

**CITOTAXONOMIA DE ALGUMAS  
ESPÉCIES E DE HÍBRIDOS  
INTERESPECÍFICOS DE *Pennisetum***

**VÂNIA HELENA TECHIO**

**1998**

DATA DE DEVOLUÇÃO  
NO REGISTRO «CIRCULAR Nº 100»

**VÂNIA HELENA TECHIO**

**CITOTAXONOMIA DE ALGUMAS ESPÉCIES E DE  
HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS DE *Pennisetum***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de Mestre.

Orientadora  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lisete Chamma Davide



**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
1998**

Ficha catalográfica preparada pela Divisão de Processamento  
Técnico da Biblioteca Central da UFLA

Techio, Vânia Helena.

Citotaxonomia de algumas espécies e de híbridos  
interespecíficos de *Pennisetum*/ Vânia Helena Techio. -- Lavras:  
UFLA, 1998.

112 p. : il.

Orientadora: Lisete Chamma Davide.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Capim-elefante. 2. Citogenética. 3. Taxonomia. 4.  
Germoplasma. 5. Melhoramento genético. 6. Divergência  
genética. 7. Capim-elefante baiano.

I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.20823

-584.90415

**VÂNIA HELENA TECHIO**

**CITOTAXONOMIA DE ALGUMAS ESPÉCIES E DE HÍBRIDOS  
INTERESPECÍFIOS DE *Pennisetum***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

**APROVADA em 02 de outubro de 1998**

**Dr. Antônio Vander Pereira**

**Embrapa Gado de Leite**

**Profª Drª Eliana Regina Forni-Martins**

**UNICAMP**

**Prof. Dr. Douglas Antônio Carvalho**

**UFLA**



**Profª. Drª. Lisete Chamma Davide**  
**UFLA**  
**(Orientadora)**

**LAVRAS**  
**MINAS GERAIS - BRASIL**

**Aos meus pais, Irma e Afonso  
com amor,**

**OFEREÇO**

**Ao Antônio,  
pelo sentimento que nos une,  
DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

**À Universidade do Contestado - Campus Universitário de Concórdia por investir pessoal e profissionalmente em mim.**

**À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Biologia por propiciarem o desenvolvimento dos meus estudos.**

**Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo investimento através da concessão da bolsa de estudos.**

**À professora Lisete Chamma Davide por constituir meu alicerce científico, pelo seu trabalho de orientação e por sua amizade.**

**Ao pesquisador Antônio Vander Pereira pelo trabalho de co-orientação e por sua constante disponibilidade.**

**Ao professor Eduardo Bearzotti pela amizade e pelas contribuições nas análises estatísticas.**

**Ao professor Douglas A. Carvalho pela colaboração e pelos ensinamentos na área de taxonomia.**

**À todos os meus familiares: Vilson, Cleonice, Valsí, Marcos, Ivanir, Flávio, Guilherme, João Ricardo, Gabriela e Fernando pela minha formação humana e por estarem, mesmo distantes, torcendo por mim.**

**À Elisete Dick pela amizade, pelo constante incentivo e pelo seu esforço em viabilizar a continuidade dos meus estudos.**

**Aos meus amigos de Concórdia: Baccin, Cláudia, Delsi, Elisete, Luiz Henrique, Maura e Valéria pelo incentivo e amizade.**

**Aos meus amigos de Lavras: Ana Hortência, Aragão, Barbara, Cristian, Gabriela, Juliane, Juscélio, Marcus, Miguel, Mívia, Norma, Rose e Sandro pelo convívio solidário durante todo este período.**

**À amiga Giovana pelo auxílio prestado em vários momentos e pela leitura atenta deste trabalho.**

**Aos professores César Brasil, Magno Ramalho e João Bosco pelos valiosos momentos de aprendizagem.**

**Aos colegas do curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas pelo espírito de cooperação.**



## **BIOGRAFIA**

**VÂNIA HELENA TECHIO VIVAN**, filha de Alfonso Techio e Irma Borrille Techio, nasceu em Concórdia-SC, em 29 de maio de 1967.

Em dezembro de 1988, graduou-se em Biologia pela Fundação Educacional do Alto Uruguaí Catarinense - FEAUC, atualmente Universidade do Contestado, em Concórdia-SC.

Nesta mesma instituição, em 1985, iniciou suas atividades como professora no ensino de 1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> graus e, posteriormente em 1993, no ensino superior, onde também exerceu a função de Coordenadora do Curso de Biologia.

Em setembro de 1996, iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia - Genética e Melhoramento de Plantas, na Universidade Federal de Lavras.

# SUMÁRIO

	Página
RESUMO .....	i
ABSTRACT .....	ii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	4
2.1. Caracterização geral e posição taxonômica do gênero <i>Pennisetum</i> .....	4
2.2. Origem e descrição morfológica de algumas espécies de <i>Pennisetum</i> .....	14
2.3. Descrição citogenética de algumas espécies de <i>Pennisetum</i> .....	17
2.3.1. Complemento cromossômico.....	17
2.3.2. Cromossomas B em <i>Pennisetum</i> .....	19
2.3.3. Cromossomas com constrição secundária em <i>Pennisetum</i> .....	24
2.3.4. Poliploidia e apomixia.....	27
2.4. Biosistemática .....	30
2.4.1. Contribuições da citogenética para a biosistemática .....	36
2.5. Divergência genética .....	40
2.5.1. Análise de agrupamento .....	41
2.5.2. Variáveis canônicas .....	42
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	45
3.1. Material genético .....	45
3.2. Análise citogenética.....	45
3.3. Análise morfológica.....	48
3.4. Análise de divergência genética.....	50
3.4.1. Variáveis canônicas .....	53
3.4.2. Análise de agrupamento .....	54
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	55
4.1. Citotaxonomia .....	55
4.1.1. Grupo 01: BAGs 27, 45, 46, 54, 65 e 103 .....	55
4.1.2. Grupo 02: BAG 55.....	57
4.1.3. Grupo 03: BAGs F92-176-1, F92-167-1 e F92-167-2.....	58

4.1.4. Grupo 04: BAGs Hexaplóides 199 e 204 .....	59
4.1.5. Grupo 05: BAGs selvagens 3, 4, 5 e 6 .....	59
4.1.6. Grupo 06: BAGs selvagens 1, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16 e 17.....	61
4.1.7. Grupo 07: BAG selvagem 15 .....	62
4.1.8. Relação entre as seções morfológicas de <i>Pennisetum</i> e o número básico de cromossomas .....	63
4.1.9. Chave de identificação para espécies de <i>Pennisetum</i> .....	64
4.2. Análise de divergência genética.....	65
4.3. Considerações finais .....	69
5. CONCLUSÕES .....	102
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	104

## LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1	Número cromossômico de algumas espécies do gênero <i>Pennisetum</i> ..... 20
2	Número cromossômico de alguns híbridos interespecíficos do gênero <i>Pennisetum</i> ..... 22
3	Nível de ploidia e relação com o tipo de reprodução em <i>Pennisetum</i> e <i>Cenchrus ciliaris</i> ..... 31
4	Distribuição das espécies de <i>Pennisetum</i> de diferentes seções morfológicas em 04 grupos considerando número básico de cromossomas..... 39
5	Relação dos acessos de <i>Pennisetum spp.</i> do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite. UFLA. Lavras, MG, 1998..... 46
6	Valores médios para características morfológicas reprodutivas dos acessos do grupo 01 (BAG 45, 46, 65 e 103), do grupo 02 (BAG 55), do grupo 03 (F92-176-1 e F92-167-1) e do grupo 04 (hexaplóides 199 e 204) do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite. UFLA. Lavras, MG, 1998..... 72
7	Valores médios para características morfológicas reprodutivas dos acessos do grupo 05 (selvagens 3, 4 e 6) e do grupo 07 (selvagem 15) do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite. UFLA. Lavras, MG, 1998..... 74
8	Valores médios para características morfológicas reprodutivas dos acessos do grupo 06 (selvagens 1, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16 e 17) do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite. UFLA. Lavras, MG, 1998..... 76

9	Número cromossômico e identificação dos acessos de <i>Pennisetum spp.</i> do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite. UFLA. Lavras, MG, 1998.....	78
10	Distribuição dos acessos de <i>Pennisetum spp.</i> em diferentes seções morfológicas. UFLA. Lavras, MG, 1998.....	64
11	Variância porcentual acumulada das variáveis canônicas obtidas a partir dos 16 caracteres em 22 acessos de <i>Pennisetum spp.</i> do Banco de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite. UFLA. Lavras, MG, 1998.....	66

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Metáfases mitóticas. A. BAG 27 e B. BAG 54 ( <i>P. purpureum</i> 2n=28 cromossomas); C. Selvagem 5 ( <i>P. setosum</i> 2n= 54 cromossomas); D. Selvagem 7 ( <i>P.nervosum</i> 2n=36 cromossomas). As setas indicam satélites e as barras representam 5 µm. UFLA. Lavras, MG, 1998.....	79
2	BAG 45 ( <i>P. purpureum</i> ). A. Metáfase mitótica com 2n=28 cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5 µm; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998. ....	80
3	BAG 46 ( <i>P. purpureum</i> ). A. Metáfase mitótica com 2n=28 cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5 µm; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998. ....	81
4	BAG 65 ( <i>P. purpureum</i> ). A. Metáfase mitótica com 2n=28 cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5 µm; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998. ....	82
5	BAG 103 ( <i>P. purpureum</i> ). A. Metáfase mitótica com 2n=28 cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5 µm; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998. ....	83

- 6 BAG 55. A. Metáfase mitótica com  $2n=54$  e 66 cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu\text{m}$ ; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998..... 84
- 7 F92-176-1 (Híbrido interespecífico).  
A. Metáfase mitótica com  $2n=21$  cromossomas;  
B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu\text{m}$ ; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998..... 85
- 8 F92-167-1(Híbrido interespecífico).  
A. Metáfase mitótica com  $2n=21$  cromossomas;  
B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu\text{m}$ ; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998. .... 86
- 9 Hexaplóide 199. A. Metáfase mitótica com  $2n=42$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu\text{m}$ ; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998. .... 87
- 10 Hexaplóide 204. A. Metáfase mitótica com  $2n=42$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu\text{m}$ ; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998. .... 88
- 11 Selvagem 3 (*P. setosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=54$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu\text{m}$ ; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998. .... 89

- 12 Selvagem 4 (*P. setosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=54$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998. .... 90
- 13 Selvagem 6 (*P. setosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=54$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998. .... 91
- 14 Selvagem 1 (*P. nervosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=36$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), se (semente), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998..... 92
- 15 Selvagem 8 (*P. nervosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=36$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998. .... 93
- 16 Selvagem 9 (*P. nervosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=36$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As setas indicam satélites e as barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998..... 94
- 17 Selvagem 10 (*P. nervosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=36$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998..... 95



