito aleatório associado ao  $i$ -ésimo bloco,  $i = 1, \dots, 4$ ;

$A_j$  = Efeito fixo associado a  $j$ -ésima altura de corte,  $j = 1, \dots, 4$ ;

$\gamma_{ij}$  = Erro aleatório associado ao  $i$ -ésimo bloco na  $j$ -ésima altura de corte.

$E_k$  = Efeito fixo associado a  $k$ -ésima estação do ano,  $k = 1, \dots, 4$ ;

$(AE)_{jk}$  = Efeito da interação da  $j$ -ésima altura de corte com a  $k$ -ésima estação do ano;

$\varepsilon_{ijk}$  = Erro aleatório associado ao  $i$ -ésimo bloco na  $j$ -ésima altura de corte  
na  $k$ -ésima estação do ano.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Massa de forragem

Houve interação entre a altura do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) na massa de forragem total e a massa aumentou com o incremento das alturas, em todas as estações, e os dados ajustaram-se em equações lineares (Figura 5). A maior massa de forragem foi colhida na estação de primavera, seguida pelo verão, inverno e outono, consecutivamente. A massa de forragem colhida no outono foi a menor em decorrência das condições de implantação do experimento, e variou entre 3390 e 7282  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  para os tratamentos de 10 e 40 cm, respectivamente. No inverno, a massa de forragem total foi inferior às estações de primavera e verão. A massa total colhida no inverno na altura de 40 cm equivaleu a 70% da primavera.

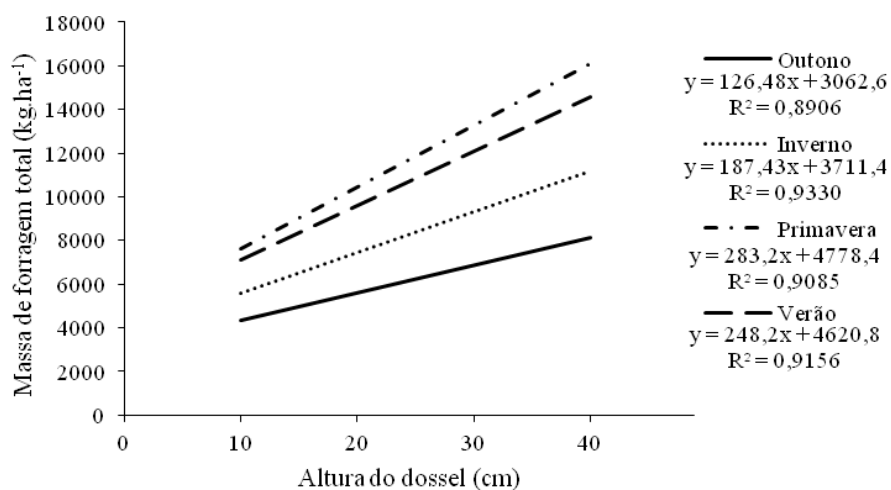


Figura 5 Massa de forragem total colhida em pastos consorciados entre *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Arachis pintoii* cv. Belmonte nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

Houve efeito de estação do ano ( $P < 0,10$ ) nos componentes da gramínea nas estações do ano (Tabela 2). Na estação de outono, a massa dos componentes comparados com as demais estações foram sempre inferiores, com exceção a variável relação verde / morto, em virtude das condições de estabelecimento das unidades experimentais. A massa de folhas da estação de inverno foi inferior à estação de primavera e igual à estação de verão. A estação de primavera teve maior massa de folhas que a estação de verão, na proporção de 48%. A massa de colmos foi maior nas estações de primavera e verão, e menor nas estações de inverno e outono. Quando os valores de massa dos componentes colmo e perfilho reprodutivo foram somados, as estações de inverno, primavera e verão foram iguais e superiores que a estação de outono. Observou-se que a produção de perfilhos reprodutivos no inverno foi de, aproximadamente,  $600 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , equivalendo dizer que nessa estação produziu-se a maior massa de inflorescências. A massa de material verde foi igual para as estações de primavera e verão e na estação de inverno a massa de material verde colhida foi 19% inferior em relação à estação de primavera. A relação verde / morto foi maior no outono, uma vez que nessa estação, as unidades experimentais não se encontravam totalmente estabelecidas, possibilitando entrada de maior quantidade de luz no dossel das parcelas. Nas demais estações, a relação verde / morto foi menor, uma vez que as unidades experimentais tinham maior tempo de estabelecimento. Na primavera e no verão essa relação foi igual a 1,73 e no verão os valores foram inferiores à estação de inverno.





Tabela 2 Massa de componentes da gramínea nas quatro estações do ano

| <i>Massa de cada componente</i><br>(kg.ha <sup>-1</sup> ) | Estação               |                       |                       |                        |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
|   | Outono                | Inverno               | Primavera             | Verão                  |
| Folha   | 1825,53 c<br>(88,47)  | 2097,38 bc<br>(83,94) | 3288,57 a<br>(149,89) | 2223,53 b<br>(81,21)   |
| Colmo   | 2568,90 b<br>(165,77) | 3041,71 b<br>(165,77) | 3739,52 a<br>(165,77) | 4124,59 a<br>(165,77)  |
| Colmo + Perfilho<br>reprodutivo                           | 2949,58 b<br>(163,35) | 3625,45 a<br>(163,35) | 3739,52 a<br>(163,35) | 4124,59 a<br>(163,35)  |
| Massa de material verde                                   | 4775,11 c<br>(324,41) | 5722,83 b<br>(324,41) | 7028,09 a<br>(324,41) | 6348,12 ab<br>(324,41) |
| Relação Verde / Morto                                     | 4,48 a<br>(0,56)      | 2,36 b<br>(0,17)      | 1,73 bc<br>(0,21)     | 1,73 c<br>(0,12)       |

\*As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste tukey (P>0,10).

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média (EPM)

Houve efeito da altura do dossel (P<0,10) na massa de folhas e colmos colhidos. Ambas variáveis ajustaram-se em equações lineares que aumentaram com o aumento da altura de dossel (Figura 6). Na equação de massa de colmos, observou-se que o incremento em massa foi em razão do alongamento de colmos, que foi diretamente proporcional ao aumento da altura do dossel. O coeficiente angular nos permite inferir que o incremento em massa de colmos com o aumento das alturas foi mais acentuado que o incremento em massa de folhas, uma vez que foi cinco vezes maior.

Houve efeito de interação entre a altura do dossel nas estações do ano (P<0,10) na massa de perfilhos reprodutivos (Figura 6). Na estação de inverno a massa de perfilhos reprodutivos foi superior à estação de outono para todas as alturas, com uma diferença de 200 kg.ha<sup>-1</sup>, em média. Uma vez que ambas as retas possuem coeficientes angulares semelhantes, a resposta da produção de perfilhos reprodutivos foi igual nas duas estações em diferentes alturas e a massa de perfilhos reprodutivos na altura de 40 cm do dossel foi, em média, 7,6 vezes

superior à massa de perfilhos reprodutivos na altura de 10 cm do dossel para as referidas estações. Não houve efeito ( $P>0,10$ ) na massa de perfilhos reprodutivos colhidos na primavera e no verão, que foram próximas de zero ( $0$ )  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

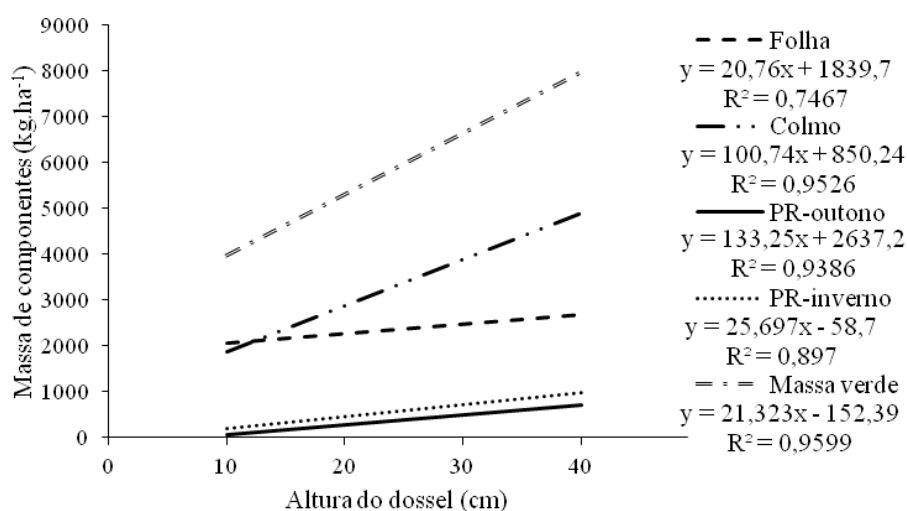


Figura 6 Massa de folhas, colmos e perfilhos reprodutivos em quatro alturas do dossel

Nota: As retas do *PR* representam efeito de interação e as demais representam efeito de altura do dossel  
*PR*=*Perfilho reprodutivo*

Houve efeito de interação entre a altura do dossel e as estações do ano ( $P<0,10$ ) na massa de material morto (Figura 7). Os dados colhidos nas estações de inverno, primavera e verão ajustaram-se em equações lineares, e no outono numa equação quadrática. A resposta da massa de material morto nas diferentes estações foi semelhante à massa de forragem total (Figura 5), pois a massa do componente material morto é diretamente proporcional à massa de forragem total colhida nas estações, com exceção para o outono.

