

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**RAFAEL PRIESNITZ**

**INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS NA FENOLOGIA,  
PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA E DE GRÃOS EM GENÓTIPOS DE MILHETO  
PÉROLA**

**Marechal Cândido Rondon**

**2009**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**RAFAEL PRIESNITZ**

**INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS NA FENOLOGIA,  
PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA E DE GRÃOS EM GENÓTIPOS DE MILHETO  
PÉROLA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Nível Mestrado, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Torres Da Costa

**Marechal Cândido Rondon**

**2009**

## Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

|       |   |
|-------|---|
| P949i | Priesnitz, Rafael<br>Influência do espaçamento entre linhas na fenologia, produtividade de biomassa e de grãos em genótipos de milho pérola / Rafael Priesnitz. - Marechal Cândido Rondon, 2009<br>60 p.<br><br>Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Torres da Costa<br><br>Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2009<br><br>1. Milheto pérola. 2. Fenologia. 3. Biomassa. 4. Milheto pérola - Produtividade. 5. <i>Pennisetum glaucum</i> . I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.<br><br>CDD 21.ed. 633.1717<br>CIP-NBR 12899 |
|-------|---|

Ficha catalográfica elaborada por Marcia Elisa Sbaraini Leitzke CRB-9/539

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**RAFAEL PRIESNITZ**

**INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS NA FENOLOGIA,  
PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA E DE GRÃOS EM GENÓTIPOS DE MILHETO  
PÉROLA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Sustentabilidade de Agroecossistemas, para a obtenção do título de “Mestre”.

Marechal Cândido Rondon, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

---

---

## DEDICATÓRIA

A meu pai, Armin Priesnitz *in memoriam*, pela educação, perseverança e os incontáveis ensinamentos deixados sobre uma vida reta e digna. Deixou saudade, mas também deixou a continuidade daquilo que sempre julgou correto.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família pelo incentivo e conforto nos momentos difíceis.

A todos envolvidos neste trabalho, funcionários da universidade e do núcleo de estações experimentais.

Em especial ao professor Antonio Carlos Torres da Costa, pelo aceite desta orientação, pelo conhecimento na área de atuação, pela dedicação na busca do melhor trabalho, pela compreensão e calma de repassar seu conhecimento para a confecção deste trabalho.

A Deus, pelos inúmeros desafios vencidos até aqui, pela força e sabedoria de seguir no caminho certo, por mais esta etapa concluída, pelas oportunidades que vieram e por todas aquelas que ainda virão.

## RESUMO

### INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS NA PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA E DE GRÃOS EM GENÓTIPOS DE MILHETO PÉROLA

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do espaçamento entre linhas na fenologia, no rendimento de biomassa e de grãos nos cultivares Comum e IPA-BULK 1 de milheto pérola. O experimento foi instalado na Fazenda Experimental Dr. Antônio Carlos Santos Pessoa (Unioeste), situada na Linha guará, município de Marechal Cândido Rondon – PR. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2x4, com quatro repetições. Nos tratamentos utilizou-se dois genótipos (Comum e IPA-BULK 1), conduzidos em quatro espaçamentos (20, 40, 60 e 80cm) em parcelas de 12m<sup>2</sup>. Utilizou-se como densidade de semeadura 25 kg ha<sup>-1</sup> de sementes para todos os tratamentos. A semeadura foi realizada manualmente no dia 10 de outubro de 2008. Avaliou-se o número de dias e quantidade de unidades térmicas necessárias para atingir cada estágio fenológico, bem como, a produção de biomassa e de grãos. Em relação a fenologia e a quantidade de unidades térmicas, as cultivares tiveram comportamento semelhante, necessitando em média 90,28 dias e 795,40 unidades térmicas para atingir a maturação fisiológica. O espaçamento influenciou de forma significativa na produção de biomassa. Observou-se que a produção de biomassa decresceu em função do aumento no espaçamento entre linhas. O espaçamento de 20cm entre linhas foi o que apresentou, em média, maior produção de massa verde e massa seca no estágio de grão pastoso, com 50,84 ton ha<sup>-1</sup> e 17,60 ton ha<sup>-1</sup>, respectivamente: massa verde e massa seca no estágio de maturação fisiológica, com 57,58 ton ha<sup>-1</sup> e 22,39 ton ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Observou-se uma interação significativa entre os fatores cultivar e espaçamento para a produção de massa seca na maturação fisiológica e para a produção de grãos. De maneira geral, as cultivares tiveram um bom rendimento de biomassa e de grãos, podendo desta forma ser cultivadas na região de Marechal Cândido Rondon – PR, sendo uma importante alternativa para a cobertura do solo no sistema plantio direto e também como fonte de alimentação de animais.

**Palavras-chave:** *Pennisetum glaucum*, arranjo espacial, estádios fenológicos.

## ABSTRACT

### THE INFLUENCE OF SPACE BETWEEN THE LINES PHENOLOGY AND PRODUCTION OF BIOMASS AND GRAINS IN GENOTYPES OF PEARL MILLET

The objective of this study was to evaluate the influence of spacing between lines in phenology, the yield of biomass and grain cultivars in common and IPA-BULK 1 pearl millet. The experiment was installed at the Experimental Farm Dr. Antônio Carlos Santos Pessoa (Unioeste), located on Guar Line, Marechal Cândido Rondon – PR city. The experimental design was randomized blocks in factorial scheme 2x4, with four replications. In the treatments were used two genotypes (Usual IPA and BULK-1), conducted at four spacings (20, 40, 60 e 80cm) in plots of 12m<sup>2</sup>. It was used as seeding rate of 25 kg ha<sup>-1</sup> seeds for all treatments. Sowing was done manually on October 10, 2008. It was avaluated the number of days and number of thermal units needed to reach each developmental stage, and the biomass production and grain. In relation to phenology and the number of thermal units, the cultivar had similar, requiring an average of 90.28 days and 795.40 thermal units to reach physiological maturity. The spacing significantly influenced the production of biomass. It was observed that the biomass production decreased in function of the increase in row spacing. The spacing of 20cm between rows was the, on average, increased production of green mass and dry mass at the stage of grain paste with 50.84 ton ha<sup>-1</sup> and 17.60 ton ha<sup>-1</sup> respectively, green mass and dry mass at the stage of physiological maturity, with 57.58 ton ha<sup>-1</sup> and 22.39 ton ha<sup>-1</sup> respectively. There was a significant interaction between the factors cultivar and spacing for the production of dry matter in the physiological maturity and grain production. In general, the cultivars had a good yield of biomass and grain, so it can be grown in the region of Marechal Cândido Rondon – PR, it is an important alternative for the soil cover in tillage system and also as the power source of animals feeding.

**Key Words:** *Pennisetum glaucum*, spatial arrangement, phonological stages

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Precipitação pluviométrica durante o período do experimento na fazenda experimental (UNIOESTE - Marechal Cândido Rondon - PR, 2008). .....   | 31 |
| Figura 2: Temperatura média durante o período do experimento na fazenda experimental (UNIOESTE - Marechal Cândido Rondon - PR, 2008). .....  | 32 |
| Figura 3: Croqui do experimento .....  | 33 |
| Figura 4: Vista parcial do experimento na fase de enchimento do grão. Em detalhe, panícula protegida.....  | 36 |
| Figura 5: Avaliação da massa verde e massa seca no estágio de maturação fisiológica (E9).....  | 38 |
| Figura 6: Número de dias (a) e quantidade de unidades térmicas (b) necessárias para atingir o estágio fenológico da terceira folha visível (E1) em função dos diferentes espaçamentos na cultura do milho. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008. ....                                | 42 |
| Figura 7: Número de dias (a) e quantidade de unidades térmicas (b) necessárias para atingir o estágio fenológico da quinta folha visível (E2) em função dos diferentes espaçamentos na cultura do milho. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008. ....                                  | 43 |
| Figura 8: Número de dias (a) e quantidade de unidades térmicas (b) necessárias para atingir o estágio fenológico da folha bandeira visível (E4) em função dos diferentes espaçamentos na cultura do milho. Cv 1: Comum; Cv 2: IPA-BULK 1. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008 ..... | 44 |
| Figura 9: Número de dias (a) e quantidade de unidades térmicas (b) necessárias para atingir o estágio fenológico panícula visível (E5) em função dos diferentes espaçamentos na cultura do milho. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008. ....   | 46 |
| Figura 10: Quantidade de unidades térmicas necessárias para atingir o estágio fenológico 50% dos estigmas emergidos (E6) em função dos diferentes espaçamentos na cultura do milho. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008. ....   | 47 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 11: Quantidade de unidades térmicas necessárias para atingir o estágio fenológico grão leitoso (E7) em função dos diferentes espaçamentos na cultura do milho. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008. ....              | 48 |
| Figura 12: Quantidade de unidades térmicas necessárias para atingir o estágio fenológico de maturação fisiológica (E9), em função dos diferentes espaçamentos na cultura do milho. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008. .... | 50 |
| Figura 13: Produção de massa verde no estágio de grão pastoso (MVP) de genótipos de milho, em função do espaçamento entre linhas. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008. ....  | 52 |
| Figura 14: Produtividade de massa seca no estágio de grão pastoso (MSP), de genótipos de milho, em função do espaçamento entre linhas. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008. ....   | 54 |
| Figura 15: Produção de massa verde no estágio de maturação fisiológica (MVf) de genótipos de milho, em função do espaçamento entre linhas. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008. ....   | 55 |
| Figura 16: Produção de massa seca no estágio de maturação fisiológica (MSF) de genótipos de milho, em função do espaçamento entre linhas. Cv 1: Comum; Cv 2: IPA-BULK 1. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008. ....           | 56 |
| Figura 17: Produção de grãos (PG) de genótipos de milho, em função do espaçamento entre linhas. Cv 1: Comum; Cv 2: IPA-BULK 1. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008. ....   | 59 |
| Figura 18: Comprimento médio das panículas (CPA) de genótipos de milho, em função do espaçamento entre linhas. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008. ....   | 60 |
| Figura 19: Número de panículas.m <sup>2</sup> (NPA) de genótipos de milho, em função do espaçamento entre linhas. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008. ....  | 61 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1: Fases de desenvolvimento e estádios fenológicos para a cultura do milho, descritos em ICRISAT (1977).....  | 27 |
| Tabela 2: Características químicas do solo onde foi realizado o experimento (UNIOESTE - Marechal Cândido Rondon - PR, 2008).....   | 35 |
| Tabela 3: Resumo da análise de variância do número de dias para atingir os estádios fenológicos da terceira folha visível (E1), quinta folha visível (E2), folha bandeira visível (E4) e panícula visível (E5), 50% dos estigmas emergidos (E6), grão leitoso (E7), grão pastoso (E8) e maturação fisiológica (E9), avaliadas em cultivares de milho pérola cultivados em diferentes espaçamentos. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008.....                                 | 40 |
| Tabela 4: Média de dias para atingir os estádios fenológicos da terceira folha visível (E1), quinta folha visível (E2), folha bandeira visível (E4), panícula visível (E5), 50% dos estigmas emergidos (E6), grão leitoso (E7), grão pastoso (E8) e maturação fisiológica (E9), em função dos dois cultivares de milho pérola. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008.....   | 40 |
| Tabela 5: Resumo da análise de variância da soma das unidades térmicas necessárias para atingir os estádios fenológicos da terceira folha visível (UT1), quinta folha visível (UT2), bandeira visível (UT4) e panícula visível (UT5), 50% dos estigmas emergidos (UT6), grão leitoso (UT7), grão pastoso (UT8) e maturação fisiológica (UT9), avaliadas em dois cultivares de milho pérola cultivados em diferentes espaçamentos. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008 ..... | 41 |
| Tabela 6: Média da soma das unidades térmicas necessárias para atingir os estádios fenológicos da terceira folha visível (UT1), quinta folha visível (UT2), folha bandeira visível (UT4) e panícula visível (UT5), em função dos dois cultivares de milho pérola. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008 .....   | 41 |

Tabela 7: Resumo da análise de variância da massa verde e massa seca no estágio de grão pastoso (MVP e MSP), massa verde e massa seca no estágio de maturação fisiológica (MVF e MSF), comprimento médio das panículas (CPA), produção de grãos (PG), e número de panículas (NPA), avaliadas em dois genótipos de milho pérola em diferentes espaçamentos.

Marechal Cândido Rondon-PR. 2008. ....51

Tabela 8: Média da massa verde e massa seca no estágio de grão pastoso (MVP e MSP), massa verde e massa seca no estágio de maturação fisiológica (MVF e MSF), tamanho médio das panículas (CPA), produção de grãos (PG) e número de panículas (NPA), em dois genótipos de milho pérola.

Marechal Cândido Rondon-PR. 2008. ....51

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....  | <b>13</b> |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....                             | <b>15</b> |
| <b>2.1 Histórico e Distribuição da Cultura</b> .....             | <b>15</b> |
| <b>2.2 Importância da Cultura</b> .....                          | <b>16</b> |
| <b>2.3 Utilização do Milheto</b> .....                           | <b>17</b> |
| 2.3.1 Cobertura do solo.....                                     | 17        |
| 2.3.2 Forragem.....  | 20        |
| 2.3.4 Produção de grãos .....                                    | 25        |
| <b>2.4 Fenologia da Cultura</b> .....                            | <b>25</b> |
| <b>2.5 Espaçamento e Densidade de Semeadura</b> .....            | <b>28</b> |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....                                | <b>31</b> |
| <b>3.1 Local</b> .....   | <b>31</b> |
| <b>3.2 Delineamento Experimental e Tratamentos</b> .....         | <b>32</b> |
| <b>3.3 Instalação do Experimento</b> .....                       | <b>34</b> |
| <b>3.4 Características Avaliadas</b> .....                       | <b>36</b> |
| 3.4.1 Caracterização dos estádios e das fases fenológicas .....  | 36        |
| 3.4.2 Determinação da produção de biomassa .....                 | 37        |
| 3.4.3. Determinação da produção de grãos .....                   | 37        |
| 3.4.4 Determinação do número e do comprimento de panículas ..... | 38        |
| <b>3.5 Análise Estatística</b> .....                             | <b>38</b> |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....                            | <b>39</b> |
| <b>4.1 Fenologia</b> .....                                       | <b>39</b> |
| 4.1.1 Estádio E1 – Terceira folha visível .....                  | 42        |
| 4.1.2 Estádio E2 – Quinta folha visível.....                     | 43        |
| 4.1.3 Estádio E4 – Folha bandeira visível .....                  | 44        |
| 4.1.4 Estádio E5 – Panícula visível .....                        | 45        |
| 4.1.5 Estádio E6 – 50% dos estigmas emergidos .....              | 46        |
| 4.1.6 Estádio E7 – Grão leitoso.....                             | 47        |
| 4.1.7 Estádio E8 – Grão pastoso.....                             | 48        |
| 4.1.8 Estádio E9 – Maturação fisiológica .....                   | 49        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>4.2 Produção de Biomassa e de Grãos .....</b>            | <b>50</b> |
| 4.2.1 Massa verde no estágio de grão pastoso .....          | 52        |
| 4.2.2 Massa seca no estágio de grão pastoso .....           | 53        |
| 4.2.3 Massa verde no estágio de maturação fisiológica ..... | 55        |
| 4.2.4 Massa seca no estágio de maturação fisiológica .....  | 56        |
| 4.2.5 Produção de grãos .....                               | 58        |
| 4.2.6 Comprimento médio de panícula (CPA) .....             | 59        |
| 4.2.7 Número de panículas por metro quadrado (NPA) .....    | 60        |
| <b>5 CONCLUSÕES .....</b>                                   | <b>62</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                     | <b>63</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

No mundo o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) é considerado excelente alternativa para a produção de grãos e forragem. Em regiões semi-áridas da África e da Índia, o milheto é colhido na maturação fisiológica, sendo o grão utilizado para a alimentação humana, e a palha, com mais de 7% de PB, usada para pastoreio ou forragem (YOUNGQUIST et al., 1990).

No Brasil, a cultura é uma excelente opção para a produção de palha para cobertura de solos no sistema de plantio direto no cerrado e também para a região Sul (LANDERS, 1994; CALEGARI; PEÑALVA, 1994). A baixa disponibilidade de água nos solos da região dos Cerrados, devido à escassez das chuvas no período de abril a outubro, torna difícil o cultivo de culturas para a manutenção da cobertura do solo, neste período, sendo este um desafio para a manutenção do plantio direto, às vezes muito dependente da monocultura da soja. É importante como fonte de pasto ou forragem de inverno em regiões e épocas com pouca disponibilidade hídrica, e mais recentemente, em menor escala, como fonte de grãos utilizáveis em formulações de rações para animais (LANDERS, 1994).

O milheto é uma gramínea anual que tem tido nos últimos tempos um aumento da área plantada, sobretudo nas regiões de Cerrado, pelo enorme potencial de cobertura do solo oferecido para a prática do plantio direto, bem como para o uso como forrageiro na pecuária de corte ou de leite. Para ambas as finalidades, há necessidade de um manejo cultural diferenciado e adequado. O plantio pode ser em linha ou a lanço, mas em ambos há necessidade de definição ou estabelecimento da época e da densidade de plantio, da quantidade de sementes, do espaçamento, do sistema de semeadura, da profundidade de plantio, dentre outros fatores não menos importantes, como manejo de plantas daninhas, de pragas e doenças, da fertilidade e o manejo de água como no caso de produção de sementes. Essas variáveis, quando interagidas, contribuem para o aumento da produção de fitomassa verde para forragem, massa seca para cobertura morta em plantio direto e produção de grãos para ração ou para sementes (NETTO, 1998).

Variáveis como a escolha do cultivar, manejo ou ação dos fatores climáticos, podem influenciar nas etapas de crescimento e desenvolvimento da cultura. Contanto a determinação dos estádios fenológicos em função de fatores atuantes

pode auxiliar no entendimento do desenvolvimento da cultura (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

O milho possui nove estádios fenológicos de desenvolvimento que vão da emergência (ED0) a maturação fisiológica (ED9), onde após a emergência das plântulas, temperatura e luz são os principais responsáveis pelo rendimento da cultura, sendo a produção de matéria seca quase proporcional à radiação interceptada durante o crescimento vegetativo nos cereais (GADIOLI et al., 2000).

Dependendo da finalidade, o milho pode ser cultivado em espaçamentos que variam entre 15 e 80cm entre linhas, sendo que nos espaçamentos mais estreitos a produção de matéria seca geralmente se apresenta maior, porém em contra partida a maior competição entre plantas nesses espaçamentos pode gerar um maior grau de acamamento e uma menor produção de grãos por panícula. O espaçamento deve ser definido em função da finalidade do cultivo, podendo ser para cobertura do solo com aproximadamente 15cm entre linhas, produção de forragem aproximadamente 40cm, ou produção de grãos entre 70 e 80cm (COSTA et al., 2005).

O objetivo deste trabalho foi verificar a influência do espaçamento entre linhas na fenologia, no rendimento de biomassa e de grãos em genótipos de milho pérola.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Histórico e Distribuição da Cultura

O milho pérola (*Pennisetum glaucum* (L.)) é uma gramínea anual, originária do oeste africano, e provavelmente foi domesticado no sul das terras altas do Saara central entre quatro e cinco mil anos, distribuindo-se em seguida pelas áreas semi-áridas tropicais da África e Ásia (KUMAR; NIAMEY, 1989), diferenciando-se em milho precoce e tardio. Através de transações comerciais da época, o milho chegou a Índia, onde são usadas variedades de ciclo tardio para produção de grãos (NORMAN; PEARSON; SEARLE, 1995).

Enquanto o grão é o principal objetivo do cultivo do milho na África e Ásia, a forragem e a palhada são importantes produtos secundários para a alimentação animal, combustível e construções. O milho é usado como cultura forrageira nos Estados Unidos, Austrália, África e Índia, e possui potencial para ser utilizado em rações de aves, suínos e bovinos (ANDREWS; KUMAR, 1992).