- 18 Selvagem 12 (*P. nervosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=36$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As setas indicam satélites e as barras representam: A. 5 µm; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998..... 96
- 19 Selvagem 13 (*P. nervosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=36$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), se (semente), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5 µm; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998..... 97
- 20 Selvagem 14 (*P. nervosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=36$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5 µm; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998. .... 98
- 21 Selvagem 16 (*P. nervosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=36$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5 µm; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998. .... 99
- 22 Selvagem 17 (*P. nervosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=36$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5 µm; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998..... 100
- 23 Selvagem 15 (*P. af. Orientale*). A. Metáfase mitótica com  $2n=36$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl4 (4ª gluma), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma),

	gli (1ª gluma). As barras representam: A. 5 µm; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998. ....	101
24	Dispersão gráfica dos escores das duas variáveis canônicas mais importantes para os 22 acessos de <i>Pennisetum spp.</i> do Banco de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite. UFLA. Lavras, MG, 1998.....	68
25	Dendrograma obtido pelo método do vizinho mais próximo, a partir da distância generalizada de Mahalanobis, para os 22 acessos de <i>Pennisetum spp.</i> do Banco de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite. UFLA. Lavras, MG, 1998. ....	69

## RESUMO

TECHIO, Vânia Helena. Citotaxonomia de algumas espécies e de híbridos interespecíficos de *Pennisetum*. Lavras: UFLA, 1998. 112 p. (Dissertação-Mestrado em Agronomia - Genética e Melhoramento de Plantas)

Foram realizados estudos citotaxonômicos em 27 acessos de *Pennisetum* spp. pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite. Para cada um destes acessos, são apresentados dados morfológicos reprodutivos e citogenéticos, os quais permitiram estabelecer agrupamentos entre eles e sugerir as identificações botânicas. As metáfases dos acessos caracterizados como *P. purpureum*, confirmaram  $2n=28$  cromossomas, já descritos para esta espécie. Para os híbridos entre *P. purpureum* e *P. glaucum* e para os hexaplóides, resultantes da duplicação dos cromossomas desses híbridos, foram confirmados  $2n=21$  e  $2n=42$  cromossomas, respectivamente. Os acessos selvagens 3, 4, 5 e 6, identificados como *P. setosum*, mostraram metáfases com  $2n=54$  cromossomas, enquanto que para os acessos selvagens 1, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16 e 17, caracterizados como *P. nervosum*, foram observadas células com  $2n=36$ . Distinto dos demais pelos caracteres morfológicos, o acesso selvagem 15, com  $2n=36$  cromossomas, foi classificado como *P.af. orientale*. Por apresentar variação de 54 a 66 cromossomas em células de uma mesma raiz, o acesso BAG 55, reconhecido no Banco de Germoplasma como capim-elefante baiano, não foi identificado taxonomicamente. Foram ainda empregados dois procedimentos estatísticos (variáveis canônicas e análise de agrupamento com base na distância generalizada de Mahalanobis), que reforçaram as conclusões obtidas a partir da análise citogenética e morfológica.

---

\* Comitê Orientador: Lisete Chamma Davide - UFLA (Orientadora), Antônio Vander Pereira - Embrapa Gado de Leite e Eduardo Bearzotti - UFLA.

## ABSTRACT

TECHIO, Vânia Helena. Cytotaxonomy of some species and of interspecific hybrids of *Pennisetum spp.* Lavras: UFLA, 1998. 112 p. (Dissertation-Master Program in Agronomy)\*

Cytotaxonomic studies were carried out on 27 accessions of *Pennisetum spp.* belonging to the Active Germplasm Bank of Embrapa Gado de Leite. For each one of these accessions, cytogenetics and reproductive morphologic data are presented, which allowed to establish groupings among them and to suggest the botanical identifications. The metaphases of the accessions characterized as *P. purpureum*, confirmed  $2n=28$  chromosomes, already described for this species. For the hybrids between *P. purpureum* and *P. glaucum* and for the hexaploids, resultants of the duplication of the chromosomes of those hybrids,  $2n=21$  and  $2n=42$  chromosomes were confirmed, respectively. The wild accessions 3, 4, 5 and 6, identified as *P. setosum*, showed metaphases with  $2n=54$  chromosomes, while for the wild accessions 1, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16 and 17, characterized as *P. nervosum*, were observed cells with  $2n=36$ . Different from the others for the morphologic characters, the wild access 15, with  $2n=36$  chromosomes, was classified as *P. af. orientale*. For presenting variation of 54 to 66 chromosomes in cells of a same root, the access BAG 55, recognized in the Germplasm Bank as "baiano" napiergrass, could not be classified taxonomic. They were still used two procedures statistical (canonical variables and clusters analysis with basis in the Mahalanobis distances), that reinforced the conclusions obtained from the cytogenetics and morphologic analysis.

---

\* Guidance Committee: Lisete Chamma Davide - UFLA (Major Professor), Antônio Vander Pereira - Embrapa Gado de Leite e Eduardo Bearzotti - UFLA.

## 1. INTRODUÇÃO

O gênero *Pennisetum* Rich. é composto por cerca de 140 espécies, compreendendo espécies cultivadas importantes como o capim-elefante, o milheto e o capim quicuío (Brunken, 1977; Kativu e Mithen, 1987).

As espécies pertencentes a este gênero constituem um grupo heterogêneo, apresentando diferentes números básicos de cromossomas ( $x=5, 7, 8$  e  $9$ ), níveis de ploidia variando de diplóide a octaplóide, comportamento reprodutivo sexual ou apomítico e ciclo de vida anual, bianual ou perene (Martel et al., 1997).

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.), pelo seu elevado potencial produtivo, capacidade de suporte e qualidade nutritiva, tem sido apontado como a mais importante forrageira tropical capaz de proporcionar uma substancial melhoria na produtividade de leite a pasto (Pereira, 1994a). O milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] é uma espécie com duplo propósito, cujos grãos são usados para consumo humano e a forragem como alimento para o gado (Minocha, 1991).

Além disso, tanto o capim-elefante quanto o milheto apresentam várias cultivares que possuem grande diversidade de formas, tipos e com ampla variabilidade genética para a grande maioria dos caracteres. O número de espécies selvagens descritos na literatura também é relativamente alto. Algumas destas têm sido utilizadas para fins forrageiros ou ornamentais, apresentando um bom potencial a ser empregado em programas de melhoramento. Devido a diversidade e também pelo fato de que muitas cultivares foram introduzidas em diferentes regiões com nomenclaturas diferentes, muitas vezes a caracterização e classificação taxonômica torna-se duvidosa e controvertida.

Manter espécies e cultivares corretamente identificadas é um dos desafios dos bancos de germoplasma, isto porque, de um modo geral, são eles os responsáveis pela manutenção de coleções enormes de acessos de diversas espécies. A importância dessas coleções de amostras de germoplasma, reside no fato de conservar a diversidade genética das espécies e servir como fonte de informações para atividades de pesquisa e intercâmbio. Este também é o propósito do Banco Ativo de Germoplasma da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite - Embrapa Gado de Leite, localizado em Coronel Pacheco-MG, onde estão conservados 120 acessos de capim-elefante, 20 de outras espécies de *Pennisetum* e mais uma coleção composta por 40 acessos de *Pennisetum glaucum* (Pereira, 1994a).

Por apresentar um número elevado de materiais, acredita-se que nesta coleção sejam conservados muitos acessos duplicados, apresentando pouca variabilidade e colocando em dúvida a representatividade dos diferentes ecossistemas. Isso justifica um trabalho amplo de avaliação dos acessos com vistas a obter informações corretas quanto à identidade botânica e constituição genética do germoplasma e também para eliminação segura das duplicatas.

Classicamente, a caracterização de cultivares tem sido feita com base em uma série de atributos morfológicos (Kativu e Mithen, 1987; Schank e Chynoweth, 1993; Ouendeba et al., 1995). O uso de métodos convencionais de taxonomia, como é o caso da morfotaxonomia, contudo, é bastante falho, haja visto que avaliando-se caracteres morfológicos e agronômicos, deve-se considerar a ocorrência de interação genótipo x ambiente.

Com o advento da Biosistemática nos anos 40, novas oportunidades surgiram para caracterização e avaliação do germoplasma, pelo fato de se agregarem conhecimentos de diversas áreas para solucionar problemas de ordem taxonômica.

Recentemente alguns trabalhos envolvendo separação eletroforética através de padrões de isoenzimas e citometria de fluxo foram desenvolvidos com a finalidade de caracterizar cultivares de numerosas espécies, incluindo as pertencentes ao gênero *Pennisetum* (Daher, 1993; Passos e Vidigal, 1994; Passos, Lambert e Galbraith, 1994). Todavia, estes dados ainda necessitam de confirmação.

Da mesma forma, diversos trabalhos com análises citogenéticas têm sido realizados em *Pennisetum*, entretanto, pouca ou quase nenhuma relação foi feita entre os resultados desses estudos e a taxonomia (Manara, 1973; Hanna, 1981; Dujardin e Hanna, 1983 e 1985; Hanna e Dujardin, 1986).

Assim, este trabalho visa, do ponto de vista da biosistemática, caracterizar citogenética e morfológicamente algumas espécies e híbridos interespecíficos de *Pennisetum* pertencentes ao Banco de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite, contribuindo com os estudos taxonômicos das espécies deste gênero.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Caracterização geral e posição taxonômica do gênero *Pennisetum*

O gênero *Pennisetum* L. Rich. é um dos mais importantes da família *Poaceae* (*Gramineae*) e da tribo *Paniceae* e é amplamente distribuído pelos trópicos (Schmelzer, 1997). As espécies *Pennisetum purpureum* Schum. e *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., capim-elefante e milheto, respectivamente, são as mais conhecidas e de maior importância agrônômica. Outras espécies são também utilizadas como forrageiras ou usadas como plantas ornamentais.

De acordo com Hrish (1952), a primeira menção do nome genérico *Pennisetum* foi feita por Persoon em sua "Sinopse" em 1805, provavelmente baseado na forma plumosa das cerdas. Posteriormente, Richard (citado por Hrish, 1952), utilizou este mesmo nome para denominar o gênero e que é também utilizado pelos modernos sistematas. Entretanto, ainda hoje, tem-se dificuldade em classificar o gênero *Pennisetum*, o qual pode ser facilmente confundido com os gêneros *Setaria* P. Beauv. e *Cenchrus* L.. A semelhança entre estes gêneros é devida a presença de cerdas. Contudo, algumas diferenças permitem distinguir *Pennisetum* dos demais gêneros. Em *Pennisetum*, as inflorescências são classificadas como panículas e são constituídas por espiguetas que apresentam cerdas e que, conjuntamente, compreendem uma estrutura denominada involúcro (Kativu e Mithen, 1987; Diz, 1994). Quando as sementes estão maduras, o involúcro cai deixando a raquis com nenhuma cerda (Kativu e Mithen, 1987). Ao contrário, no gênero *Setaria*, as cerdas permanecem presas à raquis até as espiguetas caírem e em *Cenchrus*, as cerdas são fusionadas na base adquirindo um aspecto tipo cálice (Kativu e Mithen, 1987; Schmelzer, 1997).