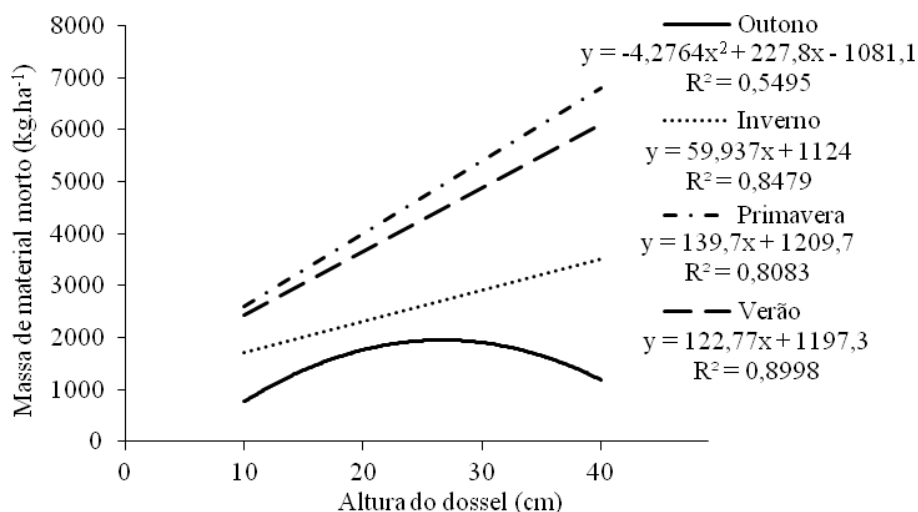


Figura 7 Massa de material morto nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

Houve efeito de interação entre as alturas do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) na relação folha / colmo em todas as estações do ano, e ela foi inversamente proporcional ao aumento da altura do dossel (Figura 8). A estação de primavera teve maior relação folha / colmo que as demais estações, pois as condições do tempo (início do período chuvoso) e de luminosidade no interior do dossel permitiram maior crescimento de folhas nessa estação. Para as estações de outono, inverno e verão, na menor altura do dossel, houve diferença entre as estações na relação folha / colmo, porém com o incremento das alturas essa diferença deixou de existir, sendo igual para essas estações na maior altura de dossel. Na altura de 10 cm do dossel, a relação folha / colmo foi 26% maior para a estação de primavera em relação ao inverno.

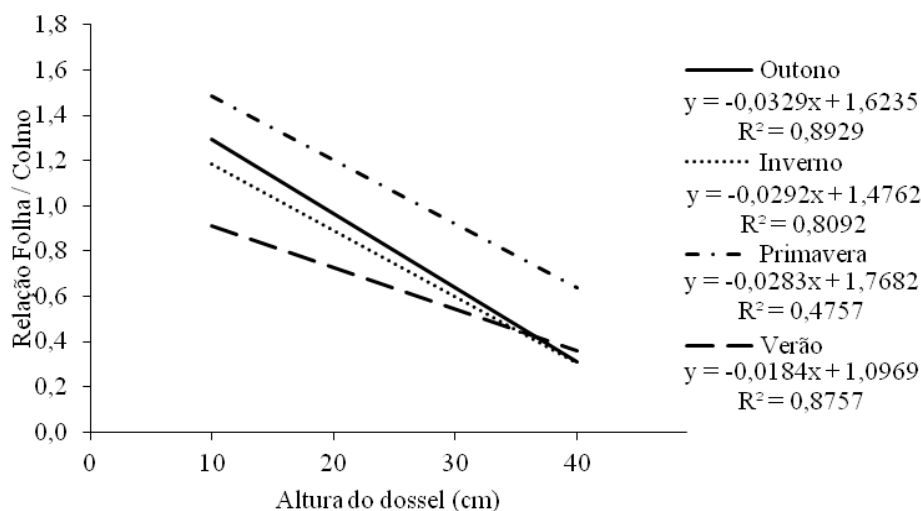


Figura 8 Relação folha / colmo nas quatro estações do ano em quatro alturas de dossel

Houve efeito de estação do ano ( $P < 0,10$ ) na proporção de componentes da gramínea (Tabela 3). No outono, algumas variáveis analisadas apresentaram resultados atípicos, uma vez que o dossel estava em condições de estabelecimento. Na primavera, a proporção de colmo foi a menor dentre as estações, por outro lado, a proporção da componente folha foi superior às demais, exceto para o outono. A proporção de colmo foi igual nas estações de inverno e verão. A proporção de perfilhos reprodutivos nas estações de outono e inverno foram iguais e superiores às estações de primavera e verão, que apresentaram quantidades irrisórias desse componente. O componente material morto foi superior nas estações de primavera e verão, uma vez que maiores taxas de senescência ocorreram nessas estações em função da menor luminosidade na base desses dosséis.

Tabela 3 Proporção de componentes da gramínea nas quatro estações do ano

| Proporção de cada componente (%) | Estação            |                     |                     |                    |
|----------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
|                                  | Outono             | Inverno             | Primavera           | Verão              |
| Colmo                            | 0,40 a<br>(0,0236) | 0,35 a<br>(0,0143)  | 0,31 b<br>(0,0131)  | 0,37 a<br>(0,0061) |
| Folha                            | 0,32 a<br>(0,0154) | 0,26 bc<br>(0,0061) | 0,29 ab<br>(0,0142) | 0,23 c<br>(0,0119) |
| Perf. Reprodutivo                | 0,06 a<br>(0,0078) | 0,06 a<br>(0,0078)  | 0,00 b<br>.         | 0,00 b<br>.        |
| Material Morto                   | 0,22 c<br>(0,0276) | 0,33 b<br>(0,0154)  | 0,40 ab<br>(0,0196) | 0,40 a<br>(0,0111) |

\*As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste tukey ( $P > 0,10$ ).

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média (EPM)

Pontos (lacunas) na tabela indicam que não há EPM

Houve efeito da altura do dossel ( $P < 0,10$ ) nas proporções dos componentes folha e colmo (Figura 9). A componente folha variou entre 0,38 a 0,22, e o componente colmo variou entre 0,30 e 0,40, para a menor e a maior altura, respectivamente. A proporção da componente folha foi inversamente proporcional ao aumento das alturas, por outro lado, o componente colmo aumentou com o incremento das alturas do dossel.

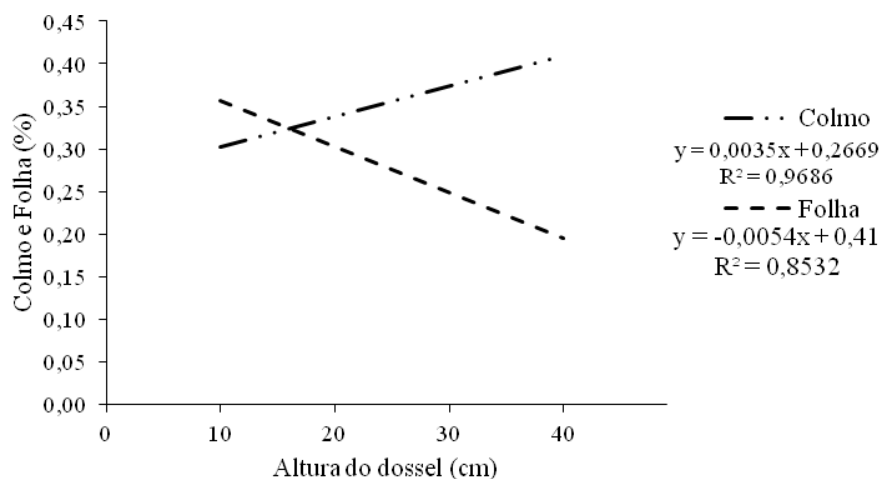


Figura 9 Proporção de colmo e folha de gramínea em quatro alturas do dossel

Houve efeito da altura do dossel ( $P < 0,10$ ) na massa de folíolos de *Arachis pintoi* cv. Belmonte e, à medida que a altura do dossel aumentou, a massa de folíolos diminuiu (Figura 10). A massa de folíolos de leguminosa na altura de 10 cm do dossel foi de  $68 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  e decresceu linearmente até  $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  na altura de 40 cm do dossel.

Houve efeito de estação do ano ( $P < 0,10$ ) na massa de leguminosa, caule, relação folíolo / caule e composição botânica da leguminosa no pasto (Tabela 4). A massa, o caule e a composição botânica da leguminosa no pasto foram superiores no verão em relação às demais estações. Em outras palavras, a estação do ano teve grande efeito nas respostas dessa planta na pastagem e esse efeito pode ser percebido pela amplitude da composição botânica e da massa da leguminosa, que foi de três a quatro vezes maior no verão, em relação à média das outras estações.