Segundo Araújo (1972), no Brasil, os primeiros cultivos de milho ocorreram no Rio Grande do Sul, em 1929, como espécie forrageira e na década de 70 o milho foi introduzido na região Nordeste, pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), como cultura potencial e alternativa para a alimentação animal (NETTO; ANDRADE, 2002).

No Brasil, é usado como pastagem ou forragem (MORAES; MARASCHIN, 1988), e também cultivado de forma limitada por produtores de grãos na região do Triângulo Mineiro (MATTOS, 1995). Nos Estados de Mato Grosso, Goiás e Mato Grosso do Sul, o milho é cultivado como cultura de entressafra, para produção de palhada no sistema de plantio direto. Em Mato Grosso, a cultura é utilizada na rotação lavoura-pecuária praticada pelos produtores de soja (MATTOS, 1995), e a Embrapa (1997) recomenda para rotação com a soja no Maranhão.

## 2.2 Importância da Cultura

O milho tem sido utilizado no Brasil de diversas formas: como planta forrageira, como pastoreio para o gado, especialmente na Região Sul, como produção de semente para fabricação de ração e como planta de cobertura do solo para o sistema de plantio direto. Essa última prática é responsável pelo aumento da expansão da cultura, devido ao avanço do plantio direto nas regiões do Cerrado, onde a gramínea se desenvolve bem em situações adversas de clima e solo (PEREIRA FILHO et al., 2003)

O milho é cultivado quase que exclusivamente em áreas tropicais áridas e semi-áridas, caracterizadas por estação de crescimento com altas temperaturas, baixa precipitação pluvial e solos rasos ou arenosos. E devido as suas características agronômicas de alta resistência à seca, adaptação a solos de baixa fertilidade, crescimento rápido e boa produção de massa e de grãos, tem-se apresentado como uma das melhores opções de cobertura de solos em áreas de plantio direto no Brasil Central e de grãos para o Nordeste, Centro-Oeste e Sul do Brasil (NETTO, 1998). É uma cultura potencialmente produtiva para alta qualidade de grão ou silagem, apresentando-se superior ao sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em estabelecimento e produção sob condições de estresse hídrico (SMITH et al., 1989; WITT; EASTIN, 1995).

No Brasil, as características intrínsecas da região do cerrado, como solos de baixa fertilidade, grande período seco no inverno após as culturas de verão, concentração do período chuvoso e ocorrência de veranicos, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro (verão), com grande repercussão na produtividade das culturas, exigem a aplicação de conhecimentos e tecnologias adequados. Dentre as características básicas necessárias para a escolha dessas culturas, Bonamigo (1999) listou: grande resistência à seca; maior produção de massa; crescimento rápido; boa adaptação a diferentes níveis de fertilidade; sistema radicular profundo e abundante; facilidade de mecanização; não se tornarem infestantes; resistência às pragas e doenças; facilidade de produção de sementes; aproveitamento na pecuária (boa qualidade como forragem), as quais são atendidas com satisfação pela cultura do milho. No Cerrado, o milho tem sido utilizado no plantio direto devido tolerar a baixa disponibilidade de água, adaptar-se bem a baixa fertilidade do solo, produzir grande quantidade de biomassa, possuir rápido crescimento e desenvolvimento,

resistir à maioria das pragas e doenças e não ter se tornado infestante (SILVA et al., 2004).

Também utilizado para amenizar os efeitos da compactação dos solos, o milho possui um sistema radicular vigoroso, que deixam canais que propiciam condições ao desenvolvimento de raízes da cultura subsequente (WANG; HESKETH; WOOLLEY, 1986). Além disso, espécies que possuam sistema radicular profundo e ramificado podem retirar nutrientes de camadas subsuperficiais, e liberá-los gradualmente nas camadas superficiais, durante o processo de decomposição, contribuindo para manter o equilíbrio dos nutrientes no solo e aumentar a sua fertilidade, além de permitir melhor utilização dos insumos agrícolas (FIORIN, 1999)..

## **2.3 Utilização do Milheto**

### **2.3.1 Cobertura do solo**

O estabelecimento da agricultura em áreas extensas, como por exemplo, na região dos Cerrados, em que se encontram solos frágeis em termos de sustentabilidade do agroecossistema, passou por um processo de degradação acelerado devido ao manejo inadequado utilizado nestes solos. A maioria destes classificam-se como Latossolos, que são bastante intemperizados ou desgastados pela ação do clima e tempo, baixa fertilidade, com alta concentração de alumínio, sendo que, por outro lado, suas características topográficas e físicas favorecem a mecanização agrícola. Entretanto, a adoção desta prática tem ocasionado problemas graves, como a erosão, que associada a exposição do solo à radiação solar na entressafra, resulta em perda das suas características químicas, físicas e biológicas. Portanto, para que se viabilize a atividade agrícola em longo prazo, torna-se fundamental proteger o solo com a manutenção da cobertura vegetal (SPEHAR, 1996).

Em diagnóstico realizado no ano de 1997 para a região oeste do estado do Paraná, constatou-se que apenas 5% dos agricultores entrevistados utilizavam exclusivamente o plantio direto semeando soja e milho. Outros 70% semeavam o milho safrinha em plantio direto, porém escarificavam o solo para a implantação da soja. Os 25% restantes preparavam o solo rotineiramente para efetuar o plantio. Já

em 1999 o número de agricultores que adotavam o plantio direto em suas propriedades aumentou para 85%, sendo que, o sistema ainda apresentava falhas no seu processo. Uma das falhas era o baixo grau de diversificação e pouco uso de plantas de cobertura para proteção do solo nos sistemas de produção agrícola, fundamentados principalmente na sucessão soja-milho safrinha, onde a pouca formação de palhada para a cobertura de solo limitava a ciclagem de nutrientes em detrimento do equilíbrio da fertilidade do solo e a facilidade de incidência de plantas invasoras (CASSÃO JR, et al., 2006).

No sistema de plantio direto existe tendência de aumento da densidade do solo nas camadas superficiais, por causa do arranjo natural que as partículas do solo tendem a apresentar, quando não submetido à manipulação mecânica. No entanto, com o passar do tempo, é de se esperar que a densidade do solo diminua, por causa do aumento do teor de matéria orgânica, especialmente na camada superficial, o que propicia melhor agregação do solo devido a cobertura feita com o milheto (DAO, 1996).

A estabilidade estrutural e a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo têm garantido ao perfil do solo sob plantio direto, em muitas situações, maior conteúdo de água disponível às plantas, influenciando diretamente o desenvolvimento e a produtividade das culturas (VIEIRA, 1984). Nos Cerrados existe um período que oscila entre seis a oito meses de chuvas, resultando em uma quantidade de umidade residual variável, o que limita a formação de palhada por espécies de coberturas sensíveis ao estresse hídrico. Entretanto a cultura do milheto, viabiliza o plantio em períodos menos chuvosos, todavia, a palhada da cultura anterior matêm a umidade e reduz a temperatura do solo, além de contribuir no incremento do teor de matéria orgânica, importante na estruturação física, química e biológica do solo (BERTONI; MAURO NETO, 1996; SILVA et al., 2003).

Segundo Bonamigo (1993), uma cultura para o sistema de semeadura direta deve possuir entre outras características desejáveis uma maior produção de massa, adaptação a solos mais arenosos e aproveitamento na pecuária com boa qualidade como forragem, e o milheto atende essas características. Além disso, é uma planta de grande adaptação ao Cerrado brasileiro, onde o nível de fertilidade é baixo e o período de estiagem é quase sempre prolongado durante o ano. A sua alta adaptabilidade às condições do Cerrado se deve à alta capacidade de tolerar déficit hídrico prolongado e abaixo de 400 mm. A adaptação a solos menos férteis está na

sua capacidade de extração de nutrientes, face ao seu sistema radicular profundo (SCALÉA, 1999).

A utilização de espécies de plantas de cobertura, sobretudo com a utilização da rotação de culturas em espécies com sistema radicular bastante agressivo, faz-se necessário, pois além da proteção da superfície do solo com a presença de resíduos vegetais, as raízes dessas espécies vão se decompor, deixando canais que proporcionarão o aumento do movimento de água e a difusão de gases (MÜLLER; CECCON; ROSOLEM, 2001). Silva (1986) também relata que os resíduos de culturas proporcionam um aumento na taxa de infiltração de água. Esta cobertura reduz a temperatura máxima do solo e as perdas de água por evaporação (BRAGAGNOLO et al., 1990).

Para Pereira Filho et al. (2003), a época para a semeadura do milheto também é variável e está ligada a finalidade do uso da cultura. Para cobertura do solo no plantio direto, pode-se realizar a semeadura, como safrinha, após a colheita do milho ou da soja, no período que compreende do final de janeiro até meados de abril. Nessa situação, plantios efetuados mais cedo produzem mais massa e mais grãos; já plantios tardios produzem menos massa e podem produzir muito pouco grão. Outra opção de plantio para produção de massa seca para cobertura do solo é o período que vai de agosto a setembro, antes da semeadura do milho ou da soja em novembro, época na qual se faz a dessecação do milheto. Segundo Bonamigo (1993), o milheto pode produzir, sem adubação e dependendo da época de plantio, de 20 a 70 t ha<sup>-1</sup> de matéria verde.

No sistema de plantio direto a cultura do milheto tem sido utilizada na formação da cobertura morta indispensável neste sistema de produção. Em trabalho conduzido por Salton, Pitol e Erbes (1993) o milheto foi a cultura que mais produziu massa, atingindo 5,5 e 9 t ha<sup>-1</sup>, quando colhida aos 57 e 72 dias após a semeadura, respectivamente.

Com o crescimento das áreas de plantio direto, o milheto tem sido a principal espécie indicada para cobertura morta do solo nesse sistema conservacionista. Para essa prática, utiliza-se alta densidade de semeadura (acima de 20kg ha<sup>-1</sup>), que resulta numa rápida cobertura e alto volume de massa verde que, dessecado na pré-floração, produz uma massa seca de baixa relação C/N e de rápida decomposição (PEREIRA FILHO et al., 2003)

Em relação à produção de fitomassa seca, mesmo em condições de baixa umidade e fertilidade, o milho tem se mostrado mais produtivo do que outras culturas de cobertura produtoras de fitomassa. Segundo Salton, Pitol e Erbes (1995), o milho, tem produzido cerca de 112 kg diário de fitomassa seca, o que equivale a um total de 6.8 t ha<sup>-1</sup>. O potencial produtivo do milho em condições desfavoráveis de clima e solo mostra o quanto a cultura é promissora para determinados segmentos do agronegócio brasileiro (PEREIRA FILHO et al., 2003)

Carvalho (2004), avaliando 2 anos consecutivos espécies de cobertura vegetal no plantio direto para o algodão, observou que o milho se destacou na produção de MS nos dois anos quando comparado com crotalaria e vegetação espontânea.

### 2.3.2 Forragem

A suficiente disponibilidade de sementes de boa qualidade, a preços razoáveis, é reconhecida como fator fundamental à expansão das espécies cultivadas - entre as quais as forrageiras - e tem estado diretamente relacionada com altas produtividades. Apesar do desenvolvimento apresentado pela indústria de sementes de espécies forrageiras no Brasil, em particular nestes últimos dez anos, o suprimento destas sementes é ainda insatisfatório em termos de qualidade e, em alguns casos também de quantidade. A escassez deste insumo tem limitado a expansão de pastagens cultivadas, como por exemplo, em regiões do Nordeste, onde, o custo da semente pode representar até 50% dos investimentos necessários para a formação das mesmas. Acrescente-se a isto problemas de estabelecimento, heterogeneidade e infestação com ervas daninhas, os quais tem sido freqüentes em diversas regiões do Brasil (SOUZA, 1988).

A degradação de pastagens é um processo evolutivo de perda de vigor e produtividade forrageira, sem possibilidade de recuperação natural, que afeta a produção e o desempenho animal e culmina com a degradação do solo e dos recursos naturais em função de manejos inadequados. A recuperação ou renovação pode ser efetuada de forma direta ou indireta, sendo a forma direta caracterizada por utilizar apenas práticas mecânicas, químicas e agronômicas, sem cultivos com pastagens anuais ou culturas anuais de grãos. O uso intermediário de lavouras ou

de pastagens anuais caracteriza a forma indireta de recuperação ou renovação de pastagens (MACEDO; KICHEL; ZIMMER, 2000).

Para um sistema de recuperação direta com destruição parcial da vegetação, Macedo, Kichel e Zimmer (2000) recomenda a introdução de leguminosas ou de forrageira anual como o milheto, para pastejo imediato e amortização dos custos até o retorno da pastagem recuperada. No método de renovação direta a recomendação passa a ser a substituição de espécies do gênero *Brachiaria* por cultivares de *Panicum*, uma das mais almejadas, mas que nem sempre é bem sucedida dado o elevado número de sementes existentes no solo. O gasto de sucessivas aplicações de herbicidas e tratos mecânicos podem encarecer sobremaneira o processo (MACEDO; KICHEL; ZIMMER, 2000).

Diversos fatores contribuem para a degradação das pastagens, e dentre estes está a escolha da espécie forrageira (MACEDO; KICHEL; ZIMMER, 2000).

As forrageiras mais comumente usadas, dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*, fornecem apenas entre 30% e 50% das exigências nutricionais diárias dos animais em pastejo, por apresentarem forragem com baixos teores de proteína e carboidratos solúveis, bem como alto teores de fibra. Nessa situação, o desempenho animal é influenciado, principalmente, pela baixa ingestão de proteína e energia, o que é agravado pela disponibilidade irregular de biomassa durante o ano (KICHEL; MIRANDA, 2000).

Por ser o milheto uma forrageira de clima tropical, anual, de hábito ereto, porte alto, com desenvolvimento uniforme e bom perfilhamento, que apresenta rusticidade, grande resistência à seca, além de ser produtiva, tenra nutritiva e palatável ao gado (PUPO, 1985), apresentando excelente valor nutritivo (até 24% de proteína bruta quando em pastejo), boa palatabilidade e digestibilidade (60% a 78%) em pastejo, sendo atóxica aos animais em qualquer estágio vegetativo, podendo alcançar até 60 toneladas de massa verde e 20 toneladas de matéria seca por hectare, quando cultivado no início da primavera, e quando utilizado sob pastejo, com animais de recria pode proporcionar ganhos de até 600 quilos/hectare de peso vivo, ou 20 arrobas/hectare de carne em 150 dias de pastejo, equivalente a ganhos médios diários de 950 gramas/animal, com 4,2 animais/hectare (KICHEL; MIRANDA, 2000).

De acordo com Maggi (1994), o pastejo direto desta forrageira, no período seco, proporcionou ganho de peso dos bovinos em até 1,3 quilos por dia. Sendo

assim, esta cultura apresenta-se como uma alternativa interessante que pode integrar a pecuária e a agricultura, devido ao seu elevado potencial de produção de biomassa em condições limitantes de água.

Devido a essas características, o uso do milho tem sido ampliado para a produção de forragem, para pastejo, para silagem e para produção de grãos, e é usado no fabrico de rações animais, por causa do seu baixo custo e boa qualidade (NETTO, 1998).

Sistemas integrados de rotação de lavouras e pastagens têm-se mostrado eficientes na melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, quebra de ciclo de pragas e doenças, controle de invasoras, aproveitamento de subprodutos, pastejo de outono em pastagens anuais, melhorando e mantendo a produção animal e de grãos, com fluxo de caixa mais freqüente ao produtor, criando novos empregos, e melhor sustentabilidade da produção agropecuária (MACEDO; KICHEL; ZIMMER, 2000).

O início do pastejo do milho se dá dos 30 aos 40 dias após a emergência quando as plantas atingirem 50 a 70 cm de altura, retirando-se os animais quando atingirem 20 a 30 cm de altura. A lotação pode variar de 0,5 a 3,0 UA ha<sup>-1</sup>, e o período de descanso deve ser de 18 a 24 dias após o pastejo inicial (KICHEL; MIRANDA, 2000).

O primeiro pastejo deve ocorrer sempre antes do início do emborrachamento, visando estimular o perfilhamento; ao contrário, haverá redução na produção e na qualidade da forragem, com redução do período de pastejo (KICHEL; MIRANDA, 2000).

No início do pastejo deve-se utilizar uma maior taxa de lotação variando entre 3 animais/ha e 5 animais ha<sup>-1</sup>, reduzindo-se gradualmente, em função da disponibilidade de forragem até 1 animal ha<sup>-1</sup> a 2 animais ha<sup>-1</sup> (KICHEL; MIRANDA, 2000).

O tempo de utilização do milho em pastejo vai depender principalmente da época de semeadura, manejo, estado nutricional da planta e condições climáticas. No Brasil Central, o período de pastejo pode variar de 30 a 150 dias: em semeadura realizada no início da primavera, de 80 a 150 dias; no início do verão, de 50 a 100 dias; no início do outono, variará de 30 a 60 dias (KICHEL; MIRANDA, 2000).

Destacando o potencial produtivo do milho, Kichel; Miranda (2000) traz como referência a capacidade produtiva de massa verde entre 10 a 60 ton ha<sup>-1</sup> e 2 a

15 ton ha<sup>-1</sup> para produção de matéria seca, tendo período de pastejo entre 30 a 150 dias e ganho de peso animal entre 400 a 1000 g.dia<sup>-1</sup>. Para o pastejo das folhas os teores de proteína bruta e digestibilidade se aproximam de 21% e 72%.

No Sul, devido às condições chuvosas, o milho é usado como pastoreio. Dependendo da época do ano, das condições chuvosas e do fotoperíodo, pode-se conseguir até 70 t ha<sup>-1</sup> de fitomassa verde (BONAMIGO, 1993; PEREIRA FILHO et al, 2003).

Ao visar-se a dupla utilização do milho, ou seja, para produção de forragem de semente, Scheffer et al. (1985) recomendam sua semeadura em linhas espaçadas de 0,50m, aplicação parcelada de 200kg ha<sup>-1</sup> de N e a realização de dois cortes ou pastejo das plantas em estágio vegetativo até o final de dezembro.

Monks e Peske (1997), constataram que com a realização de dois cortes de forragem foi possível produzir ao redor de 6,5t ha<sup>-1</sup> de matéria seca, sem acarretar prejuízos na produção e qualidade das sementes.

Kichel e Miranda (2000) avaliando produção e qualidade de silagem, de milho, milho e sorgo, observaram que o milho apresentou-se superior na produção de silagem com produção de 31 ton ha<sup>-1</sup>, quando comparada com milho (27 ton ha<sup>-1</sup>) e sorgo (19,2 ton ha<sup>-1</sup>). A produção de matéria seca seguiu no mesmo caminho apresentando 8.680 Kg ha<sup>-1</sup>, enquanto milho e sorgo apresentaram 8.100 Kg ha<sup>-1</sup> e 5.760 Kg ha<sup>-1</sup>. Na determinação do teor de proteína bruta o milho também foi superior atingindo 12%, enquanto milho e sorgo atingiram 7,8% e 7,0% de proteína bruta, respectivamente.

Para reduzir a variação na disponibilidade de alimento em diferentes estações do ano, pode-se utilizar a ensilagem, que é uma técnica que consiste em preservar forragens por meio de fermentação anaeróbica, após o seu corte, picagem, compactação e vedação em silos. O produto final dessa fermentação, denominado silagem, é obtido pela ação de microrganismos sobre os açúcares presentes nas plantas com a produção de ácidos, resultando em queda do pH até valores próximos de 4. O clima neste caso é um fator secundário, visto que sua conservação ocorre por meio de um processo de fermentação em ambiente fechado (SILVA, 2001).

O milho é uma excelente alternativa para produção de silagem, principalmente em regiões com problemas de veranico ou déficit hídrico. Presta-se ainda para plantio tardio ou de safrinha, após a colheita da cultura principal, para regiões nas quais não ocorrem geadas e que têm precipitações até o mês de maio.