Além disso, a posição taxonômica do gênero *Pennisetum* dentro da tribo *Paniceae* sofreu inúmeras alterações ao longo dos anos. Seções também foram estabelecidas em *Pennisetum* por diversos autores. O arranjo taxonômico de *Pennisetum* foi sumarizado por Hrisi (1952):

1. Kunth, 1835 - Tribo *Paniceae* :

*Setaria*  
*Gymnotrix*  
*Pennisetum*  
*Penicillaria*  
*Cenchrus*

2. Walpers, 1861 - Tribo *Paniceae* :

*Setaria*  
*Gymnotrix Beckeropsis*  
*Pennisetum*  
*Amphochaeta*  
*Penicillaria (Eriochaeta)*  
*Cenchrus*

3. Bentham e Hooker, 1880 - Tribo I. *Paniceae* :

*Setaria*  
*Cenchrus*  
*Plagiosetum*  
*Pennisetum*: *Gymnotrix,*  
*Penicillaria*  
*Pennisetum*  
*Backeropsis*

4. Boissier, 1884 - *Paniceae*:

*Setaria*  
*Cenchrus*  
*Pennisetum*: *Eu-Pennisetum*  
*Penicillaria*

5. Engler e Prantl (Hackel), 1887 - *Paniceae*:

*Setaria*  
*Cenchrus*  
*Plagiosetum*

*Pennisetum*: *Pennisetum (Eriochaeta)*  
*Penicillaria*  
*Gymnotrix*  
*Beckeropsis*

6. Hooker, 1897 - *Paniceae*:

*Setaria*  
*Cenchrus*  
*Pennisetum*: *Penicillaria*  
*Pennisetum (incluindo Cenchrus*  
*ciliaris)*

7. Thiselton-Dyer (Stapf), 1900 - *Paniceae*:

*Setaria*  
*Stenotaphrum*  
*Pennisetum*: *Penicillaria*  
*Eu-pennisetum*  
*Gymnothrix*  
*Beckeropsis*

8. Collett, 1902 - *Paniceae*:

*Setaria*  
*Pennisetum*

9. Cooke, 1908 - *Paniceae*:

*Spinifex*  
*Pennisetum*  
*Cenchrus*  
*Setaria*

10. Bews, 1929 - *Paniceae*:

*Setaria*  
*Chamaeraphus*  
*Paratheria*  
*Pennisetum*  
*Plagiosetum*  
*Cenchrus*

11. Hutchinson e Dalziel, 1931 - *Paniceae*:

*Paratheria*  
*Beckeropsis*  
*Cenchrus*

*Pennisetum*: *Gymnothrix*  
*Eu-pennisetum*  
*Penicillaria*  
*Brevivalvula*

12. Stapf e Hubbard, 1934 - *Paniceae* - *Cenchastrae*:

*Anthephora*  
*Cenchrus*  
*Odontelytrum*  
*Pennisetum*: *Gymnothrix*  
*Eu-pennisetum*  
*Penicillaria*  
*Heterostachya*  
*Brevivalvula*

13. Gamble, 1934 - *Paniceae*:

*Setaria*  
*Pseudoraphis*  
*Rhynchelytrum*  
*Pennisetum*  
*Cenchrus*  
*Isachne*

14. Robyns, 1934 - *Paniceae*

*Cenchastrae*:  
*Cenchrus*  
*Pennisetum*  
*Beckeropsis*

Atualmente, baseado em caracteres morfológicos, tem sido mais aceita a classificação feita por Stapf e Hubbard, em 1934 (citados por Schmelzer, 1997), onde foram estabelecidas 5 seções: *Penicillaria*, *Eu-pennisetum*, *Heterostachya*, *Brevivalvula* e *Gymnothrix*. Mais recentemente, Brunken (1977) classificou as duas espécies da seção *Penicillaria* (*P. purpureum* e *P. glaucum*) em uma nova seção que ele denominou de *Pennisetum*.

Além dos problemas relacionados à definição da posição taxonômica, como pôde ser constatado, as espécies pertencentes ao gênero *Pennisetum* têm recebido numerosos nomes científicos por causa dos diversos tratamentos dados

pelos taxonomistas, e isso também tem dificultado a identificação de diferentes materiais.

Através do trabalho de diversos autores (Hrishi, 1952; Meredith, 1954; Duclos-Havard, 1969; Gould, 1975; Bogdan, 1977; Burger, 1980; Jauhar, 1981; Smith, Wasshausen e Klein, 1982; Renvoize, 1984; Harri, 1991; Skerman e Riveros, 1992 e Schmelzer, 1997), pode-se avaliar melhor este problema, onde são apresentadas algumas espécies e as suas respectivas sinonímias botânicas:

1. *Pennisetum alopecuroides* Nees. ex Steud.  
*Pennisetum Hohenackeri* Hochst. ex Steud.  
*Pennisetum aureum* Dalz & Gibs.  
*Gymnothrix Alopecuroides* Nees.  
*Gymnothrix cenchroides* Roem & Sch.  
*Cenchrus hordeiformis* Herb. Rottle ex Steud.  
*Panicum helvolum* Herb. Madr. Ex Wall.  
*Panicum hordeiforme* Thumb.
2. *Pennisetum bambusiforme* (Fourn.) Hemsl. ex Jacks.  
*Gymnothrix bambusiforme* Fourn.
3. *Pennisetum ciliare* (L.) Link  
*Cenchrus ciliaris* L.  
*Pennisetum cenchroides* L. Rich.
4. *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiovenda  
*Pennisetum longistylum* Hochst. var *clandestinum*  
*Pennisetum inclusum* Pilger.
5. *Pennisetum complanatum* (Nees) Hemsl.  
*Gymnothrix complanata* Nees.  
*Gymnothrix grisebachiana* Fourn.
6. *Pennisetum distachyum* Ruprecht.  
*Gymnothrix distachya* (Rupr.) Fourn.
7. *Pennisetum glaucum*  
*Panicum glaucum* L.  
*Holcus spicatus* L.

*Pennisetum thyphoideum* L. Rich.  
*Pennisetum spicatum* (L.) Willd.  
*Pennisetum americanum*  
*Pennisetum nigritarum*  
*Pennisetum echinurus*  
*Pennisetum albicauda*  
*Pennisetum typhoides*

8. *Pennisetum Hohenackeri* Hochst. ex Steud.

*Pennisetum alopecuros* Steud.  
*Pennisetum catabasis* Stapf.

9. *Pennisetum latifolium* Sprengel.

*Gymnothrix latifolia* (Spreng.) Schult.  
*Gymnothrix tristachya* Doell in Mart.

10. *Pennisetum macrourum*

*Panicum macrourum* Trin.  
*Setaria macrostachya* H. B. K.

11. *Pennisetum massaicum*

*Pennisetum megianum* L.

12. *Pennisetum nervosum* (Nees.) Trin.

*Gymnothrix nervosa* Nees.  
*Cenchrus nervosus* (Nees.) Ktze.

13. *Pennisetum orientale* Rich.

*Pennisetum araneosum* Edgew.  
*Pennisetum asperifolium* Kunth.  
*Pennisetum elatum* Hochst. Ex Steud.  
*Pennisetum fasciculatum* Trin.  
*Pennisetum Griffithii* Munro.  
*Pennisetum macrostachyum* Fres.  
*Pennisetum phalariforme* Steud.  
*Pennisetum ruppellii* Steud.  
*Pennisetum sinaicum* Decne.  
*Pennisetum tiberiadis* Boiss.  
*Panicum orientale* Willd.  
*Panicum triflorum* Nees.  
*Cenchrus asperifolius* Desf.  
*Cenchrus hordeiformis* Pers.

*Cenchrus orientalis* Willd.

14. *Pennisetum polystachyon* Schult.  
*Pennisetum setosum* L. Rich.  
*Pennisetum amethystinum* Beauv.  
*Pennisetum purpurascens* H. B. & K. Nov.  
*Pennisetum uniflorum* H. B. & K. Nov.  
*Pennisetum ramosum* C. Sm.  
*Pennisetum alopecuroides* Desv. ex Hamilt.  
*Pennisetum erubescens*, Desv. ex Hamilt.  
*Pennisetum violaceum* Trin.  
*Pennisetum hirsutum* Nees.  
*Pennisetum pallidum* Nees.  
*Pennisetum borbonicum* Kunth, Ver.  
*Pennisetum Richardii*, Kunth, ver.  
*Pennisetum flavescens* Presl. Rel.  
*Pennisetum dasystachyum* Desv.  
*Pennisetum Hamiltonii* Steud.  
*Pennisetum Myurus* Parl.  
*Pennisetum ciliatum* Parl ex Webb in Hook.  
*Pennisetum elegans* Ness. ex Steud.  
*Pennisetum tenuispiculatum* Steud.  
*Pennisetum nicaraguense* Fourn.  
*Pennisetum reversum* Hack. ex Buettn.  
*Pennisetum indicum* Leke in Zeitschr.  
*Pennisetum indicum* var. *purpurascens* O. Kuntze, Ver.  
*Pennisetum gabonense* Franch.  
*Pennisetum canda-ratti* Franch.  
*Pennisetum stenostachyum* A.  
*Panicum polystachyon* Linn.  
*Panicum cenchroides* L. Rich.  
*Panicum erubescens* Willd.  
*Panicum barbatum* Roxb.  
*Panicum densispica* Poir.  
*Panicum longisetum* Poir.  
*Panicum triticoides* Poir.  
*Panicum canda-ratti* Schum., Beskr.  
*Cenchrus setosus* Sw.  
*Setaria erubescens* Beauv.  
*Setaria cenchroides* Roem. & Schult.  
*Setaria geniculata* Sieb. ex Schult.  
*Gymnothrix geniculata* Schult.

*Gymnothrix polystachya* Swartz, ex Trin.

15. *Pennisetum prieurii* Kunth.

*Cenchrus prieurii* (Kunth.) Maire.

16. *Pennisetum purpureum* Schumach.

*Pennisetum macrostachyum* Benth.

*Pennisetum benthamii* Stend.

*Pennisetum nitens* (Anderss) Hack.

*Pennisetum benthamii* var. *nudum* Hack.

*Pennisetum pallescens* Leeke.

*Pennisetum lachonorrhachis* A. Peters.

17. *Pennisetum Ruppelli*, Steud.

*Pennisetum setaceum* (Forsk.) Chiov.

18. *Pennisetum setosum* (Swartz.) L. Rich.

*Cenchrus setosus* Swartz.

*Pennisetum alopecuróides* Desv.

*Pennisetum erubescens* Desv.

*Pennisetum hamiltonii* Steud.

*Panicum cenchroides* L. Rich.

*Pennisetum polystachyon* Schult.

19. *Pennisetum subangustum* (Schum.) Stapf e Hubbard

*Panicum subangustum* Schum.

20. *Pennisetum tetrastachyum* K. Schum.

*Pennisetum schweinfurthii* Pilg.

21. *Pennisetum unisetum* Benth.