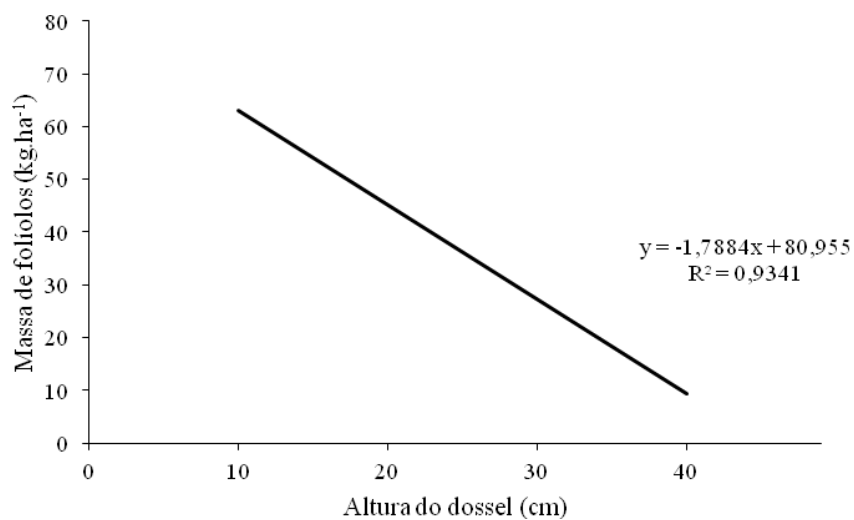


Figura 10 Massa de folíolos de *Arachis pintoi* cv. Belmonte em quatro alturas do dossel

Tabela 4 Variáveis de avaliação do *Arachis pintoi* cv. Belmonte nas quatro estações do ano

| Variável                                       | Estação          |                   |                    |                    |
|--|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
|  | Outono           | Inverno           | Primavera          | Verão              |
| Massa de leguminosa (kg.ha <sup>-1</sup> )     | 43,0 b<br>(6,9)  | 52,0 b<br>(17,0)  | 128,1 b<br>(63,41) | 211,0 a<br>(76,26) |
| Caule (kg.ha <sup>-1</sup> )                   | 19,4 b<br>(3,0)  | 25,3 b<br>(11,0)  | 83,7 b<br>(45,3)   | 160,7 a<br>(60,4)  |
| Relação folíolo / caule                        | 1,04 a<br>(0,17) | 0,94 ab<br>(0,24) | 0,54 b<br>(0,08)   | 0,28 c<br>(0,03)   |
| Composição botânica da leguminosa no pasto (%) | 0,89 b<br>(0,27) | 0,90 b<br>(0,34)  | 0,83 b<br>(2,17)   | 3,11 a<br>(1,60)   |

\*As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste tukey (P>0,10).

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média (EPM)

### 3.2 Biomassa de serrapilheira

Houve efeito da altura do dossel ( $P < 0,10$ ) na biomassa de serrapilheira (Figura 11). A biomassa de serrapilheira aumentou com o incremento das alturas, e teve resposta semelhante à massa de material morto.

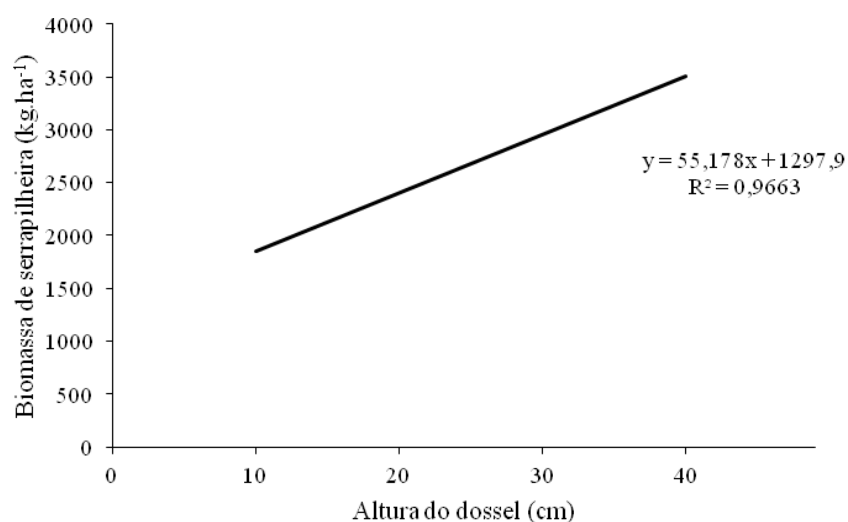


Figura 11 Biomassa de serrapilheira em quatro alturas do dossel

### 3.3 Peso médio de perfilho (PMP)

Houve interação entre a altura do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) no peso médio de perfilho (PMP) (Figura 12). O PMP foi ajustado em equações lineares nas estações e teve grandeza diretamente proporcional às alturas do dossel. Na altura de 10 cm do dossel, o PMP foi semelhante para todas as estações. Na maior altura de dossel, a estação de maior PMP foi o inverno,



seguido do verão, outono e primavera, consecutivamente. A estação de inverno teve maior PMP em função do peso das inflorescências da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

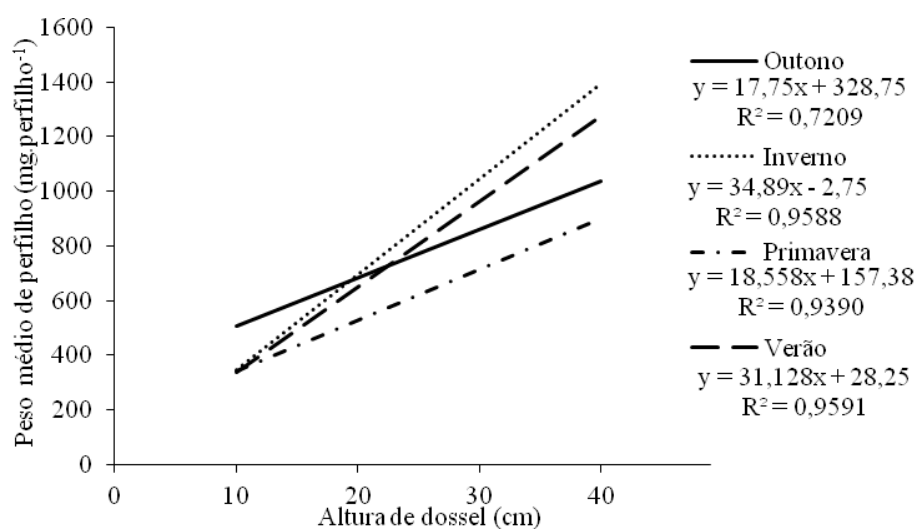


Figura 12 Peso médio de perfilho (PMP) nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

### 3.4 Distribuição vertical dos componentes botânicos e morfológicos

No outono (Figura 13), de forma geral, a folha de gramínea foi representada com boas proporções no dossel, tendo tendência de aumento com o incremento da altura. Por outro lado, o colmo e o material morto foram reduzidos com o incremento das alturas. Dessa forma, a descrição foi feita mais especificadamente nas respostas da componente leguminosa no ecossistema. No tratamento de 10 cm de altura do dossel, o componente folha de leguminosa foi encontrado em todo perfil do dossel, chegando a representar, aproximadamente, 20% do total de componentes no estrato mais baixo. Na altura de 20 cm, a

leguminosa teve tendência de aumento na sua proporção quanto maior o estrato do dossel. A componente folha de leguminosa distribuiu-se de forma mais concentrada a partir de 10 cm, procurando alternativas para receber a luz. No tratamento de 30 cm de altura do dossel, a leguminosa, tanto folhas como caule, tiveram frequência de toques próximos a 10% na metade da altura do dossel. Na altura de 40 cm, os componentes da leguminosa foram encontrados em pequenas proporções, sofrendo efeito da restrição de luz em função da estrutura do dossel.

No inverno (Figura 14), a distribuição vertical dos componentes botânicos e morfológicos no inverno teve proporção baixa proporção de toques em leguminosas. De forma geral, o colmo e o material morto são reduzidos com o incremento das alturas. Por outro lado, a folha de gramínea foi representada com boas proporções no dossel, tendo tendência de aumento com o incremento da altura. No tratamento de 10 cm de altura do dossel, o componente folha de leguminosa distribuiu-se uniformemente em todo perfil do dossel, chegando a representar, aproximadamente, 10% dos toques. A baixa proporção de toques em leguminosa indicou que a ausência de água e temperatura limitou o desenvolvimento dessa espécie. Nas alturas de 20, 30 e 40 cm, praticamente, a quantidade de toques em leguminosas foi nulo. Pode-se perceber que, além de condições restritas de água e temperatura, a estrutura do dossel, também, teve influência na existência da leguminosa nessa estação. Além disso, a proporção de material morto no dossel foi mais evidente no inverno, uma vez que em quase todas as alturas do dossel esse componente contribuiu com, aproximadamente, 60% da proporção de toque em distâncias próximas ao solo.

Na primavera (Figura 15), no dossel de 10 cm de altura, a folha de leguminosa foi encontrada de 0 até 14 cm de altura do dossel, distribuindo-se uniformemente no perfil, indicando que a presença de luz possibilitou o crescimento dessa planta nessa condição estrutural do pasto. Na altura de 20 cm, o caule de leguminosa foi encontrado até 15 cm, com distribuição desuniforme.