Nestas condições, o milho pode alcançar produção superior ao sorgo, com melhor qualidade e também proporcionar boa cobertura do solo (KICHEL; MIRANDA, 2000).

Para a produção de silagem, as plantas de milho são cortadas no estágio de grão pastoso. A produção esperada com o milho comum é de 30 t ha<sup>-1</sup> de silagem com umidade de 60% (MEDEIROS, 1977). Codagnone e Sá (1985) obtiveram produção entre 9 e 21 t ha<sup>-1</sup> de massa seca para silagem nas condições do Paraná.

Segundo Netto (1998), a silagem de milho tem níveis mais altos de PB e massa seca (MS) que o milho; e antes do florescimento, a planta tem grande capacidade de rebrota .

Kichel e Miranda (2000), observaram no Mato Grosso do Sul, em safrinha, uma produção de 31 t ha<sup>-1</sup> de massa verde para silagem de milho.

Comparativamente à maioria das forrageiras tropicais perenes, o milho é uma excelente alternativa para melhorar a qualidade alimentar de bovino. Apresenta alta produtividade e precocidade, durante períodos de escassez das forrageiras perenes, abrindo espaço para seu uso estratégico nas fases de cria, recria e engorda, repercutindo em sistemas mais precoces da pecuária de corte. As pastagens anuais de milho podem funcionar como um suplemento protéico/energético, principalmente durante a seca. A intercalação desta forrageira com as pastagens perenes resulta numa melhoria considerável na dieta dos animais (KICHEL; MIRANDA, 2000).

Geraldo et al. (2002), observou que na maturação fisiológica do milho, houve um decréscimo no teor de N nas folhas baixas, devido a remobilização para folhas superiores e para o grão, contudo, as folhas medianas e apicais continuaram a ter um alto teor de N, mesmo na maturação do grão, o que caracteriza a capacidade da planta manter uma alta atividade fotossintética no final de ciclo. Portanto concluiu que massa seca para forragem ou silagem, ainda com alto teor de N nas folhas, pode ser obtida mediante a colheita do milho pérola no estágio de maturação fisiológica, e que ainda apresenta a vantagem da produção de grãos.

O cultivo do milho após as colheitas de verão (soja e milho) é de fundamental importância para o sucesso da integração lavoura x pecuária em regiões sem ocorrência de geadas e com precipitações até o mês de maio. Para a produção de silagem, o milho pode substituir o milho ou o sorgo, com vantagens em produtividade e qualidade quando cultivado em safrinha ou tardiamente (KICHEL; MIRANDA, 2000).

### 2.3.4 Produção de grãos

Em relação ao uso da semente, o milheto ainda é muito pouco utilizado para o consumo humano, mas bastante utilizado para o uso da ração animal, principalmente pelo seu alto valor protéico, que é maior do que o do sorgo e o do milho (PEREIRA FILHO et al., 2003), chegando a alcançar de 27 a 32% mais proteína bruta que o milho (NETTO, 1998), e sendo muito utilizado pela indústria na fabricação de rações para suínos, bovinos e aves.

Silva et al. (2004) avaliando rendimento de grãos na cultivar ENA 1 em função de espaçamentos, obteve a maior produção (1.637 Kg ha<sup>-1</sup>) no espaçamento de 0,25 m, e cita ainda que a cultivar apresentou capacidade de adaptação às variações das populações de plantas avaliadas, mantendo estável a produção de grãos. 1.637 em espaçamento entre linhas de 0,25 m.

Geraldo et al. (2002) avaliando produtividade em cultivares de milheto pérola, obtiveram produção de 1.790 e 1.825 Kg ha<sup>-1</sup> de grãos em cultivares diferentes, em cultivo sem adubação e em solo com baixo teor de carbono. Porém notou que o milheto responde bem a adubação, e pode beneficiar-se do resíduo de fertilizantes ou do N fixado por leguminosas do cultivo anterior.

## 2.4 Fenologia da Cultura

Fenologia é o estudo dos fenômenos periódicos da vida vegetal e animal em relação às condições ambientais atuantes (BUENO, 1986). Assim percebe-se que o conceito de fenologia envolve o conhecimento de todas as etapas de crescimento e desenvolvimento da vida vegetal, como a germinação, emergência, desenvolvimento do aparato fotossintético, florescimento, aparecimento das estruturas reprodutivas e maturação dos frutos e sementes. A reunião desses conhecimentos, de forma ordenada e concisa, possibilita a determinação das relações, e do grau de influência, dos fatores envolvidos sobre o processo produtivo, favorecendo sobre maneira o estabelecimento de estratégias de manejo e de tomada de decisão (FANCELLI; DOURADO NETTO, 1997).

O milheto, como outros cereais, tem três períodos bem definidos de crescimento e, através de estudos de vários autores, pode-se definir, dessas fases

de crescimento, nove estádios de desenvolvimento. Informações pormenorizadas das fases de desenvolvimento e estádios e características para identificá-las são apresentadas na Tabela 1 (ICRISAT, 1977).

Resultados de estudos realizados pela Embrapa Gado de Corte mostraram que quanto mais tardia for feita a semeadura menor será a produtividade de matéria seca, por ser esta espécie influenciada pelo fotoperíodo; portanto, quanto mais tardiamente for realizado o plantio, menos dias a planta levará da germinação ao florescimento. Igualmente, com uma maior idade da planta, menor será a digestibilidade e o teor de proteína bruta (KICHEL; MIRANDA, 2000).

Os perfilhos iniciais ou brotos desenvolvem-se nas axilas das folhas inferiores e são inicialmente envolvidos pela bainha foliar. O primeiro perfilho foliar aparece cerca de 12 dias após a emergência no eixo do coleótilo. Subseqüentemente, perfilhos desenvolvem-se em lados alternados do colmo principal, seguindo o arranjo alternado de folhas no broto. O desenvolvimento e crescimento dos perfilhos seguem um padrão idêntico ao do broto principal. O desenvolvimento do perfilho pode ser síncrono com o desenvolvimento do broto principal ou pode ser consideravelmente atrasado, ou mesmo suprimido pelo broto principal. O número de perfilhos que pode alcançar o florescimento é uma função da variedade e das condições ambientais, particularmente o espaço entre plantas. Algumas variedades produzem perfilhos (chamados perfilhos nodais) dos nós superiores do colmo principal, após a granação na panícula principal. Essas têm um ciclo de desenvolvimento curto, produzindo apenas poucas folhas e usualmente uma panícula pequena. Perfilhos nodais são comuns quando a granação na panícula principal é pobre ou a panícula principal é danificada de alguma forma (CRAUFURD; BIDERGER, 1989).

O processo de desenvolvimento da panícula consiste de uma sequência, um para cada das várias estruturas da panícula, que procede da base para o topo do ápice, em sucessão regular (NETTO; DURÃES, 2005).

A mudança do ápice vegetativo para o reprodutivo é marcada pela formação de uma constrição na base do ápice. Os primórdios de ramificações começam na base da panícula, em 1 a 2 dias após a iniciação floral. Cada primórdio de ramo rapidamente se subdivide, para formar duas espiguetas e vários primórdios de aristas (NETTO; DURÃES, 2005).

Tabela 1: Fases de desenvolvimento e estádios fenológicos para a cultura do milho, descritos em ICRISAT (1977).

| <b>Estádios:</b><br>FC – Fases de crescimento (3);<br>ED – Estádios de desenvolvimento (9) | <b>Identificação da característica</b>                | <b>Dias após Emergência*</b> |
|--|---|------------------------------|
| <b>FC 1 – Fase de crescimento 1:</b>   | <b>Fase vegetativa:</b>                               | <b>0-21</b>                  |
| - ED0  | Emergência  | 2-3                          |
| - ED1  | Três folhas   | 3-7                          |
| - ED2  | Cinco folhas  | 7-14                         |
| - ED3  | Iniciação da Panícula                                 | 14-21                        |
| <b>FC 2 – Fase de crescimento 2:</b>   | <b>Fase de desenvolvimento da panícula:</b>           | <b>21-42</b>                 |
| - ED4  | Folha Bandeira  | 21-28                        |
| - ED5  | Estádio de Emborrachamento                            | 28-35                        |
| - ED6  | Estádio 50% Florescimento                             | 35-42                        |
| <b>FC 2 – Fase de crescimento 3:</b>   | <b>Fase de enchimento de grãos:</b>                   | <b>42-77</b>                 |
| - ED7  | Estádio leitoso                                       | 42-49                        |
| - ED8  | Estádio Pastoso/farináceo                             | 49-56                        |
| - ED9  | Maturidade Fisiológica ou<br>Formação da camada preta | 56-63                        |

\* Pode variar devido as condições ambientais, locais e variedades.

A mais rápida taxa de aumento de peso seco no grão ocorre durante os estádios leitoso e farináceo (NETTO; DURÃES, 2005).

As taxas de acumulação de matéria seca durante a ED1 são baixas, por causa da pequena área foliar da planta. A maioria da matéria seca produzida durante essa fase vem das folhas e raízes. O crescimento foliar continua durante o estádio ED2, com o primeiro broto principal, e então os perfilhos expandem suas folhas. No florescimento, entretanto, o crescimento foliar na maioria dos perfilhos, bem como no colmo principal, é completado, e o peso seco foliar permanece constante (ou decresce levemente pela senescência das folhas inferiores) para o restante da vida da planta (SINGH; KANEMASU; SINGH, 1983).

Após a emergência das plântulas, temperatura e luz influenciam o rendimento, desde que a produção de matéria seca é quase proporcional à radiação interceptada durante o crescimento vegetativo de cereais (GALLAGHER; BISCOE, 1978). A temperatura exerce um maior efeito na taxa de crescimento da cultura e nos processos de expansão e extensão. A luz determina a taxa de crescimento (isto é, produção de matéria seca) em alguns estádios de desenvolvimento. Mas há importantes interações, como, por exemplo, o desenvolvimento pode ser reduzido pela baixa luz e o crescimento pode ser retardado quando a temperatura é muito alta ou muito baixa (NETTO; DURÃES, 2005). Medidas sugerem um ótimo de

temperatura de 31 a 34°C para milho (WATTS, 1974; PEACOCK; HEINRICH, 1984).

O método mais satisfatório para determinar as fases de desenvolvimento de uma cultura, leva em consideração as exigências calóricas ou térmicas, designadas como unidades calóricas (°C), unidades térmicas de desenvolvimento (UTD) ou graus-dia (GD). Este método baseia-se na premissa de que uma planta necessita de uma certa quantidade de energia, representada pela soma de graus térmicos, necessários para completar determinada fase fenológica ou mesmo seu ciclo total (GADIOLI et al., 2000).

Alta temperatura está normalmente associada com rápida transpiração, assim que a taxa máxima de extensão é raramente mantida, exceto por breves períodos na manhã. Medidas também sugerem que o aumento do índice de área foliar (IAF) é ligeiramente menor a 31°C que a 28°C, provavelmente por causa de maior demanda para evaporação. Em milho a temperatura base é mais próxima de 15,5°C que 10,0°C. A  $T_b$  (a temperatura base - °C - em que cessa o desenvolvimento vegetal) de 15,5°C é consistente com os valores extrapolados obtidos para vários processos de desenvolvimento (NETTO; DURÃES, 2005).

A temperatura tem uma grande influência no número final de perfilhos produzidos, na produtividade de perfilhos basais e sobrevivência de perfilhos. Comparando a fertilidade de perfilhos e sobrevivência em cinco temperaturas, Ong e Squire (1984) mostrou que a temperatura ótima foi 25°C, porém, para rendimento de grãos dos perfilhos basais, 22°C apresentou-se melhor (NETTO; DURÃES, 2005).

## **2.5 Espaçamento e Densidade de Semeadura**

Considerando que, geralmente, as sementes de milho utilizadas pelos produtores no Brasil são de qualidade bastante variável, é recomendado o uso de maiores quantidades de sementes na semeadura, de modo a reduzir o risco e o prejuízo decorrente de uma baixa população de plantas estabelecidas.

Para Pereira Filho et al. (2003), os espaçamentos na cultura do milho são variáveis em função da sua finalidade. Para cobertura do solo, espaçamentos mais estreitos, ao redor de 15 cm entre linhas, para forragem e silagem em torno de 40 cm e para produzir grãos de 70 cm a 80 cm. Segundo Pereira Filho et al. (2003) a

semeadura em sulco é a mais utilizada para a produção de sementes, grãos e forragem. O gasto de sementes para os métodos de semeadura são variáveis, sendo que para uso da produção de sementes e grãos é gasto em torno de 8 a 12 Kg ha<sup>-1</sup> e para uso na produção de forragem o gasto de sementes fica de 15 a 40 Kg ha<sup>-1</sup>.

Silva et al. (2004) avaliando população de plantas de milho na produção de biomassa e de grãos, observou que o aumento na população de plantas aumentou o grau de acamamento, o número de perfilhos viáveis por m<sup>2</sup> e diminuiu a produção de grãos por panícula, devido a competição do maior número de plantas. E o aumento na densidade de plantas não mostrou efeitos nas produções de massa verde e seca para silagem, massa de palhada e de grãos. Ainda avaliou que para a produção de grãos de milho com colheita mecânica, as menores populações de plantas avaliadas podem ser mais vantajosas, em virtude do menor grau de acamamento observado nestes tratamentos e menor quantidade de sementes utilizado no plantio, e que a medida que aumentou-se a densidade de plantas reduziu a produção de grãos por panícula, não resultando em diferença significativa de produção as maiores e as menores densidades de semeadura.

O plantio com espaçamentos reduzidos entre linhas pode contribuir para aumentar a produção e a qualidade da forragem. Segundo Humphreys e Riveros (1986), altas densidades de plantas normalmente aumentam a produção de forragem. Bationo et al. (1990), verificaram que a produção de MS de milho aumentou em 61%, quando se elevou a densidade de plantas de 15.000 para 120.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Ficou assim evidenciado que o aumento no número de plantas por ha, em razão da redução do espaçamento, proporcionou maiores produções, particularmente no ano em que ocorreram chuvas intensas no período inicial da cultura, promovendo o rápido crescimento das plantas.

Em trabalho realizado por Moreira (2003), avaliando efeitos da população de plantas sobre as características do milho, observou que as maiores populações de plantas promoveram maior grau de acamamento, devido ao menor diâmetro do colmo nestas populações e que o maior número de perfilhos viáveis por m<sup>2</sup> observado nas maiores populações de plantas pode estar relacionado com a redução da produção de grãos por panícula.

Segundo Medeiros e Saibro (1973), a população do milho não interferiu na produção total e no teor de proteína bruta na planta. No entanto, Gholve et al.

(1985), verificaram que o aumento da população de 148 mil para 330 mil plantas.ha<sup>-1</sup> e menor espaçamento entre linhas de 45 cm para 20 cm, resultou em aumento significativo da produção. Do mesmo modo, Kaushik e Gautam (1994), encontraram maiores rendimentos com maiores populações.

Mesquita e Pinto (2000), obteve maior rendimento de matéria seca no espaçamento de 0,40 m e o menor rendimento com o espaçamento de 1,20m entre linhas.

Quando se comparam os métodos de semeadura a lanço e em linhas, verifica-se superioridade deste último quanto à produção de massa seca (BURGER; CAMPBELL, 1961).

Uma maior densidade de plantio para a cultura do milheto, pode aumentar a produção de biomassa e de área foliar das cultivares forrageiras, diminuindo as diferenças de potencial produtivo entre os grupos africano e brasileiro. A maior densidade de plantio resulta em maior produção de biomassa por área de terreno, apesar de a produção de matéria seca por cova ser maior sob menor densidade (BATIONO et al., 1990).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local

O experimento foi conduzido na fazenda experimental Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente ao Núcleo de Estações Experimentais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, situada na Linha Guará no município de Marechal Cândido Rondon – PR. A área experimental está situada na latitude 24°31'59,49" S, e longitude 54°01'13,67" W, e com altitude média de 420 metros, cujo solo é um LATOSSOLO VERMELHO eutroférico de textura muito argilosa (EMBRAPA, 1999).

O clima da região é classificado como mesotérmico úmido, com abundantes chuvas de verão e no inverno, com índice médio de precipitação de 1500 mm, temperatura média anual é de 21,5 °C e com umidade relativa do ar em torno de 80% (KOEPPEN; LONG, 1958). Os valores de precipitação pluviométrica e temperatura média que ocorreram durante o período da condução do experimento são apresentados nas Figuras 1 e 2.

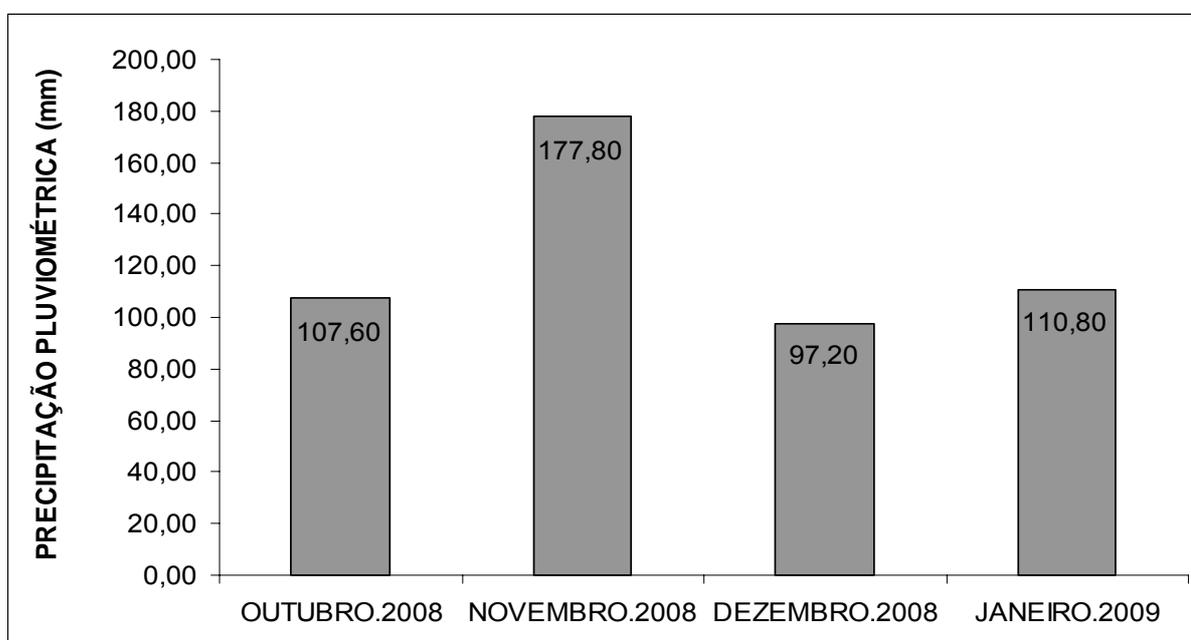


Figura 1: Precipitação pluviométrica durante o período do experimento na fazenda experimental (UNIOESTE - Marechal Cândido Rondon - PR, 2008).