*Beckeropsis uniseta* (Ness) Robyns

22. *Pennisetum villosum* R. Br. Ex. Fresen

*Cenchrus longisetus* M. C. Johnson

*Cenchrus villosus*

Como já foi relatado anteriormente, a posição taxonômica de *Cenchrus* e a sua relação com *Pennisetum* têm sido motivo de discussões e controvérsias. A classificação de *Cenchrus ciliaris* L. [sinonímia *Pennisetum ciliare* (L.)], por

exemplo, tem oscilado entre os gêneros *Pennisetum* e *Cenchrus*, e portanto, ela pode ser considerada uma forma intermediária. Para Kativu e Mithen (1987), *Cenchrus ciliaris* tem um parentesco mais estreito com *P. massiacum* Stapf. e *P. mezianum*, com os quais pode ter tido introgressão. Já, segundo Burger (1980) e Pohl citado por Schmelzer (1997), existem algumas características em *Cenchrus ciliaris* que levam a crer que há uma maior proximidade com *Pennisetum*, tais como: cerdas ásperas antrorsas, e que são retrorsas em outras espécies de *Cenchrus*; o número básico de cromossomas de  $x=9$  e a extensiva ocorrência de apomixia.

Há também que se considerar quando se trata da identificação de materiais, que muitas das espécies de domínio popular são introduzidas em diferentes regiões com nomenclaturas comuns diferentes e isso, de acordo com Pereira (1994a), além de “aumentar o número de variedades”, conduz a um esforço extra nos Bancos de Germoplasma na preservação e identificação de duplicatas. O levantamento de nomes comuns de espécies forrageiras tropicais feito por Mejía (1984) e relatos de outros autores como Duclos-Havard (1969) e Smith, Wasshausen e Klein (1982), ilustra bem esta situação:

1. *P. ciliare*
  - pasto de taldo
  - capim búfalo
  - capim buffel
  - capim carrapicho
  
2. *P. clandestinum*
  - capim Kikuyo
  - capim kikuyu
  - capim quicuiu
  - kikuio
  - pasto-africano
  
3. *P. latifolium*
  - rabo-de-rato-comum



4. *P. glaucum*.

milheto  
tifóides  
capim-italiano  
pasto-italiano  
capim-charuto

5. *P. polystachyon*

rabo de raposa

6. *P. purpureum*

capim-elefante  
capim de Rhodesia  
capim napier  
capim-napiê  
herba elefante  
erva-elefante  
napier  
capim-gigante  
cana-de-açúcar falsa

Em vista desta diversidade de nomes científicos e comuns que se empregam em diferentes regiões para referir-se a mesma espécie botânica, surgem uma série de dúvidas e predições. Este fato, logicamente, tende a dificultar e retardar o processo de análise e difusão de informações, justificando a realização de trabalhos que associem informações de diversas áreas, como: genética, ecologia, citologia, química, entre outras, para auxiliar na solução de um problema de ordem taxonômica.

Conhecer e classificar corretamente as espécies do gênero *Pennisetum*, reconhecendo a sua imensa diversidade, constitui uma tarefa difícil. No entanto, após feito isso, passa-se a dispor de um sistema de referência a respeito de cada espécie, não exclusivamente em relação ao seu nome, mas, sobretudo, quanto às informações biológicas associadas a ele.

Tratando-se particularmente deste gênero, este fato merece destaque pela sua aplicabilidade no auxílio aos programas de melhoramento genético. Muitos são os trabalhos que descrevem, por exemplo, a possibilidade de transferência de genes de espécies selvagens para cultivadas. Dujardin e Hanna (1983, 1984, 1985, 1989 e 1990), desenvolveram uma série de investigações com esse intuito, com ênfase à transferência de genes que controlam a apomixia de espécies silvestres, como *P. squamulatum*, para *P. glaucum*. Certamente que a catalogação destas espécies associadas ao conhecimento profundo da biologia da planta, contribuem decisivamente para o sucesso destes estudos. Esta é também uma das funções dos Bancos Germoplasma, ou seja, dispor de informações corretas a respeito do germoplasma, servindo como fonte de consulta aos pesquisadores e referência para estudos e intercâmbios.

## 2.2. Origem e descrição morfológica de algumas espécies de *Pennisetum*

Existem poucas informações sobre a origem filogenética e os centros de diversificação do capim-elefante (*P. purpureum*). A espécie é originária da África e provavelmente foi introduzida no Brasil em 1920, no Rio Grande do Sul, com mudas trazidas dos Estados Unidos. Outra introdução foi relatada em 1921, com material trazido de Cuba para o Estado de São Paulo (Brunken, 1977; Faria, 1994).

Para o milheto, acredita-se ainda que os primeiros cultivos foram realizados no Norte e Oeste da África. Após a sua domesticação, ocorrida há mais de 4000 - 5000 anos, ele distribuiu-se nas áreas tropicais semi-áridas da África e Ásia (Kumar e Niamey citados por Mesquita, 1996).

Similarmente a *P. purpureum* e *P. glaucum*, a maioria das espécies selvagens de *Pennisetum* têm na África o seu centro de diversidade (Hitchcock, 1935; Bogdan, 1977; Kativu e Mithen, 1987 e Schmelzer, 1997). As espécies

pertencentes à seção *Brevivalvula*, por exemplo, estão amplamente distribuídas pela África Tropical e têm como provável centro de diversidade, o Oeste da África. Segundo Schmelzer (1997), todas as espécies, exceto *P. atrichum*, migraram (ou foram introduzidas) para a Índia e Norte da Austrália. *P. polystachyon*, de acordo com Bogdan (1977), também foi registrado na América do Sul e *P. nervosum*, conforme Hitchcock (1935), Gould (1975) e Renvoize (1984), é originária da América do Sul, tendo sido encontrada no Brasil, Equador e Argentina.

Morfologicamente, as plantas da espécie *P. purpureum* são perenes, eretas, cespitosas, rizomatosas, de colmos compactos com nós bem salientes, medindo cerca de 1,5 a 3,5 m de altura, com reprodução por sementes e através de rizomas. As folhas são invaginantes, hispídas, medindo 40 a 80 cm de comprimento por 2 a 4 cm de largura. As inflorescências são classificadas como panículas de coloração amarela-avermelhada e medindo 10 a 20 cm de comprimento, sendo densamente floridas, com espiguetas possuindo estigmas plumosos e três estames (Harri, 1991; Pereira, 1994b; Seixas, 1996).

Para Pereira (1994a), o fato de ser uma espécie com grande facilidade para propagação vegetativa, o capim-elefante favorece a manutenção da pureza original do germoplasma, durante as repicagens. Esta forma de propagação elimina o problema de recombinação durante o processo sexual, embora aumente o risco de vulnerabilidade genética.

Essa espécie, também conhecida como capim-napier ou erva-elefante, além do alto potencial forrageiro e elevada produção de matéria seca, apresenta resistência ao ataque de pragas, doenças, boa palatabilidade e valor nutritivo (Seixas 1996). Entretanto, algumas de suas características têm sido consideradas como problemas para sua utilização em pastejo. Entre elas, cita-se a concentração da produção durante o verão, elevado custo de implantação, exigência em fertilidade, presença de pêlos, baixa tolerância a geadas e sementes

deiscentes com baixa fertilidade. Mas, segundo Pereira (1994a), a maioria dos problemas existentes são passíveis de serem resolvidos através do desenvolvimento de cultivares específicas para pastejo.

O milheto, por sua vez, tem porte ereto, anual, podendo apresentar um simples caule com 1 a 3 m, compacto, exceto abaixo da panícula e nos nós, os quais são pilosos. As folhas medem de 20 a 100 cm de comprimento e 5 a 10 mm de largura. A inflorescência é uma panícula densa ou contraída com 10 a 50 cm de comprimento e 0,5 a 4,0 cm de diâmetro e a polinização é cruzada. Comumente é também denominado de pasto italiano, capim charuto e tifóides. (Bogdan, 1977; Pupo, 1979; Alcântara e Bufarah, 1988).

Além disso, para Minocha (1991), o milheto é uma espécie com duplo propósito, cujos grãos são usados para consumo humano e sua forragem como alimento para o gado, e é também o sexto cereal mais importante do mundo, depois do trigo, arroz, milho, cevada e sorgo. De acordo com Pantulu e Rao (1982), nutricionalmente, o grão do milheto é superior ao do trigo, do arroz e do milho em relação ao conteúdo mineral (particularmente cálcio e ferro) e é semelhante em outros constituintes. Burton e Powell (1968) citaram que análises químicas feitas por Aykroyd et al. em 1963, revelaram que o conteúdo e balanço de aminoácidos essenciais no milheto é igual, ou superior, a outros cereais adaptados.

Outras espécies de *Pennisetum* são também utilizadas como forrageiras, é o caso de *P. ramosum*, ou são usadas como plantas ornamentais, como *P. villosum* e *P. setaceum* (Martel et al., 1997). O capim quicuio (*P. clandestinum* Hochst. ex Chiov) tem sido muito utilizado para pecuária de leite e em menor escala para pecuária de corte, podendo ser utilizado diretamente como pasto ou como matéria prima para elaboração de feno de excelente qualidade (Pupo, 1979; Alcântara e Bufarah, 1988).

## 2.3. Descrição citogenética de algumas espécies de *Pennisetum*

### 2.3.1. Complemento cromossômico

Trabalhos relacionados ao tamanho do genoma das espécies mais conhecidas do gênero *Pennisetum* evidenciam uma variação no número básico de  $x=5, 7, 8$  e  $9$  cromossomas (Hanna, 1981; Dujardin e Hanna, 1983 e 1985; Hanna e Dujardin, 1986; Minocha, 1991; Martel et al., 1997)

Veyret citado por Manara (1973) afirmou que no gênero *Pennisetum* foi evidenciada a presença de dois números básicos,  $x=7$  e  $x=9$ . O primeiro ocorrendo na seção *Penicillaria* e o segundo característico das demais seções *Gimnothrix*, *Brevivalvula*, *Eu-pennisetum* e *Heterostachya*.

Neste gênero, o conjunto gênico primário, de acordo com a classificação de Harlan e de Wet citados por Martel, Ricroch e Sarr (1996), inclui três espécies com  $2n=2x=14$  cromossomas, a cultivada, *P. glaucum*, e as duas selvagens, *P. violaceum* e *P. molissimum*. Essas espécies têm uma distribuição simpátrica em alguns sistemas de agricultura tradicional na África. A barreira reprodutiva entre elas não é absoluta, então o fluxo gênico é perceptível nessas situações. Apesar desse fluxo gênico, foi demonstrado que alguns mecanismos, tais como: ligação gênica, competição gametofítica ou fenologia (Robert et al. citados por Martel, Ricroch e Sarr, 1996), contribuem para a manutenção genética destas três espécies. O conjunto gênico secundário é representado por uma espécie alotetraplóide, *P. purpureum*. No conjunto gênico terciário, que abrange todas as outras espécies do gênero, *P. schweinfurthii* é a única com  $2n=2x=14$ .