A componente folha de leguminosa distribuiu-se de forma mais concentrada entre 12 a 21 cm, indicando um deslocamento para os estratos mais superficiais do dossel em relação ao tratamento anterior, de forma que ela emitia de folhas, predominantemente, onde havia maior disponibilidade de luz. No tratamento de 30 cm de altura do dossel, a leguminosa, tanto folhas como caule, tiveram baixa frequência de toques e as folhas encontraram-se mais no topo do dossel e o caule nas partes mais baixas. Na altura de 40 cm, em consequência do sombreamento da base do dossel, ocorre maior senescência dos componentes. O componente colmo também está presente com um número de toques consideráveis até 35 cm, em virtude do alongamento das hastes do capim-marandu. As componentes folha e caule de leguminosa foram encontrados com menor frequência quando comparados com o dossel de 30 cm.

No verão (Figura 16), de forma geral, a folha de gramínea foi representada com boas proporções no dossel, tendo tendência de aumento até estratos mais superiores do dossel. No tratamento de 10 cm de altura do dossel, o componente folha de leguminosa distribuiu-se em todo perfil do dossel, chegando a representar 50% dos componentes no estrato entre 10 a 12 cm de altura. A leguminosa foi encontrada em grandes proporções nesse sistema, indicando que a presença de luz proporcionada pela estrutura do dossel mais baixa possibilitou o crescimento dessa planta. Na altura de 20 cm, o caule de leguminosa foi encontrado até 15 cm, com distribuição desuniforme. A componente folha de leguminosa foi encontrada com maior frequência a partir de 15 cm, e, assim como na estação anterior, a mesma emitiu folhas, predominantemente, onde havia maior disponibilidade de luz. No tratamento de 30 cm de altura do dossel, a leguminosa, tanto folhas como caule, tiveram frequência de toques próximos a 10% na metade da altura do dossel e as folhas encontraram-se mais no topo do dossel e o caule nas partes mais baixas. Na

altura de 40 cm, os componentes folha de leguminosa foram encontrados no topo do dossel e com maior frequência do que na primavera.

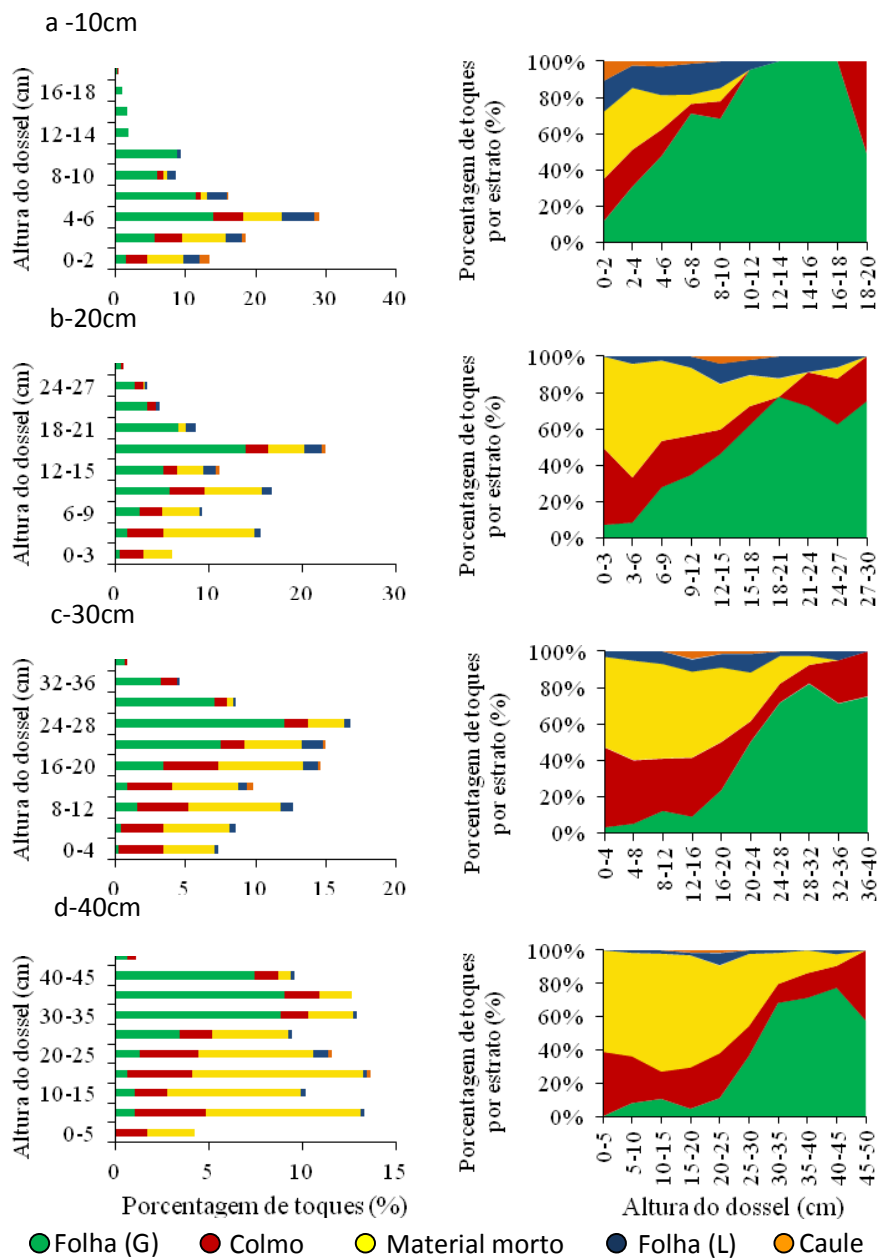


Figura 13 Distribuição vertical dos componentes botânicos e morfológicos em pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu consorciados com *Arachis pintoi* cv. Belmonte na altura o dossel de 10(a), 20(b), 30(c) 40 (d) cm na estação de outono

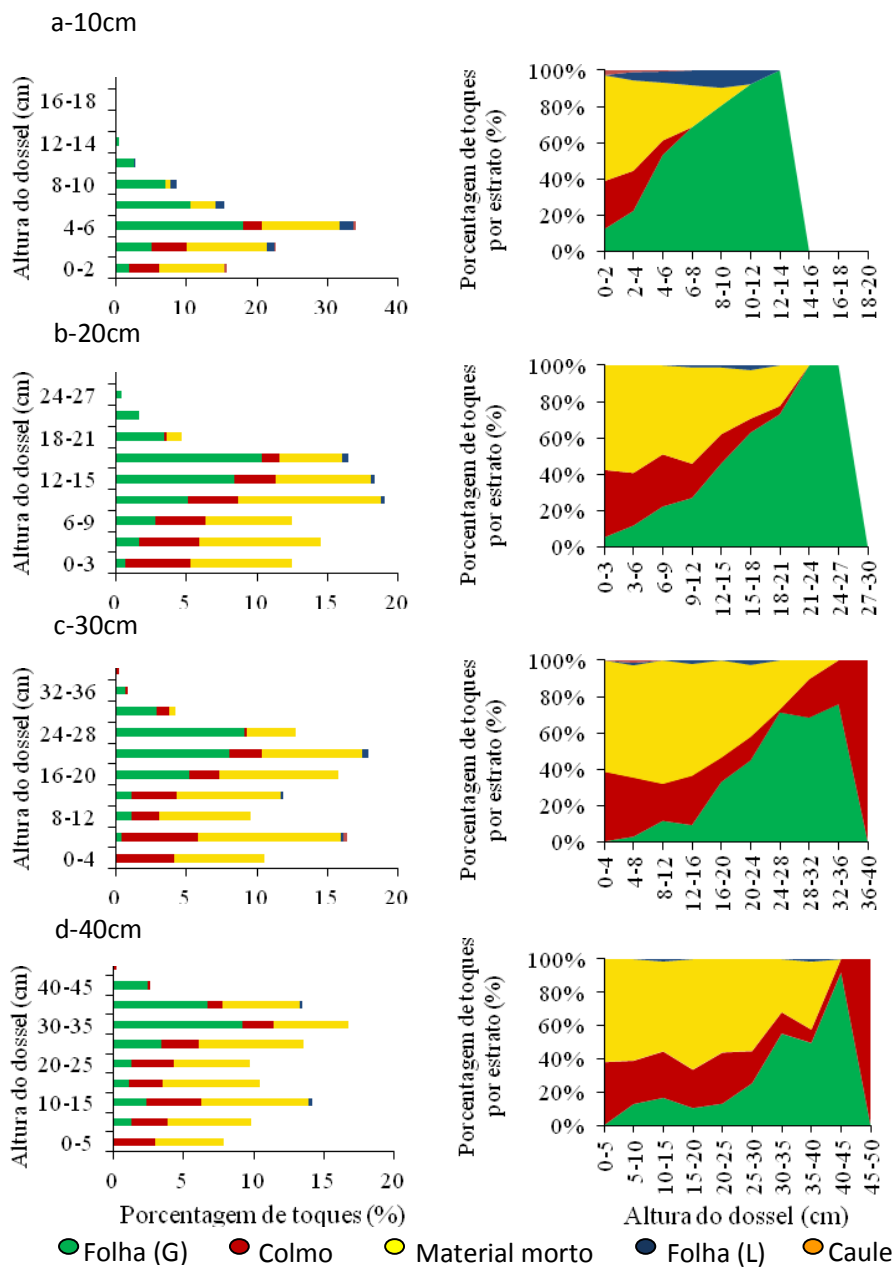


Figura 14 Distribuição vertical dos componentes botânicos e morfológicos em pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu consorciados com *Arachis pintoi* cv. Belmonte na altura o dossel de 10(a), 20(b), 30(c) 40 (d) cm na estação de inverno