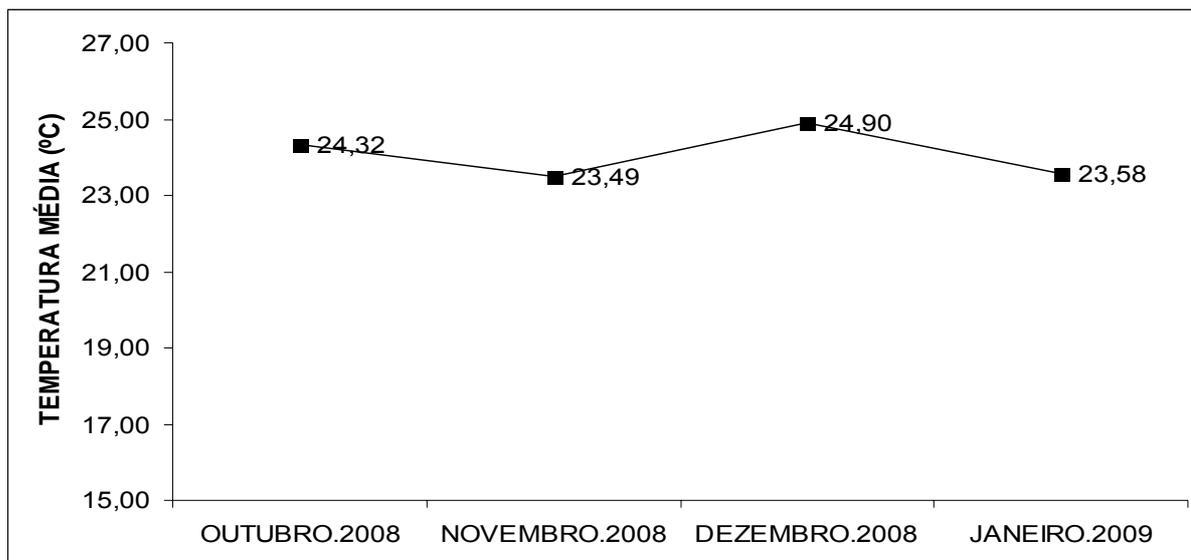
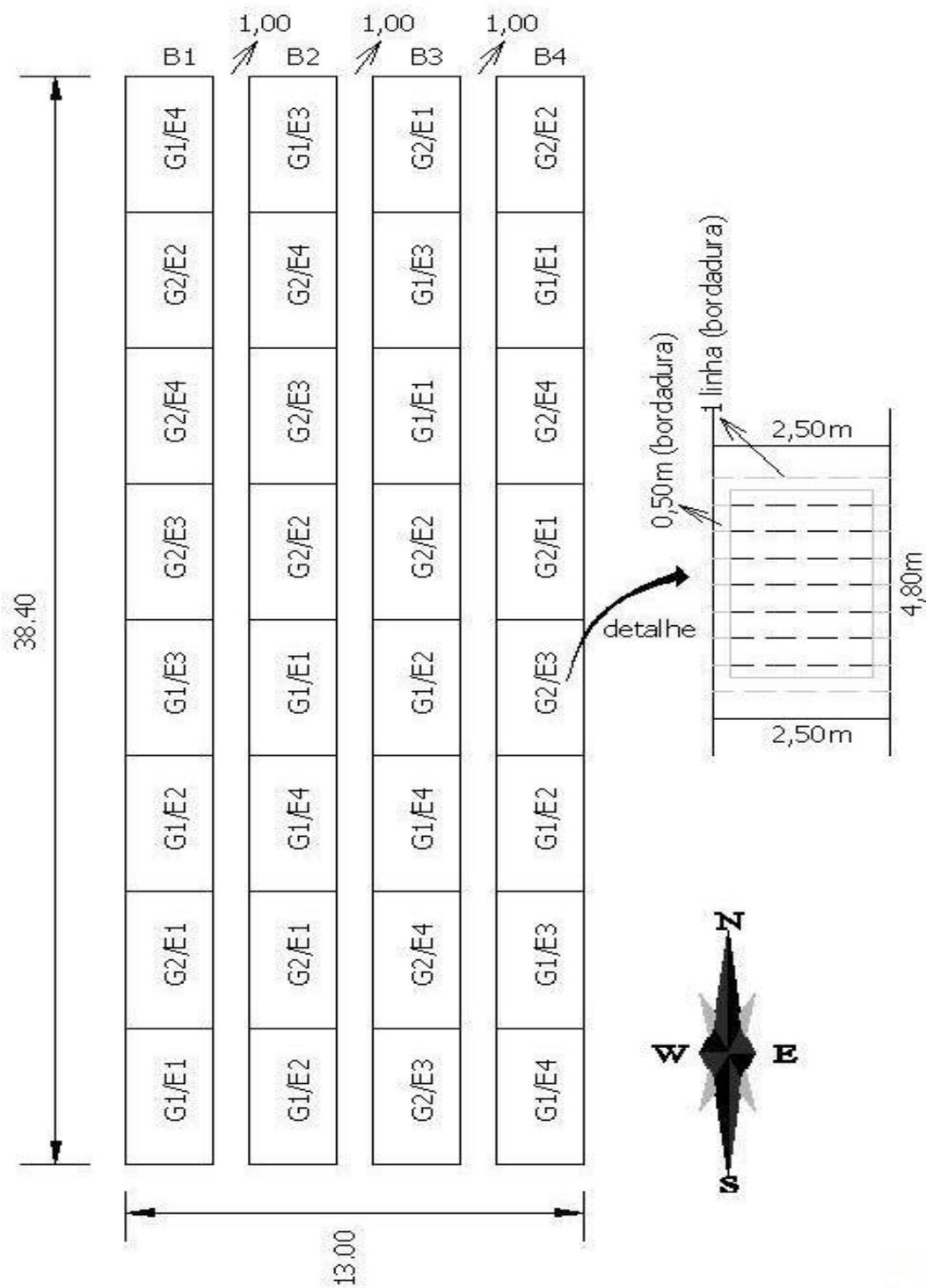


Figura 2: Temperatura média durante o período do experimento na fazenda experimental (UNIOESTE - Marechal Cândido Rondon - PR, 2008).

### 3.2 Delineamento Experimental e Tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x4, com quatro repetições, totalizando 8 tratamentos. Os tratamentos foram compostos por dois genótipos (Comum e IPA-BULK 1), conduzidos em quatro espaçamentos (20, 40, 60 e 80 cm entre linhas), em parcelas de 12 m<sup>2</sup>.

Cada parcela experimental teve 2,5 m de largura por 4,8 m de comprimento. O número de linhas na parcela variou de acordo com o espaçamento adotado, sendo que no espaçamento de 20 cm, a parcela foi constituída por 23 linhas, no espaçamento de 40 cm, 12 linhas, no espaçamento de 60 cm 8 linhas e no espaçamento de 80 cm, 6 linhas. Foram consideradas como bordaduras, as linhas externas de cada parcela e 0,5 m da extremidade da parcela. O espaçamento entre os blocos foi de 1,0 m. O croqui do experimento está representado na Figura 3.



G1=Comum, G2=IPA-BULK 1  
 E1=20cm entre linhas, E2= 40cm, E3=60cm, E4=80cm  
 B1=bloco 1, B2=bloco 2, B3=bloco 3 e B4=bloco 4

Figura 3: Croqui do experimento

Os genótipos de milho pérola utilizados foram os cultivares 'Comum' e 'IPA-BULK 1', sendo estes os mais cultivados na região, devido a facilidade de aquisição. Segundo Netto (1998), o cultivar Comum apresenta porte médio (1,00 a 1,60 m), desenvolvimento desuniforme e panículas de tamanho variado (12 a 25 cm), sendo utilizado basicamente para cobertura do solo em áreas de plantio direto. Esse genótipo apresenta média de 13,90% de proteína bruta e 60,18% de digestibilidade *in vitro*. Já o cultivar IPA-BULK 1 apresenta porte um pouco mais elevado, variando de 1,80 a 2,33 m (LIRA, 1983), com aptidão para produção de forragem (TABOSA et al., 1999).

Esses genótipos caracterizam-se por apresentar adaptação às condições de solos com baixa fertilidade natural, ciclo médio, da emergência ao florescimento, de 60 dias no plantio "das águas" e de 51 dias no plantio "da seca" (COSTA et al., 2002), sendo considerados de ciclo curto segundo Norman, Pearson e Searle, (1995).

### 3.3 Instalação do Experimento

No dia 25 de setembro de 2008, foi efetuada uma amostragem do solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade (Tabela 2), porém não foram realizadas calagem e adubação.

Para todos os tratamentos utilizou-se a mesma densidade de semeadura (25 Kg ha<sup>-1</sup> de sementes). No entanto, tendo em vista que as sementes do cultivar Comum apresentavam 60% de germinação e as sementes do cultivar IPA-BULK 1 apresentavam 70% de germinação, foi necessário utilizar 41,66 Kg ha<sup>-1</sup> de sementes do cultivar Comum e 35,71 Kg ha<sup>-1</sup> de sementes do cultivar IPA-BULK 1, considerando 95% de germinação. Em função do espaçamento adotado, foi calculada a quantidade de sementes a ser utilizada em cada linha. As sementes foram pesadas em balança de precisão e armazenadas em saco plástico identificado com o espaçamento e o genótipo específico.

A implantação do experimento ocorreu, no dia 10 de outubro de 2008 com a abertura dos sulcos de semeadura, com a ajuda de um sulcador tipo rastel nos espaçamentos de cada parcela, numa profundidade de 3 cm, e após a semeadura foram fechados e compactados para otimizar o contato das sementes com o solo e

garantir uma boa germinação. A semeadura foi realizada manualmente. Devido às boas condições de umidade do solo, não foi necessário efetuar irrigação por ocasião da semeadura.

Tabela 2: Características químicas do solo onde foi realizado o experimento (UNIOESTE - Marechal Cândido Rondon - PR, 2008)

| <i>Elementos</i>     | <i>Unidades</i>                     | <i>Resultados</i> |
|----------------------|-------------------------------------|-------------------|
| <b>Macros</b>        |                                     |                   |
| P *                  | mg.dm <sup>-3</sup>                 | <b>42,86</b>      |
| M.O                  | g.dm <sup>-3</sup>                  | <b>28,71</b>      |
| pH **                | -                                   | <b>5,03</b>       |
| H <sup>+</sup> +Al   | cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> | <b>4,99</b>       |
| Al <sup>3+</sup> *** | cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> | <b>0,20</b>       |
| K *                  | cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> | <b>0,26</b>       |
| Ca <sup>2+</sup> *** | cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> | <b>5,46</b>       |
| Mg <sup>2+</sup> *** | cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> | <b>2,22</b>       |
| SB                   | cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> | <b>7,94</b>       |
| CTC                  | cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> | <b>12,93</b>      |
| V <sub>1</sub>       | %                                   | <b>61,41</b>      |
| Al                   | %                                   | <b>2,46</b>       |

\* Extrator Mehlich

\*\* CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>

\*\*\* KCl 1 mol L<sup>-1</sup>

Não foi necessário utilizar medidas para controle de pragas e doenças e também não houve a necessidade de controle de plantas daninhas. Após o florescimento, em cada parcela, foi feita uma proteção das panículas, visando proteger estas contra o ataque de pássaros (Figura 4).



Figura 4: Vista parcial do experimento na fase de enchimento do grão. Em detalhe, panícula protegida.

### 3.4 Características Avaliadas

#### 3.4.1 Caracterização dos estádios e das fases fenológicas

Na área central de cada parcela, foi feita a avaliação visual em 10 plantas escolhidas aleatoriamente, para a identificação dos estádios e das fases fenológicas, segundo ICRISAT (1977) (Tabela 1). O estádio foi caracterizado quando 50% das plantas apresentaram a característica daquele estádio. Para a caracterização dos estádios e fases de desenvolvimento, levou-se em consideração apenas o perfilho principal da planta.

Além disso, com os dados de temperatura média diária observados no posto da estação climatológica automática de Marechal Cândido Rondon – PR (código A 820), situada no mesmo local do experimento, determinou-se também, as unidades térmicas (UT) necessárias para iniciar cada estádio e completar cada fase de desenvolvimento. Para isso, utilizou-se a fórmula  $UT = \sum (\text{temperatura média diária} - \text{temperatura base, em } ^\circ\text{C})$ , por dia. Segundo Netto e Durães (2005), a temperatura base para o milho é de 15,5 °C.

#### 3.4.2 Determinação da produção de biomassa

Para determinar-se a produção de biomassa, visando a utilização como forragem e também para silagem, foram coletadas no dia 07 de janeiro de 2009, no estádio de grão pastoso (E8), em uma área central de 1,0 m<sup>2</sup> de cada parcela, uma amostra de toda a parte aérea.

Para determinar-se a produção de biomassa, visando a utilização como forragem e também como palhada para a cobertura do solo no sistema de plantio direto, foram coletadas no dia 17 de janeiro de 2009, após a cultura atingir a maturação fisiológica (estádio E9), em uma área central de 1,0 m<sup>2</sup> de cada parcela, uma amostra de toda a parte aérea.

Em ambos estádios, procedeu-se a pesagem da amostra, obtendo assim, a produtividade de massa verde. E para determinar a massa seca, retirou-se uma sub-amostra do material fresco, pesou-se, e esta foi levada para estufa de circulação de ar a 65 °C por sete dias, até atingir peso constante, e após isto, obteve-se sua massa seca. Esta correspondia à massa verde da sub-amostra, que multiplicada pela massa verde total (área de 1,0 m<sup>2</sup>) e dividida pela massa verde da sub-amostra, forneceu a massa seca da área avaliada (Figura 5). Os resultados foram extrapolados para produção em toneladas por hectare de massa verde e massa seca.

#### 3.4.3. Determinação da produção de grãos

As panículas que não foram protegidas tiveram toda sua produção perdida devido ao ataque de pássaros. Assim, a produtividade de grãos foi estimada, usando como base as panículas “protegidas”. Das panículas protegidas, foi pesado em balança de precisão, separadamente, a produção de grãos e o peso da panícula sem os grãos. Correlacionou-se o peso da produção de grãos pelo peso da panícula, estimando qual foi a produção de grãos nas panículas atacadas pelos pássaros na área de 1,0 m<sup>2</sup>. Os valores foram extrapolados para kg ha<sup>-1</sup>.



**(a)** – coleta e identificação do material de cada parcela; **(b)** – Secagem da amostra colhida de cada parcela em estufa; **(c)** – amostra seca em estufa após período de 7 dias a 65 °C.

Figura 5: Avaliação da massa verde e massa seca no estágio de maturação fisiológica (E9)

#### 3.4.4 Determinação do número e do comprimento de panículas

Por ocasião da maturação fisiológica, na mesma área onde foi determinada a produção de biomassa, também foram determinados, os caracteres número de panículas e o comprimento das mesmas. As panículas foram enfileiradas sobre uma mesa e foram medidas da base ao ápice com uma régua, calculando-se o comprimento médio das panículas para cada parcela.

### 3.5 Análise Estatística

A análise de variância foi feita seguindo o modelo de blocos ao acaso, em esquema fatorial. A análise estatística, incluindo estudo de regressão, foi realizada utilizando o programa SAEG.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Fenologia

Na Tabela 3 é apresentado o resumo do quadro da análise de variância do número de dias para atingir os estádios fenológicos da terceira folha visível (E1), quinta folha visível (E2), folha bandeira visível (E4) e panícula visível (E5), 50% dos estigmas emergidos (E6), grão leitoso (E7), grão pastoso (E8) e maturação fisiológica (E9).

Os resultados obtidos mostram que nas condições deste experimento, tanto o cultivar Comum, como o cultivar IPA-BULK 1 tiveram um comportamento muito semelhante (Tabela 4). De maneira geral, os resultados obtidos neste trabalho apontam que para esta região, independentemente do cultivar (Comum ou IPA-BULK 1) utilizado pelos produtores, espera-se não haver diferença no número de dias para a cultura atingir os estádios fenológicos, e conseqüentemente, completar o seu ciclo.

Na Tabela 5 é apresentado o resumo do quadro da análise de variância da soma das unidades térmicas necessárias para atingir os estádios fenológicos da terceira folha visível (UT1), quinta folha visível (UT2), folha bandeira visível (UT4), panícula visível (UT5), 50% dos estigmas emergidos (UT6), grão leitoso (UT7), grão pastoso (UT8) e maturação fisiológica (UT9).

De acordo com WALDREN (1983), o tempo necessário para atingir determinado estágio fenológico é controlado pela temperatura média diária do ambiente e é característico para a espécie, e dentro da espécie, para as cultivares, sendo determinante para a duração do ciclo da cultura.

Tabela 3: Resumo da análise de variância do número de dias para atingir os estádios fenológicos da terceira folha visível (E1), quinta folha visível (E2), folha bandeira visível (E4) e panícula visível (E5), 50% dos estigmas emergidos (E6), grão leitoso (E7), grão pastoso (E8) e maturação fisiológica (E9), avaliadas em cultivares de milho pérola cultivados em diferentes espaçamentos. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008

| FV                 | Quadrado Médio          |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |
|--------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                    | E1                      | E2                     | E4                     | E5                     | E6                     | E7                     | E8                     | E9                     |
| <b>Bloco</b>       | 0.875000 <sup>ns</sup>  | 4.833333 <sup>ns</sup> | 4.697917*              | 3.031250 <sup>ns</sup> | 3.041667 <sup>ns</sup> | 2.281250 <sup>ns</sup> | 2.364583 <sup>ns</sup> | 2.947917 <sup>ns</sup> |
| <b>Cultivar</b>    | 0.500000 <sup>ns</sup>  | 0.125000 <sup>ns</sup> | 1.531250 <sup>ns</sup> | 2.531250 <sup>ns</sup> | 28.1250**              | 9.031250 <sup>ns</sup> | 9.031250 <sup>ns</sup> | 9.031250 <sup>ns</sup> |
| <b>Espaçamento</b> | 2.208333*               | 14.58333**             | 21.69792**             | 13.03125**             | 10.04167 <sup>ns</sup> | 13.78125 <sup>ns</sup> | 14.69792 <sup>ns</sup> | 14.28125 <sup>ns</sup> |
| <b>Cul x Esp</b>   | 0.4166667 <sup>ns</sup> | 1.041667 <sup>ns</sup> | 7.781250**             | 6.031250*              | 6.375000 <sup>ns</sup> | 7.281250 <sup>ns</sup> | 10.94792 <sup>ns</sup> | 8.114583 <sup>ns</sup> |
| <b>Resíduo</b>     | 0.5654762               | 1.738095               | 1.507440               | 1.816964               | 4.255952               | 5.614583               | 6.150298               | 5.305060               |
| <b>CV %</b>        | 11.913                  | 7.4274                 | 2.8286                 | 2.5907                 | 3.1287                 | 3.2445                 | 3.0558                 | 2.5512                 |

<sup>ns</sup> não significativo pelo teste F; \* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4: Média de dias para atingir os estádios fenológicos da terceira folha visível (E1), quinta folha visível (E2), 50% dos estigmas emergidos (E6), grão leitoso (E7), grão pastoso (E8) e maturação fisiológica (E9), em função dos dois cultivares de milho pérola. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008

| Genótipo     | E1           | E2           | E6           | E7           | E8           | E9           |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Comum        | 6,19 a       | 17,69 a      | 65,00 b      | 72,5 a       | 80,62 a      | 89,75 a      |
| IPA-BULK 1   | 6,44 a       | 17,81 a      | 66,88 a      | 73,56 a      | 81,69 a      | 90,81 a      |
| <b>Média</b> | <b>6,31</b>  | <b>17,75</b> | <b>65,94</b> | <b>73,03</b> | <b>81,16</b> | <b>90,28</b> |
| <b>CV %</b>  | <b>11,91</b> | <b>7,43</b>  | <b>3,13</b>  | <b>3,24</b>  | <b>3,06</b>  | <b>2,55</b>  |