O capim-elefante tem número básico de cromossomas  $x=7$ , é um alotetraplóide ( $2n=4x=28$ ), com comportamento diplóide normal (Manara, 1973; Brunken, 1977), possuindo genomas A'A'BB, sendo que o primeiro destes

apresenta grande homologia com o genoma A de *P. americanum* e o outro proveniente de um doador desconhecido (Jauhar, 1981).

No trabalho descrito por Manara (1973) com 8 variedades de *Pennisetum purpureum*, foi constatado que o número somático em todas as variedades foi  $2n=28$  e confirmado o número básico  $x=7$  e a origem aloploplóide da espécie.

Pantulu e Venkateswarlu citados por Manara (1973), estudaram a morfologia dos cromossomas de *P. purpureum* no paquíteno. Nos cromossomas 1 e 14 foram identificadas regiões organizadoras do nucléolo. Em todos os cromossomas os centrômeros mostraram-se flanqueados por regiões fortemente coradas. Sete dos 14 cromossomas mostraram knobs no seu braço longo. Esta é a principal característica pela qual eles diferem dos 7 cromossomas da espécie *P. thypoides* (atualmente denominado *P. glaucum*). Estes knobs, entretanto, não estão presentes uniformemente em todas as populações.

O milheto (*P. glaucum*), por sua vez, é uma espécie anual diplóide ( $2n=14$ , genoma AA) com polinização cruzada principalmente devido ao seu hábito de floração protogínica, porém é facilmente auto-fecundado pela colocação de sacos na inflorescência (Powell, Hanna e Burton, 1975).

Apesar das diferenças em número cromossômico, conforme Martel et al. (1997), *P. purpureum* e *P. glaucum* apresentam genomas praticamente iguais em termos de tamanho (4,59 e 4,71 picogramas, respectivamente). Esses dados, segundo os autores, levam a reconsiderar a hipótese sobre a constituição genômica de *P. purpureum*, como discutido anteriormente. Através da utilização de técnicas de citogenética molecular, como hibridação *in situ*, pode ser possível testar a origem alotetraplóide ou diplóide de *P. purpureum*. Ainda de acordo com Martel et al. (1997), essa espécie pode ter se originado por mecanismos de produção do anfidiplóide através de gametas não reduzidos seguido pela diminuição do tamanho dos cromossomas. Por outro lado, o cariótipo de *P.*

*purpureum* pode ter se originado da fragmentação de cromossomas maiores de um suposto ancestral diplóide com  $2n=14$  cromossomas. Para esse propósito, o DNA genômico total de *P. glaucum* pode ser investigado nos cromossomas de *P. purpureum*.

O milheto e o capim elefante são espécies estreitamente relacionadas, cruzando com grande facilidade e originando híbridos estéreis de grande interesse forrageiro. Normalmente o híbrido interespecífico assemelha-se mais ao capim-elefante, por causa da maior contribuição genética (2/3 dos cromossomas) e da dominância do genoma B de *P. purpureum* sobre o genoma A de *P. glaucum* (Gonzales e Hanna, 1984). A restauração da fertilidade pode ser conseguida pela duplicação do conjunto cromossômico (Dujardin e Hanna, 1985; Hanna e Dujardin, 1986). Estes híbridos possuem 21 cromossomas somáticos e existe grande facilidade para identificar os cromossomas das duas espécies pelo tamanho e forma na placa equatorial, pois os cromossomas de *P. glaucum* são de tamanho bem maior que os de *P. purpureum* (Burton, 1942).

Outra espécie relacionada é *P. squamulatum* (Seção *Heterostachya*, alohexaplóide,  $2n=6x=54$ , genoma SSSSSS), cujo genoma tem homeologia com o genoma do milheto (Dujardin e Hanna, 1984). Essa espécie apresenta elevado potencial de utilização no melhoramento do capim-elefante, possibilitando a ampliação da base genética. Híbridos entre o milheto e *P. squamulatum* ( $2n=41$ , genoma AASSS) também foram obtidos por Dujardin e Hanna (1985).

Além destas, outras espécies já foram caracterizadas citogeneticamente e encontram-se listadas na Tabela 1. Na Tabela 2 encontram-se alguns híbridos interespecíficos e seus respectivos números cromossômicos.

### 2.3.2. Cromossomas B em *Pennisetum*

Os cromossomas B, também denominados cromossomas acessórios, supranumerários e cromossomas extras, representam um dos muitos casos de

variação numérica existente em plantas superiores e animais (Jones e Rees, 1982). Eles são considerados como cromossomas extras, dispensáveis e morfológicamente diferentes, geralmente menores do que os cromossomas *A*, e podem mostrar variação numérica entre e dentro de indivíduos (Jones, 1995). Powell e Burton (1966) descreveram a ocorrência de variação no número de cromossomas *B* entre células de diferentes plantas e também entre diferentes células de uma raiz e de uma antera.

TABELA 1 - Número cromossômico de algumas espécies do gênero *Pennisetum*

Espécie	Número cromossômico	Ploidia	Referências
<b>Seção <i>Gymnothrix</i></b>			
<i>P. ramosum</i> Schum.	2n=10	2x	Rangasamy (1972); Martel et al. (1997)
<i>P. hohenackeri</i> Hochst.	2n=18	2x	Rangasamy (1972); Martel et al. (1997)
<i>P. massaicum</i> Stapf.	2n=32		Rangasamy (1972)
<i>P. alopecuroides</i>	2n= 18 n=18	2x	Hrishi (1952) Sinha et al. (1990) <sup>3</sup>
<i>P. mezianum</i> Leake	2n=32	4x	Martel et al. (1997)
<b>Seção <i>Eu-Pennisetum</i></b>			
<i>P. setaceum</i> (Forsk.) Chiov.	2n=27	3x	Dujardin e Hanna (1989)
	2n=54	6x	Martel et al. (1997)
<i>P. villosum</i> R. Br.	2n=18	2x	Gould, (1975)
	2n=27	3x	Gould, (1975)
	2n=36	4x	Martel et al. (1997)
	2n=45	4x	Rangasamy (1972)
	2n=54	6x	Gould, (1975)
<i>P. clandestinum</i> Hochst.	2n=36	4x	Hrishi (1952)
<b>Seção <i>Heterostachya</i></b>			
<i>P. squamulatum</i> Fresen	2n=54	6x	Rangasamy (1972); Martel et al. (1997)
<i>P. schweinfurthii</i>	2n=14	2x	Martel et al. (1997)
<b>Seção <i>Brevivalvula</i></b>			
<i>P. subangustum</i> Stapf et. Hubb.	2n=18	2x	Remo et al. (1995) <sup>2</sup>
	2n=24		Bogdan (1977)
	2n=32		Bogdan (1977)
	2n=36	4x	Bogdan (1977)
	2n=54	6x	Bogdan (1977)
<i>P. pedicellatum</i>	2n=24 <sup>1</sup>		Joshi et al. (1959) <sup>2</sup>
	2n=30 <sup>1</sup>		Chatterji e Pillai (1970) <sup>2</sup>
	2n=32 <sup>1</sup>		Joshi et al. (1959) <sup>2</sup>

...continua...



Tabela 1, Cont.

	2n=32 <sup>1</sup> , 35 <sup>1</sup>		Carnahan e Hill (1961) <sup>2</sup>
	2n=35+ B <sup>1</sup>		Brunken (1979a) <sup>2</sup>
	2n=36	4x	Rangasamy (1972); Brunken (1979a) <sup>2</sup> ; Renno et al. (1995) <sup>2</sup>
	2n=42		Chatterji e Sahu (1982)
	2n=45	5x	Brunken (1979a) <sup>2</sup> ; Renno et al. (1995) <sup>2</sup>
	2n=48 <sup>1</sup>		Chatterji e Das (1979); Chatterji e Sahu (1982) <sup>2</sup>
	2n=52 <sup>1</sup>		Brunken (1979a) <sup>2</sup>
	2n=53 <sup>1</sup>		Yadav et al. (1980) <sup>2</sup>
	2n=54	6x	Brunken (1979a), Renno et al. (1995) <sup>2</sup>
<i>P. setosum</i> .	2n=18	2x	Renno et al. (1995) <sup>2</sup>
	2n=36	4x	Brunken (1979a) <sup>2</sup> ; Renno et al. (1995) <sup>2</sup>
	2n=45	5x	Brunken (1979a) <sup>2</sup> ; Renno et al. (1995) <sup>2</sup>
	2n=48 <sup>1</sup>		Gould e Soderström (1974) <sup>2</sup>
	2n=52 <sup>1</sup>		Gould e Soderström (1974) <sup>2</sup>
	2n=53 <sup>1</sup>		Pohl e Davidse (1971) <sup>2</sup>
	2n=54	6x	Rangasamy (1972); Hrishii (1952); Brunken (1979a) <sup>2</sup>
	2n=56 <sup>1</sup>		Muniyama e Narayan (1975) <sup>2</sup>
	2n=63 <sup>1</sup>		Gould (1965) <sup>2</sup>
	2n=78 <sup>1</sup>		Gould (1965) <sup>2</sup>
<i>P. longystilis</i> R. Br.	2n=54	6x	Rangasamy (1972)
<i>P. atrichum</i>	2n=36	4x	Brunken (1979a) <sup>2</sup>
<i>P. hordeoides</i>	2n=18	2x	Khosla e Mehra (1973) <sup>2</sup>
	2n=36	4x	Renno et al. (1995) <sup>2</sup>
	2n=54	6x	Renno et al. (1995) <sup>2</sup>
<i>P. orientale</i> Rich.	2n=18	2x	Dujardin e Hanna (1983)
	2n=27	3x	Dujardin e Hanna (1983)
	2n=36	4x	Hrishii (1952)
	2n=45	5x	Dujardin e Hanna (1983)
	2n=54	6x	Dujardin e Hanna (1983)
<i>P. macrourum</i> Trin.	2n=36	4x	Dujardin e Hanna (1989)
<b>Seção <i>Penicillaria</i></b>			
<i>P. purpureum</i> Schm.	2n=28	4x	Rangasamy (1972); Martel et al. (1997)
<i>P. glaucum</i>	2n=14	2x	Rangasamy (1972); Martel et al. (1997)
<i>P. violaceum</i>	2n=14	2x	Martel et al. (1997)
<i>P. mollissimum</i>	2n=14	2x	Martel et al. (1997)
<b>Seções não determinadas</b>			
<i>Cenchrus ciliaris</i>	2n=36	4x	Read e Bashaw (1974)
<i>P. nervosum</i>	2n=36	4x	Gould (1975)

<sup>1</sup> Aneuplóides<sup>2</sup> Citado(s) por Schmelzer (1997)<sup>3</sup> Citado(s) por Goldblatt e Johnson (1994)

TABELA 2 - Número cromossômico de alguns híbridos interespecíficos do gênero *Pennisetum*