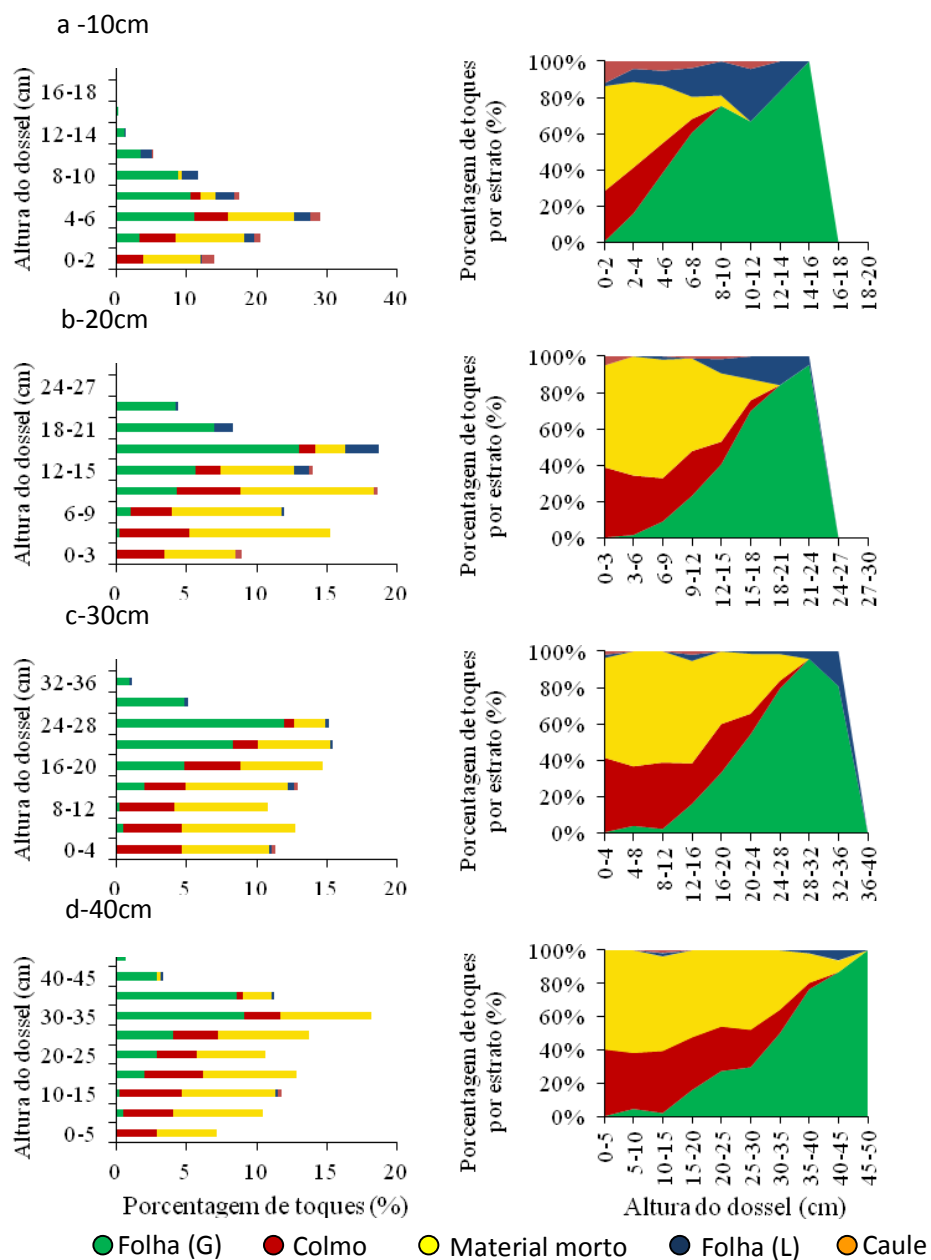


Figura 15 Distribuição vertical dos componentes botânicos e morfológicos em pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu consorciados com *Arachis pintoi* cv. Belmonte na altura o dossel de 10(a), 20(b), 30(c) 40 (d) cm na estação de primavera

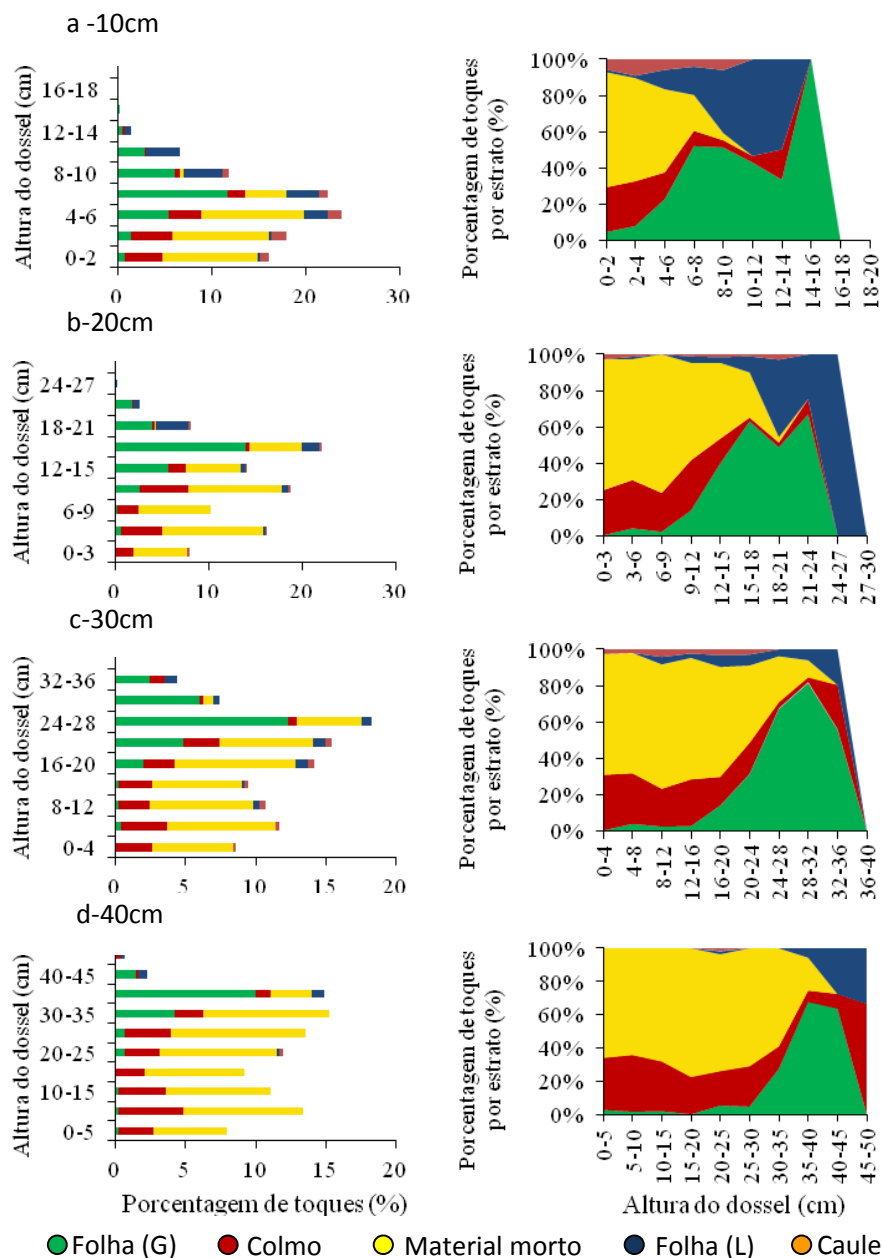


Figura 16 Distribuição vertical dos componentes botânicos e morfológicos em pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu consorciados com *Arachis pintoi* cv. Belmonte na altura o dossel de 10(a), 20(b), 30(c) 40 (d) cm na estação de verão



### 3.5 Forragem colhida acima da altura imposta para o dossel

Houve efeito de interação entre as alturas do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) na forragem total colhida (Figura 17). Na primavera, a forragem total colhida acima da altura de cada tratamento foi inversamente proporcional à altura do dossel, ou seja, à medida que a altura do dossel aumentava, a forragem total colhida foi reduzida. Ainda nessa estação, foram colhidos 3893 kg.ha<sup>-1</sup> e 2338 kg.ha<sup>-1</sup>, em 10cm e 40 cm de altura do dossel, respectivamente. No outono, a forragem total colhida ajustou-se numa equação quadrática. Não houve efeito da altura do dossel ( $P > 0,10$ ) nas estações de inverno e verão. Em média, foram colhidos 343,34 kg.ha<sup>-1</sup>, no inverno, e 2715,76 kg.ha<sup>-1</sup>, no verão, de forragem total. A menor produção entre todas as estações foi na estação de inverno, em função da estacionalidade produtiva das plantas forrageiras nessa época.