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 5: Resumo da análise de variância da soma das unidades térmicas necessárias para atingir os estádios fenológicos da terceira folha visível (UT1), quinta folha visível (UT2), bandeira visível (UT4) e panícula visível (UT5), 50% dos estigmas emergidos (UT6), grão leitoso (UT7), grão pastoso (UT8) e maturação fisiológica (UT9), avaliadas em dois cultivares de milho pérola cultivados em diferentes espaçamentos. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008

| FV                 | Quadrado Médio         |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |
|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                    | UT1                    | UT2                    | UT4                    | UT5                    | UT6                    | UT7                    | UT8                    | UT9                    |
| <b>Bloco</b>       | 88.80281 <sup>ns</sup> | 241.5870 <sup>ns</sup> | 470.5442 <sup>*</sup>  | 435.8361 <sup>ns</sup> | 308.3621 <sup>ns</sup> | 771.5686 <sup>ns</sup> | 133.7933 <sup>ns</sup> | 235.8908 <sup>ns</sup> |
| <b>Cultivar</b>    | 61.32781 <sup>ns</sup> | 29.07031 <sup>ns</sup> | 190.1250 <sup>ns</sup> | 207.5703 <sup>ns</sup> | 4122.320 <sup>**</sup> | 5338.028 <sup>**</sup> | 1604.611 <sup>*</sup>  | 3003.125 <sup>**</sup> |
| <b>Espaçamento</b> | 211.6520 <sup>*</sup>  | 862.1545 <sup>**</sup> | 2579.087 <sup>**</sup> | 1370.105 <sup>**</sup> | 1445.084 <sup>*</sup>  | 1655.977 <sup>*</sup>  | 570.1308 <sup>ns</sup> | 1054.831 <sup>*</sup>  |
| <b>Cul x Esp</b>   | 42.40948 <sup>ns</sup> | 85.50531 <sup>ns</sup> | 601.7858 <sup>*</sup>  | 352.2070 <sup>ns</sup> | 442.7208 <sup>ns</sup> | 158.1511 <sup>ns</sup> | 250.7038 <sup>ns</sup> | 295.9425 <sup>ns</sup> |
| <b>Resíduo</b>     | 52.47710               | 88.47317               | 143.7249               | 184.3483               | 412.1209               | 468.0910               | 206.7831               | 332.9506               |
| <b>CV %</b>        | 14.621                 | 5.8130                 | 3.3058                 | 3.1357                 | 3.6294                 | 3.3938                 | 2.0063                 | 2.2941                 |

<sup>ns</sup> não significativo pelo teste F; <sup>\*</sup> significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; <sup>\*\*</sup> significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 6: Média da soma das unidades térmicas necessárias para atingir os estádios fenológicos da terceira folha visível (UT1), quinta folha visível (UT2), folha bandeira visível (UT4) e panícula visível (UT5), em função dos dois cultivares de milho pérola. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008

| Genótipo     | UT1          | UT2           | UT5           | UT6           | UT7           | UT8           | UT9           |
|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Comum        | 48,16 a      | 160,86 a      | 430,45 a      | 547,99 b      | 624,59 b      | 709,67 b      | 785,71 b      |
| IPA-BULK 1   | 50,93 a      | 162,76 a      | 435,54 a      | 570,69 a      | 650,42 a      | 723,83 a      | 805,09 a      |
| <b>Média</b> | <b>49,55</b> | <b>161,81</b> | <b>433,00</b> | <b>559,34</b> | <b>637,50</b> | <b>716,75</b> | <b>795,40</b> |
| <b>CV %</b>  | <b>14,62</b> | <b>5,81</b>   | <b>3,14</b>   | <b>3,63</b>   | <b>3,39</b>   | <b>2,01</b>   | <b>2,29</b>   |

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

#### 4.1.1 Estádio E1 – Terceira folha visível

Observa-se na Tabela 4, que para atingir o estágio E1, em média foram necessários 6,31 dias após a emergência (DAE) e 49,55 unidades térmicas (UTs) (Tabela 6). Resultados semelhantes foram observados por Costa (2003) que avaliando oito genótipos de milho pérola, no espaçamento de 0,50 m entre linhas, observou que foram necessários 5,25 DAE em média para atingir este estágio. Segundo o ICRISAT (1977) este estágio ocorre normalmente 3 a 7 DAE. Costa et al (2005) avaliando 5 genótipos de milho pérola, porém utilizando como temperatura base 10 °C (NORMAN; PEARSON; SEARLE, 1995), observou a necessidade média de 87,2 UTs para atingir o estágio E1.

Em relação ao efeito do espaçamento, houve diferença significativa no número de dias necessários para atingir o estágio E1 (Tabela 3) e também na quantidade de unidades térmicas necessárias para atingir este estágio (Tabela 5).

Na Figura 6a observa-se que o número de dias aumentou de forma linear em função do aumento do espaçamento entre linhas. O mesmo comportamento também foi observado para a quantidade de unidades térmicas (Figura 6b). Os valores encontrados para atingir o estágio E1 foram de 5,75 DAE e 44,23 UTs para o espaçamento de 0,20 m e de 6,88 DAE e 55,27 UTs para o espaçamento de 0,80 m. Esse comportamento pode ser atribuído ao fato de ocorrer uma maior competição por água, nutrientes e luz na linha de semeadura em espaçamento maior, uma vez que a densidade de semeadura utilizada foi a mesma para todos os espaçamentos.

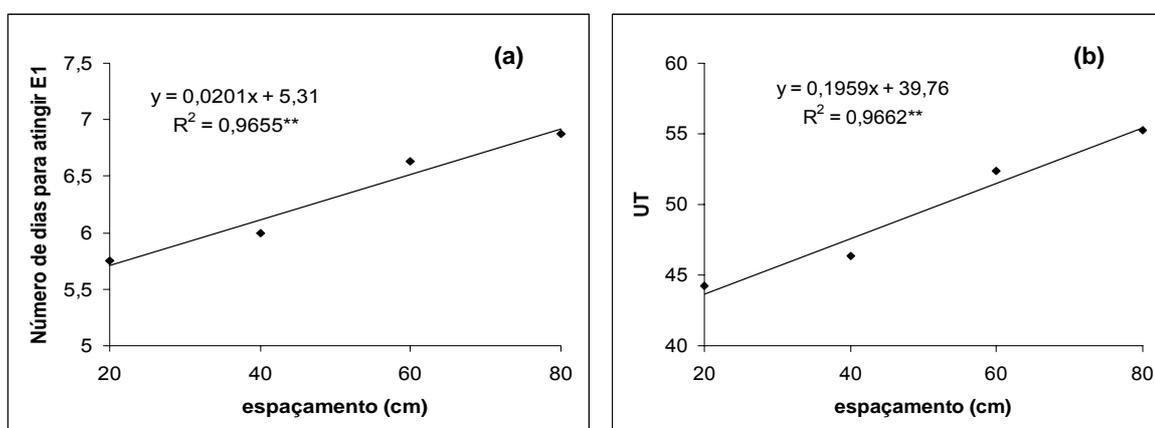


Figura 6: Número de dias (a) e quantidade de unidades térmicas (b) necessárias para atingir o estágio fenológico da terceira folha visível (E1) em função dos diferentes espaçamentos na cultura do milho. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008.

#### 4.1.2 Estádio E2 – Quinta folha visível

Em média foram necessários 17,75 DAE para atingir o estágio E2 (Tabela 4) e 161,81 UTs (Tabela 6). Estes resultados são superiores ao encontrado por Costa (2003), que observou a necessidade de 10,5 dias em média para atingir este estágio. Geralmente este estágio ocorre entre 7 e 14 dias após a emergência (ICRISAT, 1977). Para as unidades térmicas, resultados semelhantes foram registrados por Costa et al. (2005) com 157,8 UTs para atingir o estágio E2.

Em relação ao efeito do espaçamento, houve diferença significativa no número de dias necessários para atingir este estágio (Tabela 3). Na Figura 7a observa-se que o número de dias aumentou de forma linear em função do aumento do espaçamento entre linhas. O mesmo comportamento também foi observado em relação a quantidade de unidades térmicas (Figura 7b). Os valores encontrados foram de 16,38 DAE e 151,03 UTs para o espaçamento de 0,20 m e de 19,25 DAE e 173,52 UTs para o espaçamento de 0,80 m. Da mesma forma, como dito anteriormente, esse comportamento pode ser atribuído pelo fato de ocorrer uma maior competição por água, nutrientes e luz na linha de semeadura em espaçamento maior, retardando assim, o desenvolvimento da planta.

A partir de E2, os genótipos começaram a iniciar o perfilhamento, pois o milho precisa de 200 UT (NORMAN; PEARSON; SEARLE, 1995), e aproximadamente 12 dias após a emergência para iniciar o perfilhamento (MAITI; BINDER, 1981).

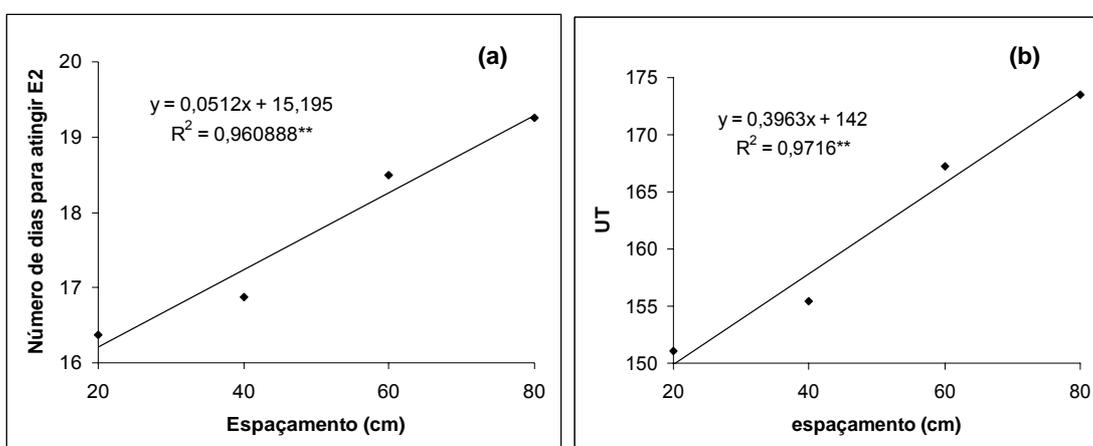


Figura 7: Número de dias (a) e quantidade de unidades térmicas (b) necessárias para atingir o estágio fenológico da quinta folha visível (E2) em função dos diferentes espaçamentos na cultura do milho. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008.

#### 4.1.3 Estádio E4 – Folha bandeira visível

Para atingir o estágio E4, observou-se uma interação significativa entre os fatores cultivar e espaçamento, tanto para o número de dias, quanto para as unidades térmicas (Tabela 3 e Tabela 5). A Figura 8 ilustra esse comportamento. Para o cultivar 1 (Comum) observou-se uma resposta linear, ocorrendo um aumento no número de dias para atingir esse estágio conforme aumenta-se o espaçamento entre as linhas da cultura, sendo necessários 41,75 DAE (Figura 8a) e 344,12 UTs (Figura 8b) para o espaçamento de 0,20 m e 46,75 DAE (Figura 8a) e 395,75 UTs (Figura 8b) para o espaçamento de 0,80 m. Em relação ao cultivar 2 (IPA-BULK 1) observa-se uma resposta linear semelhante a cultivar 1, também ocorrendo um aumento no número de dias, e conseqüentemente das unidades térmicas, para atingir esse estágio conforme aumenta-se o espaçamento entre as linhas da cultura, porém com menor variação que a cultivar 1, sendo necessários 43,25 DAE e 346,85 UTs para o espaçamento de 0,40 m, e 44,5 DAE e 379,85 UTs no espaçamento de 0,80 m. Costa (2003) obteve como média em oito genótipos avaliados 38,62 dias para atingir este estágio fenológico, porém avaliados apenas no espaçamento de 0,50 m. ICRISAT (1977) menciona que a ocorrência do estágio E4 da-se entre 21 e 28 dias após a emergência da cultura. Avaliando a soma das UTs, Costa et al. (2005) utilizando como temperatura base 10°C descrito por Norman, Pearson e Searle (1995), 702,60 UTs para atingir este estágio.

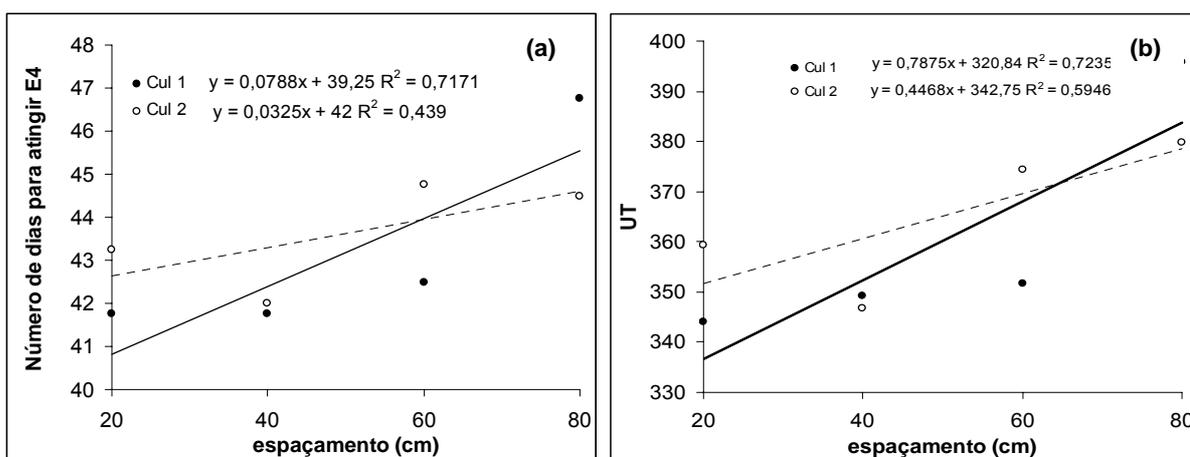


Figura 8: Número de dias (a) e quantidade de unidades térmicas (b) necessárias para atingir o estágio fenológico da folha bandeira visível (E4) em função dos diferentes espaçamentos na cultura do milho. Cv 1: Comum; Cv 2: IPA-BULK 1. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008

#### 4.1.4 Estádio E5 – Panícula visível

Observou-se uma interação significativa entre os fatores cultivar e espaçamento para o número de dias necessários para atingir o estágio fenológico da panícula visível (E5) (Tabela 3). A Figura 9a ilustra esse comportamento.

Para o cultivar 1 (Comum), observou-se uma resposta linear, ocorrendo um aumento no número de dias para atingir esse estágio conforme aumenta-se o espaçamento entre as linhas da cultura, sendo o menor número de dias (50,5) obtido no espaçamento de 0,20 m, e o maior número de dias (54,75) obtido no espaçamento de 0,80 m. Para o cultivar 2 (IPA-BULK 1) observou-se uma resposta linear semelhante a cultivar 1, também ocorrendo um aumento no número de dias para atingir esse estágio conforme aumenta-se o espaçamento entre as linhas da cultura, sendo o menor número de dias (51,5) obtido no espaçamento de 0,20 m, e o maior número de dias (53,00) obtido no espaçamento de 0,60 m. Resultados menores que estes foram encontrados por Costa (2003), que obteve como média em oito genótipos no espaçamento de 0,50 m, 43,37 dias para atingir este estágio fenológico, sendo que seu menor resultado foi 41 dias e o maior foi 47 dias. ICRISAT (1977) apresenta como referência o valor de 28 a 35 dias para atingir este estágio, porém atenta que esses valores são variáveis em função das condições ambientais, locais e variedades. Costa (2003) apresentou resultados semelhantes, pois obteve média de 51,4 dias para atingir este estágio fenológico para 5 genótipos avaliados em espaçamento de 0,50 m durante a época das águas (janeiro de 2002).

Em relação a quantidade de unidades térmicas, observou diferença significativa entre os espaçamentos (Tabela 5). Observa-se na Figura 9b que a quantidade de unidades térmicas aumentou de forma linear em função do aumento do espaçamento entre linhas, seguindo a mesma tendência do número de dias para este estágio. A soma das unidades térmicas obtida foi de 421,65 para o espaçamento de 0,20 m e 451,16 para o espaçamento de 0,80 m. Resultados maiores que estes foram encontrados por Costa et al. (2005), observando a necessidade de 797,60 UTs para atingir este mesmo estágio.

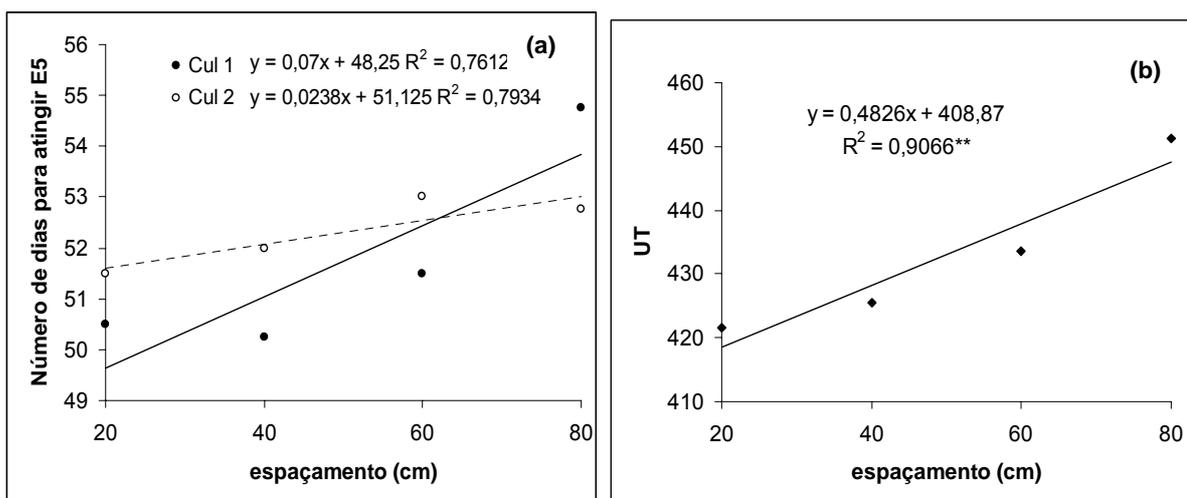


Figura 9: Número de dias (a) e quantidade de unidades térmicas (b) necessárias para atingir o estágio fenológico panícula visível (E5) em função dos diferentes espaçamentos na cultura do milho. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008.

#### 4.1.5 Estádio E6 – 50% dos estigmas emergidos

Para este estágio, observou-se que entre os cultivares (Comum e IPA-BULK 1), houve diferença significativa, tanto no que diz respeito ao número de dias (Tabela 3), quanto a quantidade de unidades térmicas (Tabela 5). O cultivar Comum atingiu este estágio, em média, aos 65 DAE (Tabela 4) necessitando de 547,99 UTs (Tabela 6) enquanto que o cultivar IPA BULK 1 atingiu este estágio aos 66,88 DAE, necessitando de 570,69 UTs.

Costa (2003) ao avaliar os estádios fenológicos em genótipos de milho verificou que foram necessários em média 57,42 dias para atingir o estágio E6. Além das diferenças varietais, o trabalho de Costa (2003) foi realizado na latitude 22°45'S, iniciando no mês de janeiro de 2002 com um fotoperíodo de 13,4 horas e depois decrescendo com o passar dos meses. O contrário ocorreu neste experimento, onde o início se deu em outubro de 2008, com um fotoperíodo inicial de 12,7 horas, e aumentando para os meses seguintes. Sabendo da influência fotoperiódica incidente sobre as plantas, pode-se supor um desenvolvimento mais lento inicialmente devido ao menor fotoperíodo no primeiro mês do experimento, que pode ter sido refletido num aumento nos dias para os estádios fenológicos seguintes (NORMAN; PEARSON; SEARLE, 1995). Kichel e Miranda (2000) relata que quanto mais tardia

for feita a semeadura, menor será seu rendimento, devido a influencia do fotoperíodo, acelerando as mudanças das fases fenológicas e diminuindo o número de dias que a planta levará da germinação ao florescimento. O inverso também é valido, podendo então um plantio antecipado tornar os estádios fenológicos mais longos.