Espécie	Ploidia	Referência
<i>P. typhoides</i> x <i>P. purpureum</i>	2n=21	Rangasamy (1972); Burton (1944)
( <i>P. typhoides</i> x <i>P. purpureum</i> ) x <i>P. squamulatum</i>	2n=48	Rangasamy (1972)
<i>P. squamulatum</i> x <i>P. glaucum</i>	2n=41	Patil et al. (1961)
<i>P. dubium</i> x <i>P. typhoides</i>	2n=21	Gildenhuis e Brix (1961) <sup>1</sup>
<i>P. americanum</i> x <i>P. setaceum</i>	2n=25	Hanna (1979) <sup>2</sup>
<i>P. americanum</i> x <i>P. ciliare</i> ( <i>Cenchrus ciliaris</i> )	2n=25	Read e Bashaw (1974)
<i>P. typhoides</i> x <i>P. orientale</i>	2n=16	Patil e Singh (1964); Dujardin e Hanna (1983)
<i>P. schweinfurthii</i> x <i>P. americanum</i>	2n=14	Hanna e Dujardin (1986)
<i>P. orientale</i> x <i>P. americanum</i>	2n=16	Dujardin e Hanna (1983)

<sup>1</sup>Citados por Burton e Powell (1968)

<sup>2</sup>Citados por Pantulu e Rao (1982)

As características, importância e ocorrência dos cromossomas B são bastante discutidas entre diversos autores. Todos estes aspectos foram temas de debates na 1<sup>a</sup> Conferência Internacional sobre Cromossomas B, realizada na Espanha, em 1993. A presença destes cromossomas, conforme foi discutido no encontro, tem sido associada à uma série de caracteres, além dos já citados anteriormente, tais como: (1) nunca ou raramente apresentam organizadores nucleolares; (2) frequentemente exibem não-disjunção na anáfase mitótica resultando em várias frequências entre órgãos no mesmo indivíduo; (3) reduzem a fertilidade e afetam o crescimento quando presentes em grande número e (4) não são portadores de genes com efeitos maiores (Beukeboom, 1994).

Para Jones (1995), a importância dos cromossomas B reside em sua ampla distribuição na natureza, pelas suas propriedades enigmáticas e

oportunidades que eles fornecem como sistemas experimentais para levantar uma série de questões em citogenética molecular e biologia de populações.

Em relação à ocorrência, os cromossomas B já foram encontrados em animais, plantas e fungos. Em plantas, estima-se que 10 a 15% apresentem esses cromossomas (Jones, 1995). Em gramíneas, de acordo com esse autor, foram registrados em aproximadamente 266 espécies, as quais apresentavam ploidia variando de diplóide a octaplóide.

Pesquisadores participantes da Conferência sobre cromossomas B, de acordo com Beukeboom (1994), foram da opinião de que os mesmos B provavelmente ocorrem em todas as taxa vivos e em todas as partes do mundo, pois com o uso de novos métodos de análise cariotípica, foi possível diagnosticá-los em grupos onde eram, até então, desconhecidos, como roedores e peixes neotropicais.

Outro aspecto interessante envolvendo a presença de cromossomas B está no fato de apresentarem mecanismos de perpetuação que, comumente, envolvem segregação preferencial na meiose ou não-disjunção na mitose gametofítica seguido pela inclusão preferencial nos gametas funcionais (Beukeboom, 1994).

Em *Pennisetum*, Pantulu (1960) foi o primeiro a descrever a presença de cromossomas acessórios na espécie *P. typhoides*. Ele verificou uma variação de 1 a 3 em relação ao complemento normal de  $2n=14$ . Na metáfase mitótica, esses cromossomas destacavam-se por apresentarem a metade do tamanho dos cromossomas A, também por serem heterocromatinizados e por estarem localizados preferencialmente na periferia da placa metafásica.

Jones e Rees (1982) relataram para *P. typhoides*, a presença de até 8 cromossomas B e citaram *P. squamulatum* e *P. orientale* com até 2 e 3 cromossomas B, respectivamente. Khalfallah; Sarr e Siljak-Yakovlev (1993)

descreveram para *P. violaceum*, cromossomas B do tipo metacêntrico e número variando de 1 a 4.

Além disso, ao contrário do que se acreditava há pouco tempo, segundo Jones (1995), foi demonstrado que os cromossomas B são portadores de genes (rRNA, especificamente) e apresentam atividade gênica, o que foi demonstrado em *Crepis capillaris*, *Brachycome dichromosomatica* e *Hepatica nobilis* através de hibridação *in situ* e coloração com nitrato de prata. Contudo, em nenhum desses casos, a informação sugeriu que a presença de regiões organizadoras do nucléolo extras tenha afetado o fenótipo. Em *P. typhoides*, alguns dos cromossomas B também foram descritos exibindo atividade de organizadores nucleolares (Burton e Powell, 1968; Pantulu e Rao, 1982; Jones, 1995).

### 2.3.3. Cromossomas com constrição secundária em *Pennisetum*

Uma característica morfológica muito importante dos cromossomas de *Pennisetum* é a presença de constrição secundária em algumas espécies. Esse segmento está em conexão com o satélite que corresponde à região distal do cromossoma constituída, essencialmente, por heterocromatina constitutiva com DNA altamente repetitivo.

Em função de serem vistas durante a prófase, frequentemente associadas ao nucléolo, as constrições secundárias são também denominadas de regiões organizadoras do nucléolo (RONs ou NORs). Isto porque, de acordo com Guerra (1989), nas constrições secundárias situam-se determinados tipos de RNA ribossomais os quais constituirão grande parte do nucléolo.

O tamanho, número e posição das constrições secundárias e satélites, juntamente com outras características morfológicas dos cromossomas, têm sido empregadas extensivamente na caracterização e comparação de cariótipos, auxiliando na determinação de polimorfismos cromossômicos e na distinção de espécies.

Algumas hipóteses sustentadas por Stebbins (1971) sobre as variações que podem ocorrer nesta região do cromossoma e também em outras características, procuram esclarecer a origem destas alterações. Segundo o autor, as diferenças em número, tamanho e posição dos satélites refletem rearranjos estruturais ocorridos no complemento cromossômico.

Stebbins (1950) também sugeriu que tais marcadores podem ser incorporados ou perdidos no decorrer do processo evolutivo, que seu tamanho pode sofrer acréscimos ou decréscimos e que sua atividade como organizador nucleolar pode ser variável.

Estudando espécies de *Capsicum*, Pickersgill (1991) observou a ocorrência de variações no tamanho, número e localização dos satélites e constrições secundárias que correspondiam às RONS ou sítios transcrpcionais de RNA ribossômico. Estas RONS mostravam-se ativas ou não em determinadas condições, sendo encontradas, neste gênero, em número variando de 1 a 3 por complemento haplóide. Conforme a autora, algumas regiões organizadoras do nucléolo são consistentemente expressas na forma de constrição secundária e são realmente utilizadas como marcadores citológicos, enquanto outras são variavelmente expressas, não servindo para este propósito. Esse fenômeno denominado anfiplastia ou dominância nucleolar, pode ocorrer em híbridos interespecíficos ou numa mesma espécie.

Em *Pennisetum*, das seis espécies estudadas por Hrishii (1952), todas revelaram a presença de cromossomas com satélites. *P. Hohenackeri* e *P. alopecuros*, ambos com  $2n=18$ , mostraram 02 cromossomas com satélites na metáfase mitótica. Foram observadas em *P. Ruppellii* ( $2n=27$ ), constrições secundárias em 02 a 03 cromossomas, enquanto que em *P. orientale* ( $2n=36$ ) e *P. clandestinum* ( $2n=36$ ), 04 cromossomas apresentavam satélite. A última espécie estudada, *P. polystachyon* ( $2n=54$ ), mostrou 03 pares de cromossomas com satélite.

No milheto também já foi registrada a presença dessas estruturas. Avdulov citado por Burton e Powell (1968), verificou que o menor par de cromossomas apresentava satélite em seu braço curto. Pantulu, em 1960, havia verificado esta mesma situação. Posteriormente, Pantulu e Rao (1982), descreveram, em algumas variedades de origem africana, um ou dois dos pares de cromossomas grandes com a presença de constrição secundária em seus braços longos.

Das 08 variedades de *P. purpureum* analisadas citogeneticamente por Manara (1973), todas mostraram a presença de satélites ocorrendo em apenas um dos homólogos do par cromossômico, com variação em número de 1 a 2. Segundo a autora, a presença de satélite constatada em somente um dos cromossomas de diferentes pares de homólogos, parece ser resultado do desaparecimento deste marcador citológico no curso da evolução da espécie, através da perda do segmento contendo satélite ou por efeito da hibridação, em que uma das espécies parentais não apresentava satélite.

Mais recentemente, a ocorrência de constrição secundária no sexto par de cromossomas de *P. violaceum* foi constatada por Khalfallah, Sarr e Siljak-Yakovlev (1993).

Como pode ser observado, para grande parte das espécies de *Pennisetum* só se tem informações isoladas sobre o número cromossômico e alguns dados a respeito da morfologia dos cromossomas. Não se obteve, na literatura relacionada, resultados de pesquisas que objetivassem integrar as informações citogenéticas com estudos evolutivos. Informações obtidas através do exame minucioso e comparativo do cariótipo, envolvendo a descrição e análise do tamanho absoluto e relativo dos cromossomas, número, posição e tamanho das constrições secundárias e satélites, posição do centrômero e a quantidade e distribuição de heterocromatina, relacionados aos caracteres geográficos e

morfológicos das espécies cultivadas e silvestres, poderiam contribuir na elucidação da origem e evolução das espécies deste gênero.

#### 2.3.4. Poliploidia e apomixia

Em gramíneas, o fenômeno da poliploidia é bastante freqüente. Segundo Stebbins (1950), cerca de 70% das espécies selvagens conhecidas são de origem poliplóide. No gênero *Pennisetum*, especificamente, Jauhar (1981) citou que aproximadamente 76% das espécies são poliplóides.

Na seção *Pennisetum*, a diploidia é muito freqüente e apenas *P. purpureum* é tetraplóide. Nesta mesma seção foi assinalado um caso de triploidia em *P. typhoides* por Krishnaswamy e Rangasamy, em 1941 (citados por Manara, 1973). Nas seções de número básico 9, a poliploidia é comum, podendo chegar até 7 vezes o número básico, sendo também freqüentemente encontrados aneuplóides.

Estudando treze espécies e dois híbridos interespecíficos pertencentes às cinco seções morfológicas de *Pennisetum*, Rangasamy (1972) verificou que entre as espécies possuindo  $x=9$ , uma série de poliplóides interespecíficos ocorria em níveis de ploidia variando de  $2x$  a  $6x$ . Em *P. pedicellatum* ele descreveu também poliploidia intraespecífica. Os diferentes números cromossômicos de *P. pedicellatum* ( $2n=36$  e  $2n=54$ ), segundo o autor, eram apenas 'citótipos' e não mereciam receber status de subespécies. Para o grupo com  $x=5$ , não foram registradas espécies com número superior a  $2n=10$ . O grupo com  $x=7$  apresentou um diplóide (*P. typhoides*) e um alotetraplóide (*P. purpureum*), e a única espécie do grupo com  $x=8$  investigada foi *P. massaicum* com  $2n=32$ , embora ela também possa ter se originado de uma aneuploidia em  $x=9$ .