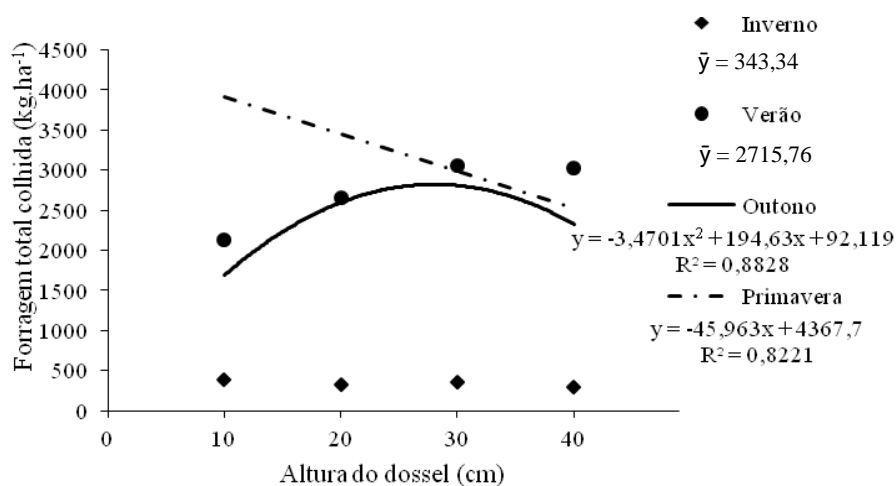


Figura 17 Forragem total colhida nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

Houve efeito de interação entre as alturas do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) no colmo colhido (Figura 18). Na primavera, o colmo colhido foi inversamente proporcional à altura do dossel, ou seja, à medida que a altura do dossel aumentou, o colmo colhido reduziu. Na altura de 40 cm do dossel, o colmo colhido nessa estação foi igual ao da estação de inverno. No outono, o colmo colhido ajustou-se numa equação quadrática. Não houve efeito da altura do dossel ( $P > 0,10$ ) nas estações de inverno e verão. Em média, foram colhidos  $6,27 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , no inverno, e  $153,37 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , no verão, de colmos.

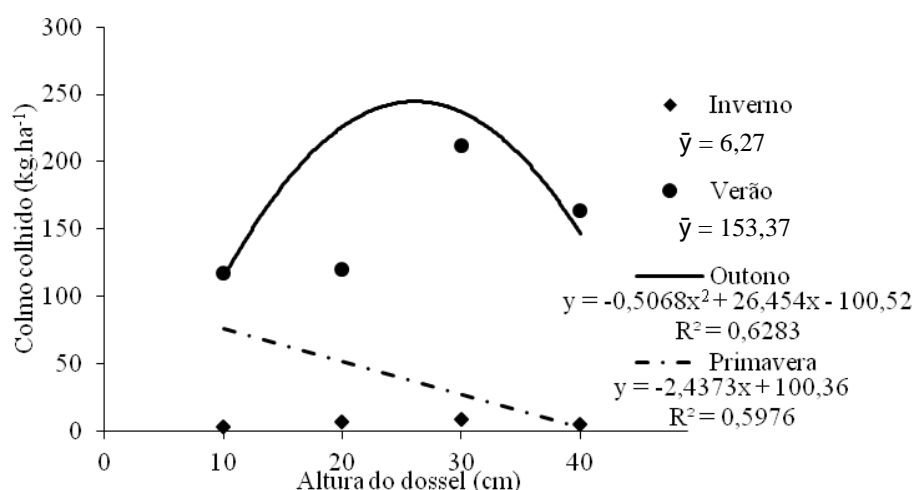


Figura 18 Colmo colhido nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

Houve efeito de interação entre a altura do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) na quantidade de folha colhida (Figura 19). Na primavera, a produção de folhas acima da altura de dossel de cada tratamento reduziu à medida que a altura do dossel aumentou. Não houve efeito da altura do dossel ( $P > 0,10$ ) nas estações de inverno e verão. Foram colhidos  $248,67 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , no inverno, e

2239,75 kg.ha<sup>-1</sup> de folhas, no verão. A quantidade de folhas colhidas no inverno corresponde a, aproximadamente, 11% das folhas colhidas no verão.

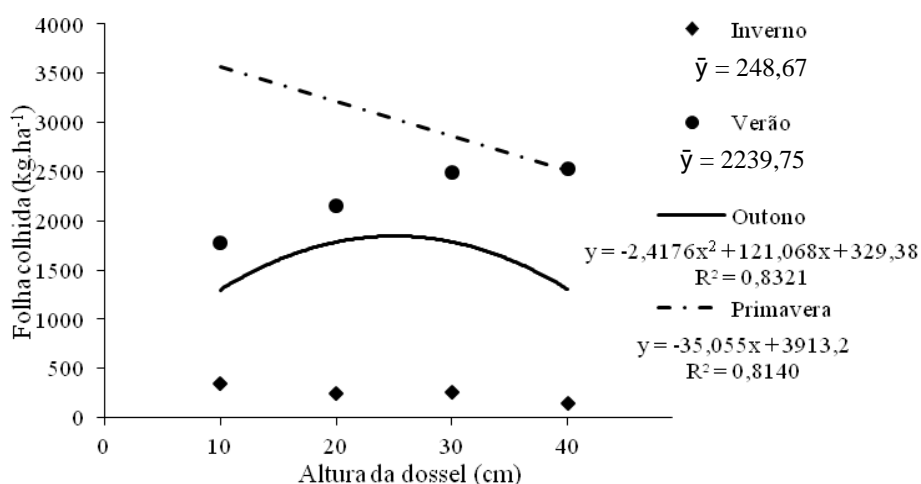


Figura 19 Folha colhida nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

Houve efeito de interação entre as alturas do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) na quantidade de inflorescências colhidas (Figura 20). No outono, inverno e verão, a quantidade de inflorescência colhida aumentou com o incremento da altura de dossel. A produção de inflorescências acima da altura do dossel de cada tratamento foi mais acentuada na estação de outono, principalmente, nas maiores alturas. A somatória das inflorescências colhidas durante toda estação de verão foi maior que aquela colhida no inverno, uma vez que o verão antecede o outono, que é a época de maior florescimento. Não houve efeito da altura do dossel ( $P > 0,10$ ) na estação de primavera, e a média de produção dessa estação foi 14,01 kg.ha<sup>-1</sup> de inflorescências.

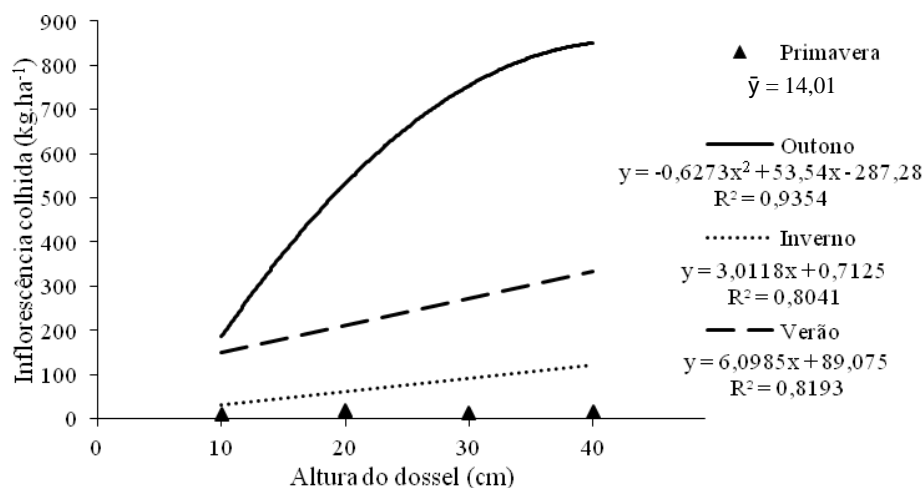


Figura 20 Inflorescência colhida nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

Houve efeito de interação entre a altura do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) no material morto colhido (Figura 21). No outono e primavera, a quantidade de material morto colhido decresceu linearmente com o incremento das alturas do dossel. No tratamento de 10 cm de altura do dossel, existia uma pequena diferença entre as duas referidas estações, porém essa diferença deixou de existir nas maiores alturas. Não houve efeito da altura do dossel ( $P > 0,10$ ) nas estações de inverno e verão. Foram colhidos  $10,93 \text{ kg.ha}^{-1}$  e  $1,29 \text{ kg.ha}^{-1}$  de material morto, durante as estações de inverno e verão, respectivamente.