Para o efeito do espaçamento sobre a quantidade de unidades térmicas necessárias para atingir este estágio, observou-se diferença significativa (Tabela 5). Na Figura 10 observa-se que a quantidade de unidades térmicas aumentou de forma linear em função do aumento do espaçamento entre linhas. A soma das unidades térmicas obtida foi de 542,98 para o espaçamento de 0,20m e 574,16 para o espaçamento de 0,80 m. Costa et al. (2005) relatou que este estágio necessitou de 909,00 UTs para que fosse atingido. Do estágio E4 ao E6 é que se determina a fase de floração da cultura do milho (MAITI; BIDERGER, 1981) e segundo estes autores esse estágio pode levar de 20 a 38 dias após o plantio para ser atingido.

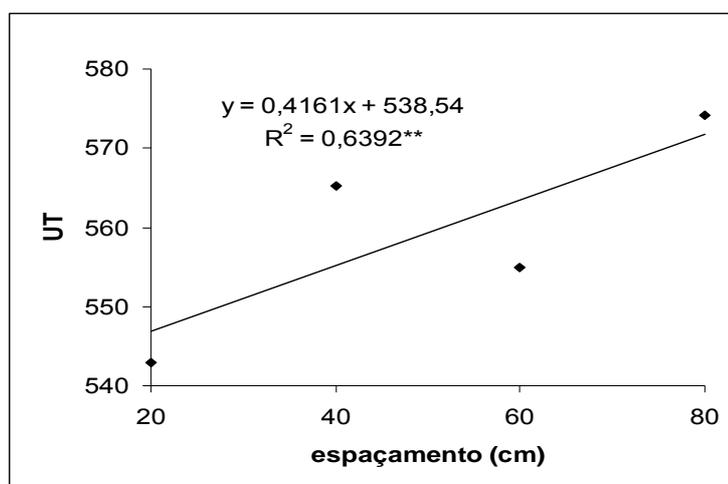


Figura 10: Quantidade de unidades térmicas necessárias para atingir o estágio fenológico 50% dos estigmas emergidos (E6) em função dos diferentes espaçamentos na cultura do milho. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008.

#### 4.1.6 Estádio E7 – Grão leitoso

Não houve diferença significativa entre cultivares e espaçamentos para o número de dias necessários para atingir o estágio E7 (Tabela 3). Em média foram necessários 73,03 DAE para atingir este estágio (Tabela 4). Estes resultados são

superiores ao encontrado por Costa (2003), que observou a necessidade de 64,2 dias em média para atingir este estágio durante a época das águas. Geralmente este estágio ocorre entre 42 e 49 dias após a emergência (ICRISAT, 1977).

Em relação às unidades térmicas necessárias para atingir este estágio, observou-se que houve diferença significativa para cultivar e espaçamento (Tabela 5). O cultivar Comum necessitou de 624,59 UTs para atingir este estágio, enquanto que o cultivar IPA BULK 1 necessitou de 650,42 UTs (Tabela 6). Estes resultados são inferiores aos observados por Costa et al. (2005), que necessitou de 1.018 unidades térmicas para atingir este estágio.

Para o efeito do espaçamento observa-se na Figura 11 que a quantidade de unidades térmicas aumentou de forma linear em função do aumento do espaçamento entre linhas. A soma das unidades térmicas obtida foi de 618,9 para o espaçamento de 0,20m e 652,58 para o espaçamento de 0,80 m.

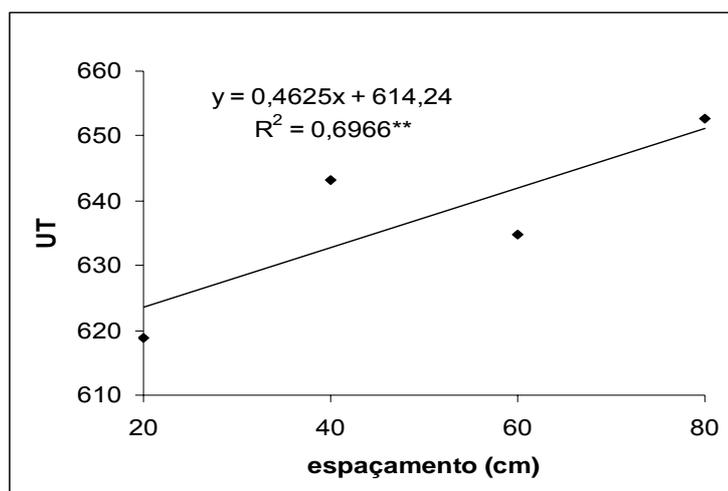


Figura 11: Quantidade de unidades térmicas necessárias para atingir o estágio fenológico grão leitoso (E7) em função dos diferentes espaçamentos na cultura do milho. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008.

#### 4.1.7 Estádio E8 – Grão pastoso

Não houve diferença significativa entre cultivares e espaçamentos para o número de dias necessários para atingir o estágio E8 (Tabela 3). Em média foram necessários 81,16 DAE para atingir este estágio (Tabela 4). Estes resultados são superiores ao encontrado por Costa (2003), que observou a necessidade de 71,9

dias em média para atingir este estágio durante o período das águas. Geralmente este estágio ocorre entre 49 e 56 dias após a emergência (ICRISAT, 1977).

Em relação às unidades térmicas, observou-se que houve diferença significativa somente para o efeito cultivar (Tabela 5). O cultivar Comum necessitou uma menor quantidade de unidades térmicas (709,67) para atingir esse estágio, enquanto que o cultivar IPA-BULK 1 necessitou de 723,83 UTs (Tabela 6).

Costa et al. (2005) observaram que para alcançar esse estágio foram necessários 1.139 UTs, valor este superior ao necessário encontrado neste trabalho.

#### 4.1.8 Estádio E9 – Maturação fisiológica

Não houve diferença significativa entre cultivares e espaçamentos para o número de dias necessários para atingir o estágio E9 (Tabela 3). Em média foram necessários 90,28 DAE para atingir este estágio (Tabela 4). Estes resultados são superiores ao encontrado por Costa (2003), que observou a necessidade de 80,4 dias em média para atingir este estágio durante a época das águas. Geralmente este estágio ocorre entre 56 e 63 dias após a emergência (ICRISAT, 1977).

Em relação às unidades térmicas, observou-se que houve diferença significativa para cultivar e espaçamento (Tabela 5). O cultivar Comum necessitou uma menor quantidade de unidades térmicas (785,71) para atingir esse estágio, enquanto que o cultivar IPA-BULK 1 necessitou de 805,09 UTs (Tabela 6).

Valores maiores foram encontrados por Costa et al. (2005) ao atingir esse estágio, com 1.271,60 UTs.

Observa-se na Figura 12 que a quantidade de unidades térmicas aumentou de forma linear em função do aumento do espaçamento entre linhas. A soma das unidades térmicas obtidas foi de 782,95 para o espaçamento de 0,20 m e 810,2 para o espaçamento de 0,80 m.

Costa et al. (2005) utilizaram em todo seu experimento temperatura base de 10°C citada por Norman, Pearson e Searle (1995), e obtiveram ao final do experimento um acúmulo médio de 15,82 unidades térmicas diárias, sendo que nesse trabalho a temperatura base utilizada (15,5°C) citada por Netto e Durães (2005) tornou o acúmulo diário de unidades térmicas menor (8,81). Assim, os

valores diferentes encontrados em outros trabalhos para o acúmulo diário de UTs, dá-se ao emprego de diferentes metodologias em diferentes épocas de pesquisa.

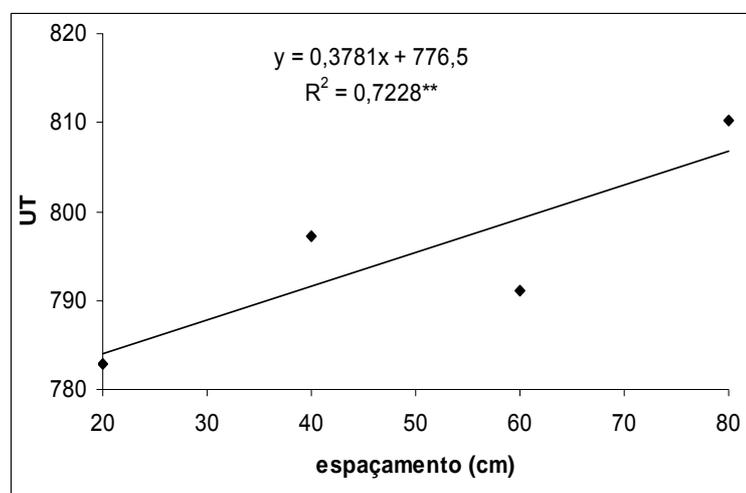


Figura 12: Quantidade de unidades térmicas necessárias para atingir o estágio fenológico de maturação fisiológica (E9), em função dos diferentes espaçamentos na cultura do milho. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008.

#### 4.2 Produção de Biomassa e de Grãos

Na Tabela 7 é apresentado o resumo do quadro da análise de variância para as características: massa verde no estágio de grão pastoso (MVP), massa seca no estágio de grão pastoso (MSP), massa verde no estágio de maturação fisiológica (MVF), massa seca no estágio de maturação fisiológica (MSF), produção de grãos (PG), comprimento médio de panículas (CPA) e número de panículas (NPA). Observa-se que entre os cultivares (Comum e IPA-BULK 1), não houve diferença significativa para todas as características avaliadas. Por outro lado, houve diferença significativa entre o espaçamento (20, 40, 60 e 80 cm entre linhas) para todas as características. Observou-se interação significativa entre cultivar e espaçamento, apenas para as características MSF e PG.

Observa-se que nas condições deste experimento, tanto o cultivar Comum, como o cultivar IPA-BULK 1 tiveram um comportamento muito semelhante, para todas as características avaliadas (Tabela 8). Os resultados obtidos neste trabalho apontam que para esta região, independentemente do cultivar (Comum ou IPA-BULK 1) utilizado pelos produtores, espera-se não haver diferença na produção, seja de biomassa ou de grãos.

Tabela 7: Resumo da análise de variância da massa verde e massa seca no estágio de grão pastoso (MVP e MSP), massa verde e massa seca no estágio de maturação fisiológica (MVF e MSF), comprimento médio das panículas (CPA), produção de grãos (PG), e número de panículas (NPA), avaliadas em dois genótipos de milho pérola em diferentes espaçamentos. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008.

| FV          | Quadrado Médio         |                        |                        |                        |                         |                        |                        |
|-------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
|             | MVP                    | MSP                    | MVF                    | MSF                    | CPA                     | PG                     | NPA                    |
| Bloco       | 129.5221 <sup>ns</sup> | 3.599386 <sup>ns</sup> | 44.69865 <sup>ns</sup> | 3.832270 <sup>ns</sup> | 0.1158333 <sup>ns</sup> | 216862.1 <sup>ns</sup> | 1692.688 <sup>ns</sup> |
| Cultivar    | 8.201250 <sup>ns</sup> | 2.263128 <sup>ns</sup> | 8.715313 <sup>ns</sup> | 4.082653 <sup>ns</sup> | 0.7812500 <sup>ns</sup> | 93.59644 <sup>ns</sup> | 4974.283 <sup>ns</sup> |
| Espaçamento | 577.2137**             | 98.07026**             | 837.1695**             | 121.4533**             | 6.562500**              | 1437275.**             | 73330.38**             |
| Cul x Esp   | 94.20375 <sup>ns</sup> | 7.281578 <sup>ns</sup> | 137.9486 <sup>ns</sup> | 23.20744**             | 1.773750 <sup>ns</sup>  | 1079165.**             | 2604.144 <sup>ns</sup> |
| Resíduo     | 49.81280               | 4.578732               | 51.23198               | 4.577444               | 0.7703571               | 121207.5               | 1428.432               |
| CV %        | 17.675                 | 16.634                 | 16.401                 | 14.539                 | 4.2529                  | 29.228                 | 19.807                 |

<sup>ns</sup> não significativo pelo teste F; \* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 8: Média da massa verde e massa seca no estágio de grão pastoso (MVP e MSP), massa verde e massa seca no estágio de maturação fisiológica (MVF e MSF), tamanho médio das panículas (CPA), produção de grãos (PG) e número de panículas (NPA), em dois genótipos de milho pérola. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008.

| Genótipo   | MVP (t ha <sup>-1</sup> ) | MSP (t ha <sup>-1</sup> ) | MVF (t ha <sup>-1</sup> ) | MSF (t ha <sup>-1</sup> ) | CPA (cm) | PG (Kg ha <sup>-1</sup> ) | NPA (m <sup>2</sup> ) |
|------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------|---------------------------|-----------------------|
| Comum      | 39,42                     | 12,60                     | 44,16                     | 15,07                     | 20,48    | 1.189,43                  | 203,28                |
| IPA-BULK 1 | 40,44                     | 13,13                     | 43,12                     | 14,36                     | 20,80    | 1.192,85                  | 178,34                |
| Média      | 39,93                     | 12,86                     | 43,64                     | 14,71                     | 20,64    | 1.191,14                  | 190,81                |
| CV %       | 17,67                     | 16,63                     | 16,40                     | 14,54                     | 4,25     | 29,23                     | 19,81                 |

Não foram verificadas diferenças estatísticas entre as médias para os genótipos de milho pérola pelo teste F.

#### 4.2.1 Massa verde no estágio de grão pastoso

Em relação ao efeito do espaçamento na produção de massa verde no estágio pastoso (MVP), observa-se na Figura 13, que a produção de MVP decresceu de forma linear em função do aumento do espaçamento entre linhas da cultura. Os valores encontrados foram de 50,84 t ha<sup>-1</sup> para o espaçamento de 0,20 m e de 32,43 t ha<sup>-1</sup> para o espaçamento de 0,80 m.

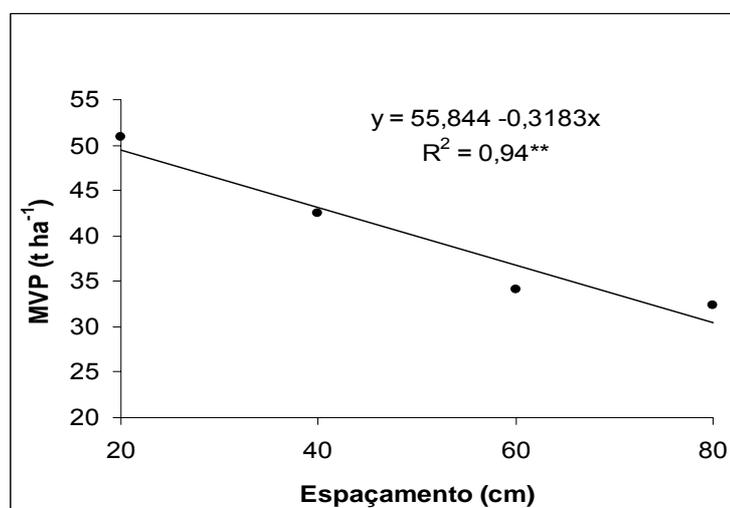


Figura 13: Produção de massa verde no estágio de grão pastoso (MVP) de genótipos de milho, em função do espaçamento entre linhas. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008.

Silva et al. (2004) também obtiveram a maior produção de massa verde no espaçamento de 0,20 m e tiveram a produção reduzida de acordo com o aumento do espaçamento entre as linhas da cultura. Isto também foi observado por Pereira Filho et al. (2003) que obtiveram a maior produção de massa verde no espaçamento de 0,15 m, sendo que em espaçamentos maiores a produção declinou. O aumento do espaçamento entre linhas e a mesma densidade de semeadura faz com que as plantas fiquem muito próximas umas das outras dentro da linha de semeadura, aumentando assim a competição por água, luz e nutrientes entre as plantas na linha de semeadura, o que provavelmente contribui para a redução da produção de biomassa. Devido a este comportamento, Netto (1998) e Pereira Filho et al. (2003) mencionam que quando a cultura do milho for cultivada objetivando a produção de forragem, o espaçamento entre linhas deve ficar em torno de 30 a 40 cm, onde nestas condições obtém-se maiores rendimentos de biomassa. Salton, Pitol e Erbes

(1993) afirmam que para este fim o espaçamento entre linhas deverá ser de 15 a 35cm.

Observa-se na Figura 13 que os maiores rendimentos foram obtidos a medida que o espaçamento entre linhas diminui.

Além do espaçamento entre linhas, para Bonamigo (1993) a produção de biomassa também é dependente do fotoperíodo e da disponibilidade de umidade, sendo que o milheto é capaz de produzir de 20 a 70 t ha<sup>-1</sup> de massa verde. Independentemente do espaçamento utilizado, o resultado obtido neste trabalho, está de acordo com a capacidade produtiva da cultura, mencionada por Bonamigo (1993).

Kichel e Miranda (2000) concluíram que o potencial produtivo do milheto para forragem, pode alcançar até 60 t ha<sup>-1</sup> de massa verde, e que utilizado sob pastejo, com animais de recria, pode proporcionar ganhos de até 600 kg ha<sup>-1</sup> de peso vivo, ou 20 @ ha<sup>-1</sup> de carne em 150 dias de pastejo, equivalente a ganhos médios diários de 950 gramas animal<sup>-1</sup>, com 4,2 animais ha<sup>-1</sup>. Segundo Cóser e Maraschin (1983), o milheto é capaz de permitir um ganho de peso vivo de 0,78 kg animal dia<sup>-1</sup> e 479 kg ha<sup>-1</sup> de peso vivo, durante um período de pastejo de 125 dias.

De acordo com Maggi (1994), o pastejo direto desta forrageira, no período seco, proporcionou ganho de peso dos bovinos em até 1,3 kg dia<sup>-1</sup>. Entretanto, com o manejo adequado do milheto, pode-se obter até 7 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de ganho de peso vivo (MORAES; MARASCHIN,1988). Esses autores, concluíram que esta cultura apresenta-se como uma alternativa interessante que pode integrar a pecuária e a agricultura, devido ao seu elevado potencial de produção de biomassa. Isso fica mais evidente quando utiliza menor espaçamento entre linhas (NETTO, 1998; PEREIRA FILHO et al., 2003), o que também foi confirmado por este trabalho.

#### 4.2.2 Massa seca no estágio de grão pastoso

A Figura 14 mostra o efeito do espaçamento sobre a produção de massa seca no estágio de grão pastoso (MSP). Observa-se uma resposta polinomial quadrática para a produção de MSP. Conforme aumenta o espaçamento entre as linhas da cultura, ocorre uma diminuição da massa seca no estágio de grão pastoso, sendo a produção máxima de 17,60 t ha<sup>-1</sup> no espaçamento de 0,20m e a produção mínima

com 10,19 ton.ha<sup>-1</sup> no espaçamento de 0,80m. Esse comportamento também foi verificado por Silva et al. (2004) e Pereira Filho et al. (2003) que obtiveram a maior produção de massa seca em um menor espaçamento e tiveram a produção reduzida de acordo com o aumento do espaçamento entre as linhas da cultura. Os resultados obtidos neste trabalho, também estão de acordo aos observados por Codagnone e Sá (1985) que obtiveram produção entre 9 e 21 t ha<sup>-1</sup> de massa seca para silagem.

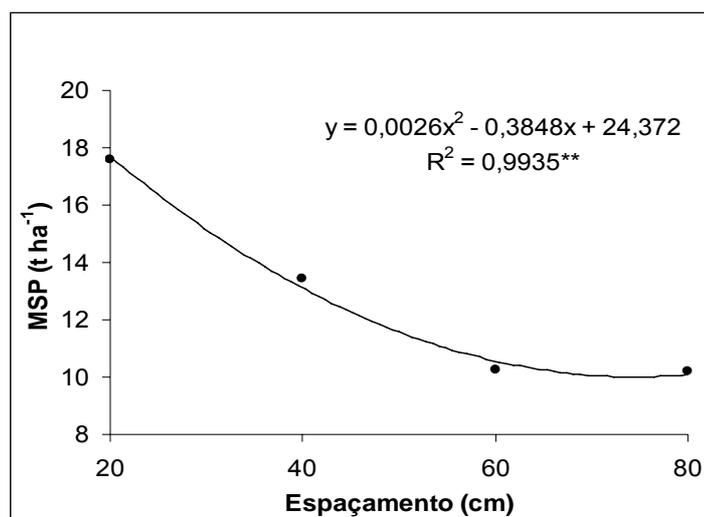


Figura 14: Produtividade de massa seca no estágio de grão pastoso (MSP), de genótipos de milho, em função do espaçamento entre linhas. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008.