Ainda segundo Rangasamy (1972), a existência de um alto grau de poliploidia em *Pennisetum* pode ser devido a natureza altamente protogínica, ao

hábito de crescimento perene associado com a reprodução vegetativa e à apomixia. A produção experimental de híbridos interespecíficos entre diferentes seções de *Pennisetum* (Patil et al.; Ponnaiya, Patil e Singh citados por Rangasamy, 1972) foi também citada como provável origem das espécies através da hibridação a nível de interseção.

A apomixia, no sentido da agamospermia, foi intensamente estudada por Stebbins, em 1950. Ele considera que ocorre reprodução apomítica quando há a formação de sementes assexualmente e o embrião é idêntico ao genitor feminino, tanto em número cromossômico quanto em conteúdo gênico. Stebbins (1950) também relatou a ocorrência de plantas apomíticas facultativas, onde ocorre tanto apomixia quanto anfimixia.

Para Savidan (1985), a grande maioria das gramíneas que compõem as pastagens naturais ou cultivadas das regiões tropicais é constituída por espécies apomíticas.

A apomixia em gramíneas tropicais é geralmente a combinação de aposporia com partenogênese. A aposporia corresponde ao desenvolvimento de sacos embrionários a partir de células somáticas, geralmente células do nucelo. O aumento de tamanho e diferenciação das células começa geralmente antes do início da meiose. Os sacos embrionários apospóricos assim formados distinguem-se dos sacos resultantes da sexualidade (meiose) por sua estrutura. Os sacos sexuais são do tipo clássico - *Polygonum* - porém com uma proliferação das células antipodais. Os sacos apospóricos contêm somente 4 núcleos: 1 oosfera, 2 sinérgides e 1 único núcleo polar. Mesmo que vários sacos de 4 núcleos se desenvolvam dentro de um óvulo, às vezes juntamente com um saco de 8 núcleos, a semente quase sempre conterà somente um embrião que provém do desenvolvimento, sem fecundação, da oosfera de 1 dos sacos de 4 núcleos. A apomixia é portanto, o resultado de uma não-redução (aposporia) seguida de uma não fecundação (partenogênese). Convém notar aqui que o pólen



não é afetado por este processo. As plantas apomíticas geralmente produzem um grão de pólen reduzido e viável. Ele participa da formação do endosperma após a fecundação do núcleo polar e também pode participar da fecundação de plantas sexuais (Savidan, 1985).

Ainda para Savidan (1985), o produto do processo apomítico será evidentemente uma progênie homogênea e com fenótipo maternal. Entretanto, são geralmente distinguidas as formas apomíticas obrigatórias que produzem descendências 100% homogêneas, das formas apomíticas facultativas, nas quais resta uma pequena porcentagem de sexualidade, que leva ao aparecimento de algumas plantas de fenótipo não maternal nas progênies, plantas estas denominadas de "off-types".

Em *Pennisetum*, Schmelzer (1997) relatou 14 espécies (inclusive *Cenchrus ciliaris* L.) apresentando reprodução por apomixia, conforme pode ser constatado na Tabela 3. Todas as espécies descritas eram poliplóides com  $x=9$ , exceto *P. massaicum* Stapf com  $x=8$ , muitas delas com algumas raças cromossômicas euplóides ou aneuplóides.

Ainda segundo Schmelzer (1997), a seção *Brevivalvula* constitui um grupo especial em termos de reprodução, pois a apomixia é mostrada em espécies perenes e anuais da seção, enquanto que complexos agâmicos são normalmente observados somente em plantas perenes. Além disso, espécies desta seção também apresentam outra forma de reprodução denominada viviparidade, que corresponde a conversão da espiguetas, acima das duas glumas, em broto apical em gramíneas (Arber citado por Schmelzer, 1997), em outras palavras seria a formação de brotos vegetativos nas inflorescências das gramíneas. A principal característica dessas espiguetas é que elas são estéreis e a proliferação ocorre sem a formação de sementes. Este fenômeno, também conhecido como proliferação vegetativa e formação de bulbilhos, foi descrito em *P. polystachion* (Nair e Pillai citados por Schmelzer, 1997), *P. pedicellatum*

(Pantulu citado por Schmelzer, 1997), *P. subangustun* e *P. setosum* (Schmelzer, 1997).

Em relação à apomixia, de acordo com Rangasamy (1972), é provável que em *Pennisetum* ela seja estabilizada pela poliploidia e favorecida por características, tais como: hábito perene, propagação vegetativa e parcial ou completa esterilidade evidente neste gênero como registrado para outras espécies de gramíneas.

#### 2.4. Biosistemática

Classicamente, a análise de características morfológicas tem sido empregada na delimitação de um taxon, especialmente entre grupos de indivíduos com caracteres facilmente distinguíveis. Entretanto, com o surgimento da biosistemática, foi possível, com maior segurança, estabelecer agrupamentos e classificações, maximizando as informações em filogenética.

A biosistemática como foi originalmente definida por Camp e Gilly em 1943 (citados por Vickeri, 1984), “procura (1) delimitar unidades bióticas naturais e (2) aplicar para essas unidades bióticas um sistema de nomenclatura adequado para o estabelecimento da informação exata quanto a seus limites, relações, variabilidade e estrutura dinâmica. Na prática, considera-se o uso de métodos de citologia e genética para verificar experimentalmente a relação entre as espécies.

Böcher citado por Jones (1984) afirmou que a biosistemática é um estudo sintético que depende da contribuição de especialistas nas várias áreas: citologistas, bioquímicos, palinologistas..., cujos estudos podem influenciar sobre esse tema. Deste modo, pesquisas em sistemática vegetal voltaram sua atenção para o uso de características citológicas, citogenéticas e propriedades bioquímicas para auxiliar nos estudos de separação de espécies e gêneros.

TABELA 3- Nível de ploidia e relação com o tipo de reprodução em *Pennisetum* e *Cenchrus ciliaris*

Espécies	Ploidia	Tipo de reprodução*	Referências
<i>P. dubium</i>	poliplóides	FAC	Gildenhuys e Brix (1959)
<i>P. flaccidum</i>	5x	APO	Mehra e Remanandan (1973)
	4x	APO	Chatterjee e Timothy (1969a)
		SEX	Mehra et al. (1968)
	2x	SEX	Mehra e Remanandan (1973)
<i>P. frutescens</i>	7x	APO	Jauhar (1981)
<i>P. latifolium</i>		APO	Narayan (1955)
<i>P. macrourum</i>	6x	OBL	Dujardin e Hanna (1984b)
<i>P. massaicum</i>	4x	FAC	D' Cruz e Reddy (1968)
		OBL	Shantamma e Narayan (1977)
	2x	SEX	Jauhar (1981)
<i>P. orientale</i>	4x	OBL	Chatterjee e Timothy (1969b)
	4x	APO	Rangasamy (1972)
	Poliplóides	FAC	Narayan (1951); Simpson e Bashaw (1969); Jauhar (1981)
	2x	SEX	Jauhar (1981)
<i>P. setaceum</i>	3x	APO	Avdulov (1931); Jauhar (1981)
		OBL	Rangasamy (1972)
		FAC	Hrishi (1952)
	6x	APO	Simpson e Bashaw (1969)
<i>P. squamulatum</i>	6x	OBL	Dujardin e Hanna (1984b)
<i>P. villosum</i>	5x	APO	Narayan (1955) Jauhar (1981)
		OBL	Rangasamy (1972)
<i>P. polystachion</i>	6x	FAC	Birari (1981b)
		OBL	Dujardin e Hanna (1984b); Chowdhury e Smith (1988)
	4x	APO	Jauhar (1981); Renno et al. (1995)
<i>P. pedicellatum</i>	poliplóides	FAC	Chatterji e Pillai (1970)
	poliplóides	OBL	Kallyane e Chatterji (1981)
	4x	APO	Renno et al. (1995)
	6x	APO	Nath et al. (1971); Snyder et al. (1994)
<i>P. subangustum</i>	4x	APO	Lubbers et al. (1994)
	2x	SEX	Renno et al. (1995)
<i>P. hordeoides</i>	4x	APO	Renno et al. (1995)
<i>P. setosum</i>	poliplóides	APO	Jauhar (1981)
<i>Cenchrus ciliaris</i>	poliplóides	APO	Fisher et al. (1954); Snyder et al. (1994)
	4x	OBL	Read e Bashaw (1969); Taliaferro e Bashaw (1966)
	2x	SEX	Bashaw (1962)

Fonte: Schmelzer (1997)

\*APO - apomixia

FAC - apomixia facultativa

OBL - apomixia obrigatória

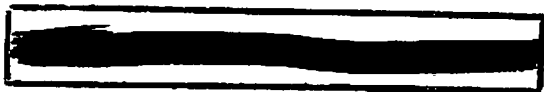
SEX - reprodução sexual

De acordo com Crowder e Chheda, (1982), informações provenientes de diferentes áreas da biologia aplicadas à sistemática forneceram aos taxonomistas novos instrumentos que os levaram a modificar a metodologia empregada na classificação de plantas. Como consequência, algumas revisões têm sido feitas em tribos, gêneros, espécies e subespécies. Em alguns casos, as espécies foram transferidas de um gênero para outro, obrigando a alterações nos nomes e gerando certa confusão.

Com o surgimento das técnicas de genética e citogenética molecular, novos conhecimentos foram incorporados à biosistemática, o que tem contribuído para maiores avanços nesta área.

Particularmente para *Pennisetum*, a literatura descreve que algumas análises têm sido feitas nos últimos anos, a fim de determinar padrões taxonômicos e o grau de relação entre as espécies. Schmelzer (1997), relatou que essas análises baseiam-se em caracteres fitoquímicos qualitativos e quantitativos em diferentes taxa e em padrões genéticos.

Vários autores citados por Schmelzer (1997), analisaram um total de 24 diferentes fitoquímicos de grupos muito parecidos de 12 espécies de *Pennisetum*. Os resultados mostraram que *P. polystachion*, a única espécie da seção *Brevivalvula* estudada, distanciou-se 60% dos outros grupos, basicamente porque nenhum traço de proteína foi obtido, confirmando assim pertencer a uma seção separada. As análises de 4 isoenzimas mostraram que a relação entre espécies de *Pennisetum*, pertencentes às 5 seções, foram freqüentemente consistentes com as informações citogenéticas disponíveis. Foi verificado que existe maior afinidade entre espécies com número básico  $x=9$  com aquelas de número básico  $x=7$  (conjunto gênico secundário e primário). *P. megianum* Leeke, a única espécie com  $x=8$ , mostrou-se mais próxima das espécies com  $x=9$  do que das com  $x=7$  e não foi verificada afinidade específica entre as espécies com  $x=9$  de uma mesma seção. Muitos dos materiais estudados, incluindo *P.*



*polystachion*, apresentaram padrão de bandeamento distinto. As análises de 17 aminoácidos livres em extratos de folha não revelaram informações claras a respeito da afinidade filogenética, embora os traços em si tenham sido altamente espécie-específico. A espécie *P. polystachion* revelou menor afinidade com *P. orientale* (52,9%) e maior com *P. squamulatum* (100%). Nenhuma correlação foi feita a nível de ploidia.