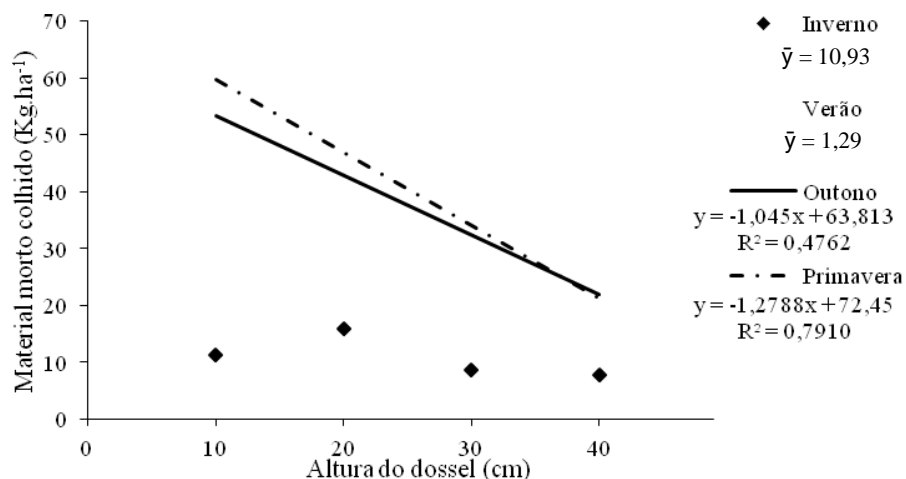


Figura 21 Material morto colhido nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

Houve efeito de interação entre a altura do dossel e as estações do ano ( $P < 0,10$ ) na quantidade de leguminosa colhida (Figura 22). Todas as estações ajustaram-se em equações lineares de grandeza inversamente proporcional à altura do dossel, ou seja, à medida que a altura do dossel aumentou, a quantidade de *Arachis pintoi* cv. Belmonte colhida acima da altura de dossel de cada tratamento diminuiu. De forma geral, a condição de manejo em menores alturas do dossel permitiu uma maior produtividade da leguminosa. As condições edafoclimáticas na estação de primavera possibilitaram melhor desenvolvimento do *Arachis pintoi* cv. Belmonte em dosséis mais baixos, seguida pelas estações de verão, outono e inverno, consecutivamente. A produção da leguminosa acima da altura do dossel em cada tratamento foi cinco vezes maior para estação de primavera em relação ao outono. O inverno foi a estação que teve menor quantidade de leguminosa colhida, sinal que a estacionalidade produtiva, também, interfere no desenvolvimento de leguminosas forrageiras tropicais.

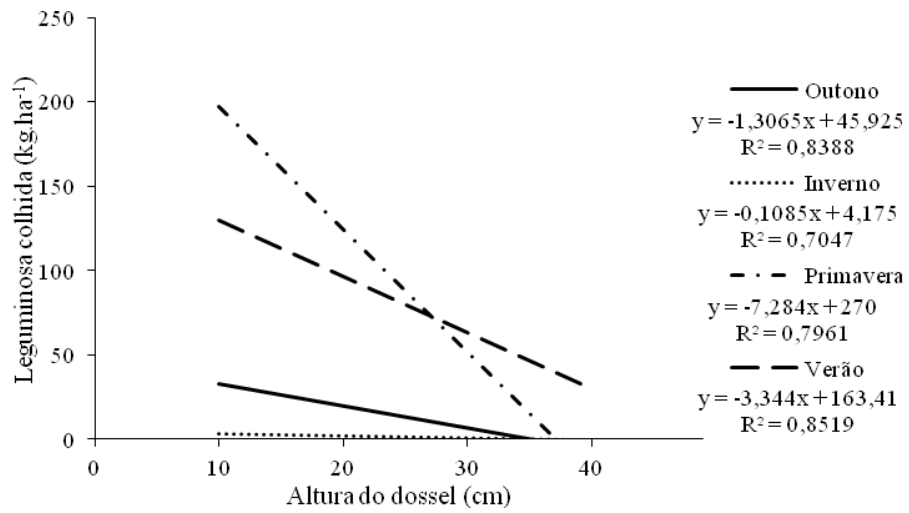


Figura 22 Leguminosa colhida nas quatro estações do ano em quatro alturas do dossel

#### 4 DISCUSSÃO

A massa de forragem total aumentou com o incremento das alturas em todas as estações. A mesma resposta foi percebida para as componentes material morto e colmo de gramínea, por outro lado, a massa de folhas não apresentou diferenças tão acentuadas em diferentes alturas. A massa de serrapilheira, também, aumentou com o incremento das alturas, uma vez que o aumento no material morto contribuiu diretamente pra esse acréscimo.

A massa de folhas sofreu pouca variação entre as alturas, em razão do número de folhas vivas (NFV) por perfilho, que, de forma geral, é uma característica que varia pouco mesmo em diferentes manejos ou estações, em outras palavras, o padrão de estabelecido para essa variável sofre efeito predominante dos processos morfogênicos. O NFV por perfilho assume uma constância razoável dentro de uma mesma espécie ou cultivar (GOMIDE; GOMIDE, 2000).

Desta forma, quando um perfilho atinge seu número máximo de folhas vivas, passa a haver um equilíbrio entre a taxa de surgimento e senescência das folhas que alcançaram seu período de duração de vida. O número máximo de folhas vivas por haste é uma constante genotípica (DAVIES, 1988) e pode ser calculado como a duração de vida das folhas expresso em número de intervalos de aparecimento de folhas, ou seja, em número de filocronos.

Dessa forma, a relação folha / colmo foi reduzida em maiores alturas, pois enquanto a massa de folhas variou pouco nas diferentes alturas do dossel, a massa de colmos aumentou com incremento das alturas. A condição estrutural de um dossel mais alto, com maior competição por luz, fez com que houvesse alongamento da haste das gramíneas. Isso pode ser percebido pela taxa de alongamento de colmos (TALC), no capítulo 3, que apresenta uma maior TALC

para dosséis mais altos, refletindo na maior massa de colmos em dosséis mais altos.

Nesse contexto, pastos manejados com maiores alturas têm outras implicações. Segundo Da Silva e Corsi (2003), o controle dos pastos e a utilização da forragem passada, que tem baixo valor nutritivo, foram resultantes de dificuldades no manejo em maiores alturas do pasto. Além do aumento na quantidade de colmos desse pasto, há, também, um aumento na quantidade de material morto na massa de forragem (CHACON; STOBBS, 1976; STOBBS, 1973a, 1973b).

A massa de folíolos teve pouca participação em relação à massa de forragem total, por isso sua variação sob diferentes alturas do pasto, trouxe poucas implicações em relação à produtividade total do pasto. De qualquer forma, a amplitude de variação na massa de folíolos em diferentes alturas foi grande. No dossel de 10 cm a massa de folíolos foi 10 vezes maior que a na altura de 40 cm do dossel.

A massa total de leguminosas não apresentou efeito nas diferentes alturas, porém demonstrou uma tendência perceptível de aumentar a sua massa nas menores alturas ( $P=0,124$ ). Acredita-se que essa variável não foi significativa somente em função da grande amplitude dos dados, mas é um ponto pacífico e, por isso, pertinente de ser discutido, que, independente da estação, as menores alturas do pasto proporcionaram melhores condições para a leguminosa se desenvolver. Com o estabelecimento dessa planta, benefícios diretos e indiretos surgirão no ecossistema, como incremento do nitrogênio no sistema de forma sustentável, por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN), maior diversidade nas espécies e o incremento na qualidade da dieta do animal (PEOPLES; HERRIDGE; LADHA, 1995). Em consequência do fato das fontes de adubos nitrogenados serem cada vez mais escassas e onerosas, a busca por novas alternativas que supram a falta desse nutriente no sistema é necessária.



Além disso, ainda existe o apelo ambiental pelo uso de fontes renováveis. Em alguns países já existem punições para empresas que utilizam meios não renováveis de produção. A tendência é de que, em virtude de pressões políticas e ambientais, os governos taxem de forma ainda mais severa, meios não sustentáveis de produção em todo mundo.

Quando esses resultados foram tratados de forma mais minuciosa sobre a partição de fotoassimilados e C na planta, percebemos que, embora a taxa de alongamento de folhas (TALF) seja maior nas alturas intermediárias na estação chuvosa (capítulo 3), a AFE dos folíolos do dossel mais baixo foi menor, ou seja, uma folha do amendoim forrageiro com 1 cm<sup>2</sup>, manejada na altura de 10 cm pesa mais que a mesma folha num dossel de maior altura.

O crescimento de folhas foi eficiente até a condição em que a leguminosa sofre um maior estresse em razão da falta de luminosidade, ocorrendo tanto um declínio na TALF, como um aumento na TSF. Juntamente a esse processo ocorre aumento da AFE do amendoim forrageiro, demonstrando a situação crítica em que a leguminosa se encontra, pois, além dos prejuízos causados pela redução da TALF, a mesma tenta desenvolver alternativas para aumentar a superfície disponível de fotossíntese, formando folíolos mais finos e leves.

Na distribuição vertical dos componentes botânicos e morfológicos no dossel foi percebido que dosséis manejados com menores alturas dos pastos possibilitam melhores condições para o desenvolvimento do amendoim forrageiro em consórcio com capim-marandu. Porém, diferentes são os mecanismos que a planta desenvolve para se adaptar às condições estruturais do dossel.