Quando o corte do milho é feito nos estádios iniciais de desenvolvimento, a silagem tem se mostrado de baixa qualidade, devido ao menor teor de massa seca (BONAMIGO, 1999). Por isto, o corte para silagem deve ser realizado quando os grãos estiverem passando da fase de grão leitoso para grão pastoso (CALEGARI; PEÑALVA, 1994). A silagem de milho neste estágio iguala-se em digestibilidade a silagem de milho, porém tem níveis mais altos de proteína bruta e maior produção de massa seca que o milho (NETTO, 1998). Entretanto, no Brasil, são poucos os dados sobre a qualidade da silagem do milho. Em Rio Verde-GO, a silagem de milho caracterizou por ter 27% de massa seca (MS) e 11,7% de proteína bruta (PB), tratando-se portanto, de um produto com bom valor nutritivo (EVANGELISTA; LIMA, 2002). Em Maringá-PR, a silagem de milho apresentou 29% de MS e 7,5% de PB, sendo considerada de muita boa qualidade (SCALÉA, 1999), e em Rio Brilhante-MS, a silagem de milho apresentou 28% de MS e 12% de PB (KICHEL; MIRANDA, 2000). No presente trabalho, no estágio de grão pastoso, o milho

apresentou em média, 39,93% de MS (Tabela 8). E no que diz respeito a qualidade protéica, é válido ressaltar que o arranjo populacional das plantas não interfere no teor de proteína bruta (MEDEIROS; SAIBRO, 1973).

#### 4.2.3 Massa verde no estágio de maturação fisiológica

Em relação ao efeito do espaçamento na produção de massa verde no estágio de maturação fisiológica (MVF), observa-se na Figura 15 uma resposta polinomial quadrática, ocorrendo uma diminuição da massa verde no estágio de maturação fisiológica conforme aumenta o espaçamento entre as linhas da cultura, sendo a produção máxima de 57,58 t ha<sup>-1</sup> no espaçamento de 0,20 m e a produção mínima com 35,16 ton ha<sup>-1</sup> no espaçamento de 0,80 m.

Pereira Filho et al. (2003) avaliando o rendimento de biomassa em função de diferentes espaçamentos, observaram que o rendimento mais elevado de massa verde (44 t ha<sup>-1</sup>) foi obtido no espaçamento de 15 cm, enquanto nos demais, 40 e 80 cm, a produção declinou. Salton, Pitol e Erbes (1993), Netto (1998) e Pereira Filho et al. (2003) mencionam que quando a cultura do milho for cultivada objetivando a produção de palhada para cobertura do solo, para o plantio direto, o espaçamento entre linhas deve ficar em torno de 15 a 25 cm, onde nestas condições obtém-se maiores rendimentos de biomassa. Essa informação corrobora com os dados apresentados na Figura 15.

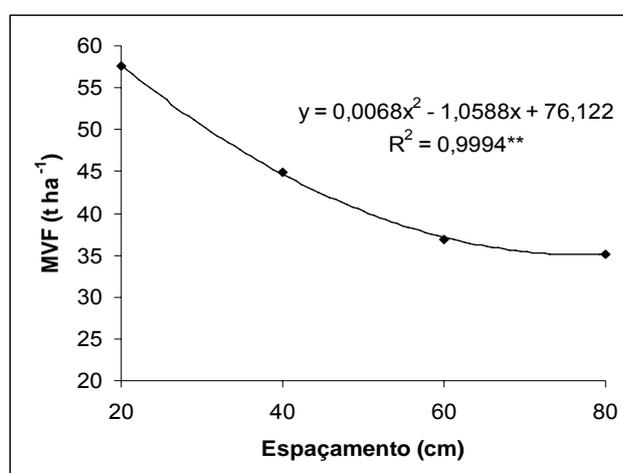


Figura 15: Produção de massa verde no estágio de maturação fisiológica (MVF) de genótipos de milho, em função do espaçamento entre linhas. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008.

#### 4.2.4 Massa seca no estágio de maturação fisiológica

Para a produção de massa seca no estágio de maturação fisiológica (MSF) observou-se uma interação significativa entre os fatores cultivar e espaçamento (Tabela 7). A Figura 16 ilustra esse comportamento.

Para o cultivar 1 (Comum) observa-se uma resposta polinomial quadrática, ocorrendo uma diminuição da massa seca no estágio de maturação fisiológica conforme aumenta-se o espaçamento entre as linhas da cultura, sendo a produção máxima de 22,39 t ha<sup>-1</sup> no espaçamento de 0,20 m e a produção mínima com 11,48 ton.ha<sup>-1</sup> no espaçamento de 0,80 m. Para o cultivar 2 (IPA-BULK 1) os resultados na produção da massa seca no estágio de maturação fisiológica decrescem de forma linear em função do aumento do espaçamento entre linhas da cultura de milho, sendo a produção máxima de 17,58 t ha<sup>-1</sup> para o espaçamento de 0,20 m e de 10,97 t ha<sup>-1</sup> para o espaçamento de 0,80 m, mostrando que, para esta característica, esta cultivar sofre mais influência da competição entre plantas quando cultivada em espaçamentos maiores e plantas mais próximas da linha.

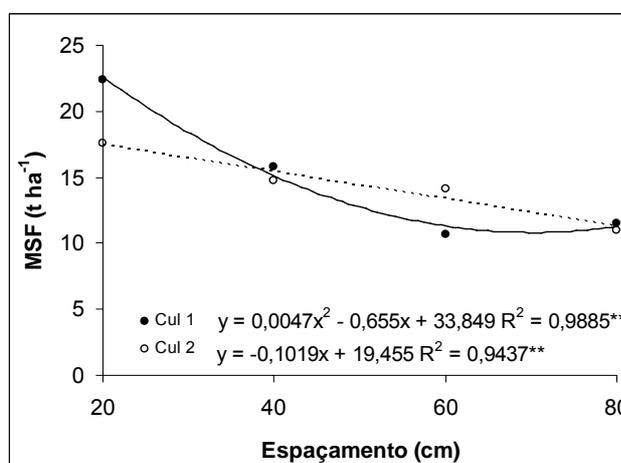


Figura 16: Produção de massa seca no estágio de maturação fisiológica (MSF) de genótipos de milho, em função do espaçamento entre linhas. Cv 1: Comum; Cv 2: IPA-BULK 1. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008.

Garcia et al. (2002), ao obterem 10 t ha<sup>-1</sup> concluíram que o milho é uma alternativa promissora em termos de produção de massa seca e porcentagem de cobertura do solo, principalmente no início da implantação do sistema de plantio direto, em regiões que possuem períodos relativamente quentes e secos. Salton, Pitol e Erbes (1993) ao obterem produção de 9 t ha<sup>-1</sup> de massa seca, concluíram que

o milheto proporciona uma boa cobertura de solo. Observa-se na Figura 16 que a produção de massa seca obtida neste trabalho, mesmo em espaçamento maior (80 cm entre linhas) foi superior a  $10 \text{ t ha}^{-1}$  e que em espaçamento menor (20 cm) a produção de massa seca praticamente dobrou, mostrando que o milheto, principalmente, quando cultivado em menor espaçamento entre linhas, apresenta-se como uma excelente alternativa para o sistema de plantio direto (NETTO, 1998; BONAMIGO, 1999 e PEREIRA FILHO et al., 2003).

Pereira (1990), visando obter cobertura vegetal na entressafra da soja no cerrado, verificou que dentre as quinze espécies avaliadas, o milheto reuniu as melhores características, considerando o seu desenvolvimento vegetativo, produção, qualidade e resistência da cobertura morta, e perspectivas de manejo. Oliveira, Carvalho e Moraes (2002), estudando plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto verificaram que os maiores rendimentos de grãos de feijão foram obtidos nos tratamentos com milheto. Muraishi, Lazarini e Leal (2002), avaliando o comportamento das culturas de soja e milho, no sistema de plantio direto observaram que as melhores produtividades de milho e soja foram obtidas com semeadura sobre milheto. A viabilização do sistema de plantio direto dá-se somente com o uso de uma cobertura morta, que deve ser produzida a baixo custo e o milheto é, portanto, uma cultura ideal para tanto, devido as suas características (BONAMIGO, 1999).

Além disso, Geraldo et al. (2002) concluíram que massa seca para forragem ou silagem, ainda com alto teor de N nas folhas, pode ser obtida colhendo o milheto no estágio de maturação fisiológica, podendo ainda utilizar-se da produção de grãos. A massa seca gerada no estágio de maturação fisiológica pode apresentar teores acima dos 7% de proteína bruta, o que torna uma alternativa para alimentação animal mesmo no final do seu ciclo (YOUNGQUIST et al., 1990). Tendo em vista que a produção animal, como um todo, é determinada pela ingestão de massa seca, e um dos fatores que induz a ingestão de massa seca é o teor de proteína, cujo mínimo está ao redor de 6-7% (MINSON; MILFORD, 1967), uma das alternativas, a fim de contornar esta situação, seria o uso de suplementação alimentar dos rebanhos durante este período. Dessa forma o milheto também surge como alternativa que potencialmente pode contribuir na suplementação alimentar dos rebanhos, dada a sua alta produtividade e qualidade da forragem (TOWSEND et al., 2002), mesmo em condições desfavoráveis de clima e solo, o que mostra o quanto a

cultura é promissora para determinados segmentos do agronegócio brasileiro (PEREIRA FILHO et al., 2003).

Diversos autores (MAITI; BIDINGER, 1981; GERALDO et al., 2000; GERALDO et al. 2002; COSTA, 2003 e SILVA et al., 2004) observaram um aumento de massa seca de parte aérea após a floração, o que mostra uma manutenção do crescimento e da acumulação de biomassa vegetativa, após a floração do milheto. Isto também foi observado neste trabalho, pois entre o estágio de grão pastoso e a maturação fisiológica, observou-se que entre os cultivares, em média, houve um acúmulo de massa seca em torno de  $2,0 \text{ t ha}^{-1}$  (Tabela 8). Ao analisar as Figuras 14 e 16, observa-se que no espaçamento de 20 cm, houve um aumento em torno de  $4,0 \text{ t ha}^{-1}$  enquanto que no espaçamento de 80 cm, não houve aumento na produção de massa seca.

#### 4.2.5 Produção de grãos

Para a produção de grãos (PG) observou-se uma interação significativa entre os fatores cultivar e espaçamento (Tabela 7). A Figura 17 ilustra esse comportamento.

Para o cultivar 1 (Comum) observa-se uma resposta polinomial quadrática, ocorrendo uma diminuição da produção de grãos conforme aumenta-se o espaçamento entre as linhas da cultura, sendo a produção máxima de  $2306 \text{ kg ha}^{-1}$  no espaçamento de 0,20 m e a produção mínima com  $797 \text{ kg ha}^{-1}$  no espaçamento de 0,80 m. Em relação a cultivar 2 (IPA BULK 1), não foi observado um modelo que descrevesse de forma significativa o comportamento deste cultivar. Assim, pode-se dizer que o espaçamento entre linhas não interferiu na produção de grãos, tendo em média uma produção de  $1193 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Pereira Filho et al. (2003) mencionam que quando a cultura do milheto for cultivada objetivando a produção de grão, o espaçamento entre linhas deve ficar em torno de 70 a 80 cm, onde nestas condições obtém-se maiores rendimentos de grãos. Scaléa (1999) diz que para este fim, o espaçamento entre linhas a ser adotado deve ser de 40 cm. No entanto, os resultados obtidos neste trabalho contrariam esses autores.

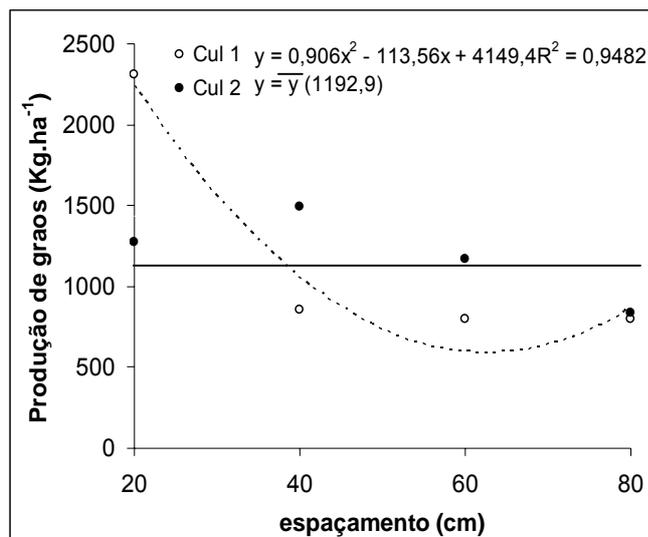


Figura 17: Produção de grãos (PG) de genótipos de milho, em função do espaçamento entre linhas. Cv 1: Comum; Cv 2: IPA-BULK 1. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008.

Os resultados obtidos neste trabalho são inferiores ao observado por Costa (2003) que obteve produção de 3.232 kg ha<sup>-1</sup> de grãos e também por Geraldo et al. (2002), que observaram rendimentos de até 2.950 kg ha<sup>-1</sup> de grãos. É válido ressaltar que os genótipos utilizados por Costa (2003) e Geraldo et al. (2002) apresentavam alto potencial produtivo de grãos. A baixa produção de grãos pode ser atribuída à própria característica genética dos cultivares utilizados neste trabalho, uma vez que estes apresentam aptidão para produção de massa para cobertura do solo e para produção de forragem (NETTO, 1998; TABOSA et al, 1999). No entanto, a produção de grãos obtida neste trabalho está de acordo com a média brasileira que é de 500 a 1500 kg ha<sup>-1</sup> de grãos (MOREIRA et al., 2003). Além disso, Pereira Filho et al. (2003) menciona que a melhor época de semeadura visando a produção de grãos de milho é nos meses de abril/maio, enquanto que a semeadura nos meses de setembro/outubro constitui o melhor período para a produção de biomassa na cultura do milho.

#### 4.2.6 Comprimento médio de panícula (CPA)

Em relação ao efeito do espaçamento no comprimento médio de panícula (CPA), observa-se na Figura 18, que o CPA aumentou de forma linear em função do

aumento do espaçamento entre linhas da cultura. Os valores encontrados foram de 19,48 cm para o espaçamento de 0,20 m e de 21,68 cm para o espaçamento de 0,80 m. Esses valores estão de acordo com Netto e Durães (2005), que citam que o comprimento médio de panícula de milho situa-se entre 15 e 45 cm. Silva et al. (2003) observou que o arranjo populacional de plantas de milho não teve influência nesta característica. Por outro lado, Costa et al. (2005) cita que o comprimento médio de panícula tem correlação positiva com a produção de grãos.

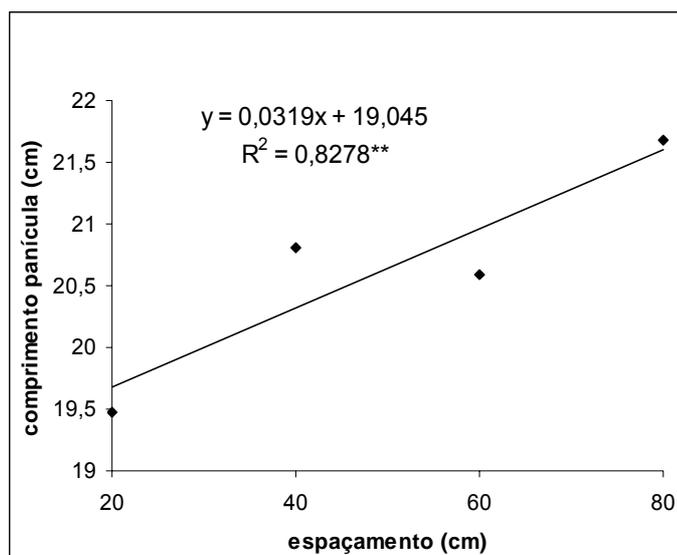


Figura 18: Comprimento médio das panículas (CPA) de genótipos de milho, em função do espaçamento entre linhas. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008.

#### 4.2.7 Número de panículas por metro quadrado (NPA)

Em relação ao efeito do espaçamento no número de panículas  $m^{-2}$  (NPA), observa-se na Figura 19 uma resposta polinomial quadrática, ocorrendo uma diminuição do NPA conforme aumenta o espaçamento entre as linhas da cultura, sendo a produção máxima de 327 panículas. $m^2$  no espaçamento de 0,20 m e a produção mínima com 112 panículas  $m^2$  no espaçamento de 0,80 m. Costa et al. (2005) cita que esta característica tem correlação positiva com a produção de grãos, ou seja, quanto maior o número de panículas maior será a produção de grãos. Isto explica, em parte, o rendimento de grãos obtido no espaçamento de 0,20 m entre linhas.

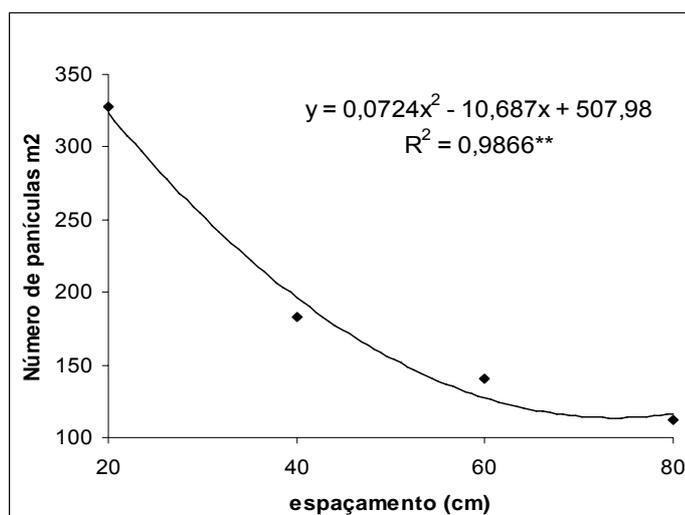


Figura 19: Número de panículas.m<sup>2</sup> (NPA) de genótipos de milho, em função do espaçamento entre linhas. Marechal Cândido Rondon-PR. 2008..

Para Medeiros e Saibro (1973), o arranjo populacional das plantas do milho não interfere na produção total e a confirmação de que a cultura não sofre com a variação na densidade também é demonstrada por Carberry, Campbel e Biliger (1985) e Crauford e Bidinger (1989). Isto mostra que o milho possui uma característica especial denominada “elasticidade”, que é evidenciada pelo espaçamento, ou seja, a capacidade de desenvolver-se conforme o espaço que lhe é imposto, já que é uma planta capaz de compensar baixas densidades de semeadura, devido a sua alta capacidade de perfilhamento (NETTO; DURÃES, 2005). No entanto, esta característica não foi observada neste trabalho, pois no espaçamento maior (80 cm entre linhas) verificou-se o menor número de panículas (Figura 19), e uma vez que foi utilizada a mesma densidade para todos espaçamentos, a menor produção de biomassa e de grãos (Figuras 13, 14, 15, 16 e 17), provavelmente se deve ao arranjo espacial das plantas na parcela, já que há maior competição por água, luz e nutrientes na linha de semeadura conforme o aumento do espaçamento entre as linhas.

## 5 CONCLUSÕES

De acordo com o local e condições do experimento, conclui-se que:

- Em relação a fenologia, quantidade de unidades térmicas necessárias para atingir cada estágio de desenvolvimento, produção de biomassa e produção de grãos, as cultivares tiveram comportamento semelhante.
- A variação nos espaçamentos entre as linhas, influenciou no número de dias e na soma das unidades térmicas para atingir os estágios fenológicos, sendo que os maiores resultados para número de dias e soma das unidades térmicas foram proporcionais ao aumento no espaçamento da cultura.
- Maiores produções de massa verde, massa seca e produção de grãos foram obtidas nos menores espaçamentos.
- Ambas as cultivares apresentaram boa resposta na produção de massa verde, massa seca e produtividade de grãos, podendo ser utilizadas na cobertura do solo, alimentação animal na forma de silagem ou para pastejo direto.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, J.B. de; ANDRADE, P. Produção de silagem do milheto (*Pennisetum americanum* (L) KSchum). **Boletim de Indústria Animal**, v.39, n. 2, p.155-165, 1982.

ANDREWS, D.J.; KUMAR, K.A. Pearl millet for food, feed, and forage. **Advances in Agronomy**, New York, v. 4, p.89-139, 1992.

ARAÚJO, A.A. de. Forragens de verão e outono. In: ARAÚJO, A.A. de. (ed.). **Forrageiras para ceifa, capineira, pastagens, fenação e ensilagem**. 2.e.d. Porto Alegre: Sulina, 1972. p. 79-136.

BATIONO, A., CHRISTIANSON, C.B., BAETHGEN, W.E. Plant density and nitrogen fertilizer on pearl millet production in Niger. **Agron. J.**, v. 82, n. 2, p. 290-295, 1990.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo húmico afetado por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 23, p. 687-694, 1999.

BERTONI, A.L.; MAURO NETO, A. Duration of weed control and weed competition and the effect on yield. I Mungbean (*Phaseolus aureus* L.). **Philippine agriculturalist**, Oxford, v. 55, n. 6, p. 216-220, 1996.

BONAMIGO, L. A. A cultura do milheto no Brasil, implantação e desenvolvimento no cerrado. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Planaltina. **Anais...** Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. p. 31-65.

BONAMIGO, L.A. . O plantio direto no cerrado do Mato Grosso do Sul. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PLANTIO DIRETO EM SISTEMAS SUSTENTÁVEIS, 1993, Castro PR. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1993. p.13-16.

BRAGAGNHOLO, N. et al. Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, p. 369-374, 1990

BUENO, F. da S. **Dicionário escolar da língua portuguesa**. 11. ed. Rio de Janeiro: Fae, 1986.

BUERKERT, A.; STERN, R.D.; MARSCHNER, H. Post stratification clarifies treatment effects on pearl millet growth in the Sahel. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, p. 752-761, 1995.

BURGER, A.W., CAMPBELL, W.F. Effects of rates and methods of seeding on the original stand tillering, stem diameter, leaf-stem rates and yield of sudangrass. **Agron. J.**, v. 53, n. 5, p. 289-291, 1961.

CALEGARI, A.; PEÑALVA, M. **Abonos verdes**: importância agroecológica y espécies com potencial de uso em El Uruguay. Conelones: Convenio Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca Del Uruguay (JUNAGRA); Alemanha: Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 1994. 172 p.

CARBERRY, P.S.; CAMPBELL, L.C.; BILIGER, F.R. The growth development of pearl millet as affected by plant population. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 11, p. 193-205, 1985.

CARVALHO, M.A. de et al. Adubação verde e sistemas de manejo do solo na produtividade do algodoeiro. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1205-1211, dez 2004.

CASSÃO JR, R. et al. **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR; Foz do Iguaçu: Itiapu Binacional, 2006. 200 p

CODAGNONE, H.C.V.; SÁ, J.P.G. **Avaliação de variedades e híbridos de milho, sorgo e milheto em quatro idades diferentes para produção de silagem ou rolão**. Londrina: IAPAR, 1985. 11 p. (IAPAR. Informe Pesquisa, 64).

COIMBRA, R. de A.; NAKAGAWA, J. Época de semadura, regimes de corte, produção e qualidade de sementes de milheto. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 21-28, 2006.

CÓSER, A.C.; MARASCHIN, G.E. Desempenho animal em pastagens de milheto comum e sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 4, p. 421-426, 1983.

COSTA, A.C.T. da et al. Avaliação da fenologia, produção de biomassa e de grãos em genótipos de milheto pérola (*Pennisetum glaucum* (L) R. Brorn). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis, 2002.

COSTA, A.C.T. da et al. Unidades térmicas e produtividade em genótipos de milheto semeados em duas épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1171-1177, dez. 2005.

COSTA, A.C.T. da. **Avaliação da Fenologia, unidades térmicas, produção de biomassa e de grãos em genótipos de milheto pérola, semeados em duas épocas**. Seropédica – RJ, 2003. 47 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia.

CRAUFURD, P.Q.; BIDINGER, F.R. Potential and realized yield in pearl millet as influenced by plant population density and life cycle duration. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 22, p. 211-225, 1989.

DAO, T.H. Tillage system and crop residue effects on surface compaction of a Paleustoll. **Agronomy Journal**, v. 88, p. 141-148, 1996.

DURÃES, F.O.M.; MAGALHÃES, P.C.; SANTOS, F.G. dos. **Fisiologia da planta de milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa, 2003. 16 p. (Circular Técnica, 28).

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212 p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Sistema Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1999. 412 p.

EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A. de. Silagem de milho (*Pennisetum americanum* L.) Schu8m. In: EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A. de (eds.) **Silagens do cultivo ao silo**. 2. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2002. 219 p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia do feijoeiro. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (eds.) **Tecnologia da produção do feijão irrigado**. 2. ed. rev. Piracicaba: Publique, 1997. 182 p.

FAO. **First forecast points to drop in 1999 world cereal production**. Disponível em: <<http://www.fao.org/NEWS/GLOBAL/GW9905-c.htm>>. Acesso em: abr. 1999.

FIORIN, J.E. Plantas recuperadoras da fertilidade do solo. In: CURSO sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo em plantio direto: resumos de palestras. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1999. p. 39-55.

GADIOLI, J.L. et al. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada a soma calórica. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 3, p. 377-383, 2000.

GALDO, M.V.; DE MARIA, I.C. **Alterações químicas em solo com plantio direto**: longe dos olhos, perto do bolso. Disponível em: <[http://www.iac.sp.gov.br/OAgronomico/542/542\\_25\\_et5\\_pdireto96.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/OAgronomico/542/542_25_et5_pdireto96.pdf)>. Acesso em: 26 ago. 2004.

GALLAGHER, J.N.; BISCOE, P.V. Radiation absorption, growth and yield of cereals. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 91, p. 47-60, 1978.

GARCIA, R.N. et al. Produção de massa e de cobertura do solo por gramíneas e leguminosas isoladas e em consórcio, em Jaboticabal, SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis, 2002. p. 311.

GERALDO, J. et al. Fenologia e produção de massa seca e de grãos em cultivares de milho-pérola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, set. 2002.

GERALDO, J. et al. Diferenças em crescimentos e produção de grãos entre quatro cultivares de milho pérola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1376, jul. 2000.

GHOLVE, S.G. et al. Response of ragi (*Eleusine coracana*), variety B-11 to varying spacing and nitrogen levels under rainfed conditions in transition-2 zones of Maharashtra. **Seeds & Farms**, v. 11, n. 4-5, p. 27-28, 1985.

HUMPHREYS, L.R., RIVEROS, F. **Tropical pasture seed production**. 3. ed. Roma: FAO, 1986. 203p.

ICRISAT annual report 1978-1979. Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 1980. p. 69-71.

ICRISAT. Pearl millet. In: ICRISAT Annual Report 1976-1977. Hyderabad: ICRISAT, 1977. p. 47-71.

JIMENEZ, R.L. et al. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um latossolo vermelho<sup>1</sup>. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 12, n. 2, p. 116-121, 2008.

KAUSHIK, S.K.; GAUTAM, R.C. Response of rainfed pearl millet (*Pennisetum glaucum*) to water harvesting. Moisture conservation and plant population in light soils. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 64, n. 12, p. 858-860, dec.1994.

KICHEL, A.N.; MIRANDA, C.H.B. Botânica examination of forage from esophageal fistula in cattle. **Journal Animal**, Oxford., v. 4, n. 46, p.465, 2000a.

KICHEL, A.N.; MIRANDA, C.H.B. **Uso do milheto como planta forrageira**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000b. (Embrapa Gado de Corte. Gado de Corte Divulga, 46)

KOEPPEN, C.E.; LONG, G.C. **Weather and climate**. New York: McGraw-Hill, 1958. 341 p.

KUMAR, K.A.; NIAMEY, P. Pearl millet: current status and future potencial. **Outlook on agriculture**, Elmsford, v. 2, n. 8, p. 46-53, 1989.

KURIHARA, C.H. et al. Adubação. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. **Sistema de plantio direto**. Brasília: Embrapa-Agropecuária Oeste, 1998. p. 135-144.

LANDERS, J.N. A safrinha. In: LANDERS, J.N. **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado**. Goiânia: Associação de Planto Direto no Cerrado, 1994. cap.4, p.53-88.

LIRA, M. de A. et al. **Cultivo do milheto (*Pennisetum americanum*(L.) Leeke)**. Recife: IPA, 1983. 6 p. (IPA. Instruções Técnicas, 08).

MACEDO, M.C.M.; KICHEL, A.N.; ZIMMER, A.H. Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens. **Comunicado Técnico**, n. 62, p. 1-4, nov. 2000. Disponível em: <[www.cnpqg.embrapa.br/publicações/cot/COT62.html](http://www.cnpqg.embrapa.br/publicações/cot/COT62.html)>.

MACHADO L.A.Z. et al. Integração agricultura-pecuária. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. **Sistema de plantio direto**. Brasília: Embrapa-Agropecuária Oeste, 1998. p. 217-232.

MAGGI, A.B. Efeitos da competição de plantas daninhas em cultivares de feijão (*Faseolus vulgaris*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 3, n. 2, p. 105-154, 1994.

MAITI, R.K.; BIDINGER, F.R. **Growth and development of the pearl millet plant**. Patancheru, Índia: International Crops Research Institute for the Semi-Arids Tropics, 1981. 13 p.

MATTOS, J.L.S. de. **Comportamento de *Pennisetum americanum* (L.) Leeke, *Shorgum sudanense* (Piper) Staf e *Euchlaena mexicana* Schrad sob diferentes regimes hídricos e doses de nitrogênio**. Lavras, 1995. 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras.

McGOWAN, M.; TAYLOR, H.M.; WILLINGHAM, J. Influence of row spacing on growth, light and water use by sorghum. **J. Agric. Sci.**, v. 116, p. 329-339, 1991.

MEDEIROS, R.B. **Formação e manejo de pastagens para a região do Planalto Médio e Missões**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura/Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 1977. 48p.

MEDEIROS, R.B.; SAIBRO, J.C. Efeito do N e da população de plantas sobre o rendimento de MS, teor e produção de PB de forrageiras anuais de estação quente: (2) c.v comum de milheto (*Pennisetum typhoides* (burm). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 10.; CONGRESSO BRASILEIRO DE FORRAGEIRAS, 1., 1973, Porto Alegre, RS. **Resumos dos trabalhos apresentados**. Porto Alegre: SBZ, 1973. p.367.

MESQUITA, E.J.; PINTO, J.C. Nitrogênio e métodos de semeadura no rendimento da forragem de pós-colheita de sementes de milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.]<sup>1</sup>. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, jul./ago. 2000.

MINSON, D.J.; MILFORD, R. Intake and crude protein conten of mature *Digitaria decumbens* and *Medicago sativa*. **Australian Journal Experimental Agriculture and Animal**, Husbandry, v. 7, n. 28, p. 546, 1967.

MONKS, P.L.; PESKE, S.T. Produção e qualidade de sementes de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) submetido a manejo de cortes e a épocas de colheita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 10., 1997, Foz do Iguaçu. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 7, n. 1/2, p. 246, 1997.

MORAES, A. de; MARASCHIN, G.E. Pressões de pastejo e produção animal em milheto cv. comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 197-205, 1988.

MOREIRA, L.B. et al. Efeitos da população de plantas sobre as características morfológicas e agrônômicas de milheto pérola (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) cv. ENA 1. **Agronomia**, v. 37, n. 1, p. 5-9, 2003.

MORETTI, D. et al. Atributos químicos de um latossolo vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubação e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1. p. 161-175, 2007.

MÜLLER, M.M.L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C.A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p. 531-538, 2001.

MURAISHI, C.T.; LAZARINI, E.; LEAL, A.J.F. Comportamento das culturas de soja e milho, semeaduras no sistema plantio direto com diferentes intervalos entre manejos de plantas de cobertura e a semeadura, em Selvíria – MS. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICRORRIZAS, 9.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 4., 2002, Rio de Janeiro. **FertBio 2002**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2002. Cd-Rom.

NETTO, D.A.M. **A cultura do milheto**. Sete Lagoas: Embrapa-CPMS, 1998. 6 p.

NETTO, D.A.M.; ANDRADE, R.V. de. **Recursos fitogenéticos de milho, sorgo e milheto**. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2002. 20 p. (Documentos, 2).

NETTO, D.A.M.; DURÃES, F.O.M. **Milheto: tecnologias de produção a agronegócio**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2005. 215 p.

NORMAN, M.J.T.; PEARSON, C.J.; SEARLE, P.G.E. Pearl Millet (*Pennisetum glaucum*). In: NORMAN, M.J.T.; PEARSON, C.J.; SEARLE, P.G.E. (eds). **The ecology of tropical food crops**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p. 164-181.

OLIVEIRA, T.K. de; CARVALHO, J.G. de; MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, 2002.

ONG, C.K.; SQUIRE, G.R. Response to temperature in a stand of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. & H.). 7. Final number of spikelets and grains. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 35, p.1233-1240, 1984.

PEACOCK, J. M.; HEINRICH, G. M. Light and temperature response in sorghum. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AGROMETEOROLOGY OF SORGHUM AND MILLET IN THE SEMI-ARID TROPICS, 1982, Patancheru. **Agrometeorology of sorghum and millet in the Semi-Arid Tropics: proceedings...** Patancheru: ICRISAT, 1984. p. 143-158.

PEREIRA FILHO, I.A. et al. **Manejo e cultura do milheto**. Sete Lagoas, MG: Embrapa, 2003. 65 p. (Circular Técnica, 29)

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PEREIRA, J.A.R. **Cultivo de espécies visando a obtenção de cobertura vegetal do solo na entressafra da soja no cerrado**. Botucatu, 1990. 83 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Universidade Estadual Paulista.

PUPO, R.O. Effect of crop density and time of weeding on the performance of mungbean. **Annals of Bangladesh Agriculture**, Bangladesh, v. 8, n. 3, p. 83-91, 1985.

ROTH, C.; VIEIRA, M.J. Infiltração de água no solo. **Plantio Direto**, v.1, p.4, 1983.

SALTON, J.C.; HERNANI, L.C. Adoção. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTE, C.Z. **Sistema de plantio direto**. Brasília: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998. p. 21-35.

SALTON, J.C.; PITOL, C.; ERBES, E.J. Cultivos de primavera: alternativas para produção de palha em Mato Grosso do Sul. **Jornal do Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 27, p. 6-7, maio/jun. 1995

SALTON, J.C.; PITOL, C.; ERBES, E.J. **Cultivos de primavera: alternativas para produção de palha em Mato Grosso do Sul**. Maracaju: Fundação MS, 1993. 6p. (Fundação MS. Informativo Técnico, 1).

SCALÉA, M. A cultura do milheto e seu uso no plantio direto no cerrado. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Planaltina. **Anais...** Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. p. 75-83.

SCHEFFER, S.M.; SAIBRO, J.C.; RIBOLDI, J. Efeito do nitrogênio, métodos de semeadura e regimes de corte no rendimento e qualidade da forragem e da semente de milheto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 309-317, 1985.

SILVA, G. F. et al. Potencial de produção de biomassa e matéria seca de milheto (*pennisetum americanum* Schum.), em diferentes épocas no sul do Tocantins. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 19, n. 3, p. 31-34, set./dez. 2003.

SILVA, G.P. et al. **Desempenho de cultivares de milheto para formação de palhada em plantio direto, em função do espaçamento e da densidade de semeadura**. Rio Verde, GO, 2004.

SILVA, H.P. **Infiltração de água em um Podzólico Vermelho-Escuro fisicamente degradado em processo de recuperação**. Porto Alegre, 1986. 105 p. Dissertação (Mestrado) – UFRGS.

SILVA, J.B. Contribuição ao conhecimento da vegetação de campo Cerrado de Sete Lagoas – Minas Gerais. **Oréades**, Belo Horizonte, v. 7/9, n. 3, p. 92-117, 1981.

SILVA, J.M. da. **Silagem de forrageiras tropicais**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, ago. 2001. (Embrapa Gado de Corte. Gado de Corte Divulga, 51)

SILVA, N.B. da et al. Efeito da população de plantas na produção de biomassa e de grãos de milheto pérola, "cultivar ENA 1", semeando na época seca. **Revista Universidade Rural Seropédica Ciência e Vida**, Seropédica, RJ, v. 24, n. 1, p. 57-62, jan./jun. 2004.

SINGH, P.; KANEMASU, E.T; SINGH, P. Yield and water relations of pearl millet genotypes under irrigated and nonirrigated conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, p. 886-890, 1983.

SKERMAN, P.J.; RIVEROS, F. **Gramíneas tropicales**. Roma: FAO, 1992. p. 627-635.

SMITH, R.L.; HOVELAND, C.S.; HANNA, W.W. Water stress and temperature in relation to seed germination of pearl millet and sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, p. 303-305, 1989.

SOUZA, C.M. **Efeito do uso contínuo de grade pesada sobre algumas características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, fase cerrado, e sobre o desenvolvimento das plantas e absorção de nutrientes pela cultura de soja**. Viçosa, 1988. 105 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

SPEHAR, C.R. Características, limitações e potencial do plantio direto nos cerrados. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE O SISTEMA PLANTIO DIRETO, 5., 1996. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. p. 85-97.

TABOSA, J.N. et al. Perspectiva do Milheto no Brasil: Região Nordeste. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Planaltina. **Anais...** Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. p. 169-186.

TOWNSEND, C.R.; COSTA, N.L. de; PEREIRA, R.G.A. Desempenho agrônomo de cultivares de sorgo forrageiro, milheto e teosinto em Presidente Médici-RO. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis, 2002. Cd-Rom

TREZZI, M.M; VIDAL, R.A. Potencia de utilização de cobertura vegetal do sorgo e milheto na supressão de plantas daninhas em condição de campo: II – Efeitos da cobertura morta. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 22, n. 1, p. 1-10, 2004.

VIEIRA, M.J. O preparo do solo e o comportamento da planta. **Plantio Direto**, v. 1, p. 4-5, 1984.

WALDREN, R.P. Corn. In: PEET, M.M. (ed.) **Crop-water relations**. New York: Wiley and Sons, 1983. p. 187-211

WANG, J.; HESKETH, J.D.; WOOLLEY, J.T. Preexisting channels and soybean rooting patterns. **Soil Science**, v. 141, p. 432-437, 1986.

WATTS, W.R. Leaf extension in *Zea mays* – II: leaf extension in response to independent variation of the temperature of the apical meristem, of the air around the leaves, and of the root zone. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 23, p. 713-721, 1974.

WITT, M.; EASTIN, J. Pearl millet, grain sorghum, and corn responses to watering levels. In: NATIONAL GRAIN PEARL MILLET SYMPOSIUM, 1., 1995, Tifton. **Proceedings...** [S.l.]: University of Georgia, 1995. p. 40

WUTKE, E.B. Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E.B.; BULISANE, E.A.; MASCARENHAS, H.A.A. (Coord.). **Curso sobre adubação verde no Instituto Agrônômico**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1993. p. 17-29. (Documentos, 35).

YOUNGQUIST, J.B.; CARTER, D.C.; CLEGG, M.D. Grain and forage yield and stover quality of sorghum and millet in low rainfall environments. **Experimental Agriculture**, London, v. 26, p. 279-286, 1990.