O amendoim forrageiro é uma leguminosa extremamente dependente da luz. Para se adaptar a condições impostas em dosséis mais altos, a mesma cresce verticalmente no dossel, e projeta os folíolos onde há maior disponibilidade de

luz, utilizando o alongamento e o tamanho do pecíolo como uma alternativa de alocação das folhas nos melhores locais do dossel. Mesmo sendo uma planta com característica estolonífera, de crescimento prostrado, a plasticidade fenotípica da mesma fez com que fossem desenvolvidos meios para sobrevivência.

Geralmente, essa leguminosa lança densas quantidades de estolões ramificados, que se enraízam até 1,50 m horizontalmente em todas as direções. Em condições de sombreamento ou em determinada fase do crescimento, quando atinge o índice de área foliar crítico, apresenta crescimento mais vertical com maior alongamento do caule e menor densidade de folhas (LIMA et al., 2003).

Além disso, esse efeito traz como consequência um deslocamento das folhas da leguminosa, em maior parte, para os estratos mais superficiais do dossel, com um meristema apical mais exposto e propenso a ser desfolhado, reduzindo a possibilidade de rebrotação e persistência dessa planta em sistemas consorciados.

O efeito de diferentes estações do ano, também, trouxe variações significativas na proporção da leguminosa no dossel. Conforme observado no capítulo 3, nas estações secas, respostas como queda de folíolos e taxas de senescência maiores que as taxas de alongamento, por exemplo, no inverno, foram condições que resultaram na diminuição do amendoim forrageiro na composição botânica. Por outro lado, conforme a colheita do acúmulo de forragem, na primavera, a leguminosa teve um desenvolvimento superior nas menores alturas e produtividade superior às demais estações. Essa resposta ocorreu de forma semelhante às gramíneas, pois um processo de “turn-over” e renovação dos ramos ocorreram como compensação à produção de massa em menores alturas.

Em gramíneas forrageiras tropicais, estudos têm mostrado vantagem em manter pastos mais baixos no inverno (ANDRADE, 2003; MOLAN, 2004; SBRISSIA, 2004) para melhorar as condições de rebrotação na primavera seguinte. Nesse contexto, Molan (2004) verificou que, na primavera, pastos de capim-marandu manejados sob lotação contínua e mantidos mais baixos apresentaram recuperação dos elevados níveis de produção de forragem mais precocemente do que pastos mantidos mais altos.

Essas informações têm importante implicação prática, podendo servir para estipular metas de manejo, principalmente, para o início da estação de primavera, que é um período que possibilita melhores condições para o desenvolvimento da leguminosa em menores alturas do pasto.

De forma geral, dentre as características estruturais do dossel de pastos de gramíneas em consórcio com o *Arachis pintoii* cv. Belmonte pode ser ressaltado que, especificadamente, a altura do dossel, é um fator que pode determinar ou não a existência da leguminosa no pasto, em outras palavras, a condição de pastos manejados com maiores alturas pode resultar na extinção dessa planta no ecossistema.

Embora na literatura exista a informação de que as pressões de pastejo ou a seletividade do animal interferem na produtividade e persistência da leguminosa em pastos, foi percebido que a estrutura do dossel e o efeito do sombreamento nessas plantas podem ser mais efetivos que o efeito do animal no pasto para a persistência da mesma.

Por fim, pastos consorciados manejados com maiores alturas de dossel, 30 a 40 cm, apresentaram os seguintes reflexos negativos para a leguminosa:

- a) Foi observado que as gemas axilares no amendoim forrageiro têm baixo potencial para crescimento vegetativo e, mesmo quando os ramos secundários crescem, os mesmos não enraízam, gerando menor potencial de propagação vegetativa.
- b) Menor produção e desenvolvimento da leguminosa, reduzindo a produção de folhas e de FBN.
- c) O meristema apical fica mais exposto à desfolhação ou pastejo, pois a haste da planta cresce em sentido vertical.

Essas características comprometem a plasticidade da planta, pois a alternativa da planta se ramificar é comprometida, conforme demonstra a densidade populacional de ramos (DPR) no capítulo 2.

Em condições de pastejo animal, é importante frisar que a altura do mesmo não é constante em sua totalidade, como ocorreu nas condições de parcela. Em outras palavras, a altura do dossel em pastos manejados com animais se comporta como um mosaico, pois existem locais em que a mesma é maior ou menor com relação à meta estipulada para a altura do pasto caso o mesmo seja manejado em regime de lotação contínua.

## **5 CONCLUSÃO**

Pastos manejados em menores alturas possibilitam o melhor desenvolvimento da leguminosa, dessa forma, além de maior produtividade em massa de forragem acumulada no dossel, a leguminosa gera alternativas para um melhor potencial de estabelecimento na área por meio da maior produção de folhas e ramos.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. M. E. **Produção de forragem e valor alimentício do capim-Marandu submetido a regime de lotação contínua por bovinos de corte.** 2003. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciência animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

BROWN, R. H.; BLASER, R. E. Leaf area index in pasture growth. **Herbage Abstracts**, Virginia, v. 38, n. 1, p. 1-9, mar. 1968.

BRUCE, R. C.; EBERSOHN, J. P. Litter measurements in two grazed pastures in southeast Queensland. **Tropical Grasslands**, Sidney, v. 16, p. 180-185, 1982.

CHACON, E.; STOBBS, T. H. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, Sydney, v. 27, p. 709-727, 1976.

CHAPMAN, D. F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M. J. (Ed.). **Grasslands for our world**. Wellington: SIR, 1993. p. 55-64.

DA SILVA, S. C.; CORSI, M. Manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 20., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 155-186.

DAVIES A. The regrowth of grass swards. In: JONES, M. B.; LAZEMBY, A. (Ed.). **The physiological basis of production**. London: Chapman and Hall, 1988. p. 85-127.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p.

FAGUNDES, J. L. et al. Intensidades de pastejo e a composição morfológica de pastos de *Cynodon* spp. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, out./dez. 1999.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n. 2, p. 341-348, 2000.

HERINGER, I. et al. Estrutura de uma pastagem de milheto (*Pennisetum americano* (L.) Leeke) sob dois níveis de nitrogênio em pastejo contínuo. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p. 13-15.

LACA, E. A.; LEMAIRE, G. Measuring sward structure. In: MANNETJE, L.; JONES, R. M. (Ed.). **Field and laboratory methods for grassland animal production research**. Wallingford: CABI International, 2000. p. 103-122.

LAWLOR, D. W. photosynthesis, productivity and environment. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 46, p. 1449-1461, 1995. Especial.

LITTELL, R. C. et al. **SAS System for mixed models**. Cary: SAS Institute, 1996. 633 p.

LITTELL, R. C.; PENDERGAST, J.; NATARAJAN, R. Modelling covariance structure in the analysis of repeated measures data. **Statistics in Medicine**, Wisconsin, v. 19, p. 1793-1819, 2000.

LOPES, A. S.; ABREU, C. A. Manejo da fertilidade do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n. 147, p. 3-21, 1987.

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. 180 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

PEOPLES, M. B.; HERRIDGE, D. F.; LADHA, J. K. Biological nitrogen fixation: an efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? **Plant and Soil**, Crawley, v.174, p. 3-28, 1995.

SAS INSTITUTE. **Statistical analysis system user’s guide:** version 9.1. Cary, 2004.

SBRISSIA, A. F. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu sob lotação contínua.** 2004. 199 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2004.

STOBBS, T. H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures: variation in the bite size of grazing cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, Sydney, v. 24, n. 1, p. 809- 819, 1973a.

STOBBS, T. H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures: differences in sward structure, nutritive value, and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. **Australian Journal of Agricultural Research**, Sydney, v. 24, n. 2, p. 821-829, 1973b.

WADE, M.; CARVALHO, P. C. F. Defoliation patterns and herbage intake on pastures. In: LEMAIRE, G. et al. (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology.** Wallingford: CAB International, 2000. p. 233-248.

WARREN-WILSON, J. Inclined point quadrat. **New Phytology**, Oxford, v. 58, p. 92-101, 1960.



WATSON, D. J. Comparative physiological studies on the growth of field crops.  
I. Variation in Net assimilation rate and leaf area between years. **Annals of Botany**, Oxford, v. 11, n. 41, p. 41-76, Jan. 1947.

## CONCLUSÃO GERAL

Optou-se por fazer uma conclusão geral dos capítulos desta dissertação:

Para realizar avaliações morfogênicas no amendoim forrageiro, é necessário estimar a área dos folíolos multiplicando o produto do comprimento e largura pelo fator ( $\pi/4$ ), uma vez que a mesma tem formato idêntico ao de uma elipse, utilizando os folíolos “A” e “C” nas mensurações.

Pastos de capim-marandu consorciados com amendoim forrageiro possibilitam melhor desenvolvimento e estabelecimento da leguminosa quando são manejados em menores alturas, dessa forma, a leguminosa tem alternativas para manter a perenidade no pasto, fornecendo nitrogênio mantendo a gramínea produtiva.