Os resultados dessas análises fitoquímicas evidenciaram basicamente que as seções de *Pennisetum* não são baseadas de outra maneira, senão por similaridades morfológicas. O agrupamento de *P. polystachion* em uma seção separada é baseado primariamente na ausência de certas proteínas da folha. Isso, de acordo com Schmelzer (1997), é questionável porque nenhuma outra espécie da seção foi analisada, assim nenhuma generalização pode ser feita da seção como um todo. Em geral, muitos fitoquímicos parecem ser preferencialmente espécie-específico, o que os tornam úteis como marcadores bioquímicos.

As análises baseadas em padrões genéticos apresentam resultados semelhantes. Lagudah e Hanna citados por Schmelzer (1997) estudaram, em *Pennisetum*, o polimorfismo enzimático de folhas e, posteriormente de protaminas e prolaminas de sementes. Eles utilizaram 15 espécies selvagens e 21 cultivares de milheto, originários de diferentes regiões tropicais. A primeira análise mostrou zimogramas altamente polimórficos em 4 das 6 isoenzimas usadas, assim, foi concluído que a escolha de um sistema de enzimas específico pode levar a deduções variáveis nas relações filogenéticas em todos os 3 conjuntos gênicos. As 3 espécies da seção *Brevivalvula* usadas, *P. polystachion*, *P. pedicellatum* e *P. subangustum* mostraram estar intimamente relacionadas baseado em 2 enzimas, mas altamente divergentes em relação a outra.

Na segunda análise, ainda de acordo com os autores, o polimorfismo de prolamina foi maior nos selvagens do que no milheto cultivado, enquanto que em *P. purpureum*, do conjunto gênico secundário, observou-se maior

similaridade com esse primeiro grupo. Diferenças na composição de prolamina foram verificadas entre todas as espécies do conjunto gênico terciário, causadas ou por origem geográfica diferente ou algumas vezes pelo nível de ploidia. Comparado às seções *Gymnothrix*, *Eu-pennisetum* e *Heterostachya*, as 3 espécies da seção *Brevivalvula* revelaram alto grau de relacionamento, enquanto que dentro desta seção, *P. subangustum* mostrou maior afinidade com *P. polystachion* do que com *P. pedicellatum*. Resultados semelhantes foram obtidos por Chowdhury e Smith (citados por Schmelzer, 1997) com base na variação do DNA mitocondrial e onde foi sugerido que *P. polystachion* e *P. pedicellatum* podem ser considerados como uma espécie em vez de duas, o que é questionável, de acordo com Schmelzer (1997), em função de que não foram analisadas todas as espécies da seção. A conclusão dessas análises é que embora seja difícil determinar as relações filogenéticas, especialmente para o conjunto gênico terciário, a seção *Brevivalvula* parece ser a única razoavelmente coerente.

No caso específico de *P. purpureum*, Pereira (1994a), relatou que a descrição fenotípica tem sido realizada pela utilização de um conjunto de descritores estabelecidos com base no conhecimento da variação do germoplasma. Os descritores mais comuns referem-se aos morfológicos (ex: altura da planta; número, comprimento e diâmetro dos internódios; comprimento e largura das folhas; presença de pêlos, etc.), reprodutivos (ex: época de florescimento; comprimento, diâmetro e cor da inflorescência; tamanho da cariopse, etc.), agronômicos (ex: relação folha/caule e produção de matéria seca) e bioquímicos (ex: digestibilidade e conteúdo protéico). Na Embrapa Gado de Leite, conforme o autor, têm sido utilizados aproximadamente 50 descritores botânico-agronômicos de capim-elefante. No entanto, existem poucas informações sobre a estabilidade de expressão e capacidade discriminatória para a maioria dos caracteres, sendo necessária a seleção de descritores para a caracterização morfológica.

Estudando 60 acessos de *Pennisetum* do Banco de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite e através da utilização de padrão eletroforético, Passos e Vidigal (1994), procuraram caracterizar as cultivares a partir de zimogramas de polipeptídeos extraídos da base da lâmina foliar. Desses estudos, foram obtidos 14 grupos com base na observação de bandas similares. Todavia, de acordo com os resultados, os seguintes aspectos ainda necessitam de confirmação: a) acessos muito distintos em morfologia, algumas vezes foram colocados no mesmo grupo; b) híbridos interespecíficos nem sempre foram separados; c) alguns grupos apresentaram diferenças muito pequenas, é possível que as bandas consideradas ausentes estejam ocorrendo em intensidade muito baixa.

Também trabalhando com material do Banco de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite, Daher (1993), empregando eletroforese, obteve a formação de 20 padrões e bandas, nos quais se distribuíram os acessos avaliados. Segundo ele, a reunião de 25 acessos em um único padrão é um indício do elevado número de duplicatas nesse banco de germoplasma.

Cinquenta e oito introduções de *P. purpureum* analisadas por Augustin e Tcacenco (1993), foram comparadas através dos padrões de fosfatase ácida e esterases revelados por eletroforese em gel de poliacrilamida. As introduções foram separadas em 23 grupos indicando ser a eletroforese um método eficiente para caracterização do germoplasma de capim-elefante. Apesar das diferenças morfológicas previamente observadas, não foi encontrada variação intracultivar nos padrões eletroforéticos analisados. Em alguns casos, introduções de mesmo nome procedentes de diferentes locais apresentaram diferenças, provavelmente devido à mistura varietal.

#### 2.4.1. Contribuições da citogenética para a Biosistemática

A citogenética, especialmente através da análise comparativa de cariótipos entre espécies correlacionadas, tem contribuído de forma significativa para a biosistemática. Inúmeras são as publicações que exemplificam esta situação, tais como os trabalhos de Jones (1984), Greilhuber (1984), Vieira (1988), Ruas (1989), Oliveira (1992), entre outros.

Em sua revisão sobre evidências cromossômicas em taxonomia, Greilhuber (1984) discutiu a importância das informações sobre características quantitativas e estruturais do cariótipo com referência à evolução e seu uso em taxonomia e relações filogenéticas. O autor relatou que avanços consideráveis em tecnologia citogenética vegetal foram obtidos a partir da década de 70, período em que a cariosistemática passou a ser mais explorada. A utilização da cariologia quantitativa e dos métodos para dissecação citoquímica da eucromatina e da heterocromatina produziram um novo nível de resolução taxonômica e adicionaram, significativamente, dados à cariomorfologia e citogenética, estabelecendo os fundamentos da cariosistemática.

Para Guerra (1989), o emprego de técnicas citogenéticas na determinação de táxons (análise citotaxonômica) trouxe uma grande contribuição para os estudos evolutivos, porque os cromossomas constituem o próprio material genético e, portanto, suas alterações são quase sempre significativas para o rumo evolutivo das espécies. Além disso, conforme o autor, o cariótipo é praticamente insensível às variações ambientais ou fisiológicas. Da mesma maneira, a quantidade de DNA ou o número de cromossomas satelitados é uma característica muito mais própria da espécie do que a maioria dos parâmetros morfológicos ou bioquímicos comumente influenciados pelas condições ambientais e fisiológicas.

A avaliação do número cromossômico (gamético, básico, nível de ploidia, cromossomas B), além das observações da existência de diferenciação



longitudinal em cromossomas no paquíteno (constricções secundárias, knobs heterocromáticos, cromômeros) e das análises do comportamento cromossômico durante a meiose (pareamento, frequência de quiasmas) têm permitido aos estudiosos da citogenética estabelecer relações filogenéticas e associar este conjunto de informações a possíveis adaptações em termos de preferências ecológicas, tipos de distribuição geográfica e os prováveis mecanismos de especiação (Vieira, 1988).

Ainda assim, Greilhuber (1984) ponderou que o fato das unidades taxonômicas serem presumivelmente e unicamente estabelecidas com base em caracteres morfológicos, deve servir de exemplo aos citologistas para que não mudem os sistemas taxonômicos baseados somente em dados cromossômicos.

Diversos autores citados por Bertão (1993) consideraram também que a aplicação de estudos cromossômicos na biosistemática poderá ser mais efetiva quando em conjunto com a avaliação de parâmetros morfológicos, ecológicos, geográficos e outros, sendo que esta interação pode conduzir a uma determinação mais precisa de padrões taxonômicos, relações filogenéticas e dos mecanismos evolutivos aparentes nos organismos.

Ainda conforme Greilhuber (1984), também tem se enfatizado em discussões sobre este tema, que nem sempre é de se esperar que ocorra a congruência entre grupos taxonômicos e grupos baseados na similaridade das informações cromossômicas, mesmo em um sistema idealmente perfeito.

Swanson, Timothy e Young (1981) também concordam com a questão de que não é regra relacionar caracteres morfológicos e cromossômicos: existem grupos que exibem cariótipos com diferenças cromossômicas visíveis e, no entanto, são morfológicamente semelhantes, enquanto com outros grupos pode ocorrer o inverso. Os autores exemplificam esta situação entre *Platanus orientalis* e *Platanus occidentalis* que estão separados por milhões de anos e não exibem diferenças cromossômicas óbvias. Enquanto que entre *Drosophila*

*melanogaster* e *Drosophila simulans* que são morfológicamente idênticas e estão isoladas reprodutivamente, existem diferenças em algumas partes do genoma. Neste caso, as alterações gênicas tem efeito sobre a reprodução e menor efeito sobre a morfologia.

Mesmo assim, de um modo geral, os estudos de avaliação cromossômica têm dado contribuições significativas à taxonomia. Forni-Martins (1989) relatou que já existem registros de trabalhos em que a simples análise comparativa de cariótipos foi particularmente útil como subsídio a estudos taxonômicos e evolutivos em grupos onde se pôde observar nítida diferenciação dos resultados, como por exemplo, na família das *Agavaceae*, da ordem das *Liliales*. Em casos onde não havia distinção nítida de cariótipos entre os grupos estudados pode ter sido em função de eles serem extremamente semelhantes a ponto de não poderem ser utilizados como subsídios para determinar posições taxonômicas, mesmo que estas estivessem baseadas numa série de características morfológicas, como por exemplo no estudo comparativo de cariótipos de *Briza* (*Gramineas*) feito por Schifino e Sampaio, em 1979.

Nesse contexto, Vieira (1988) também citou que muitos estudos envolvendo somente contagem do número cromossômico foram utilizados para estabelecer relações filogenéticas e que, embora se conhecendo os problemas das limitações destas análises, a autora fez lembrar os trabalhos clássicos de Senn, em 1938 e de Goldblatt, em 1981.

Em *Pennisetum*, um trabalho feito por Rangasamy (1972), procurou estabelecer as relações entre os dados citogenéticos e morfológicos. Estudando 13 espécies de *Pennisetum*, ele verificou que as mesmas pertenciam a 4 grupos considerando o número básico de cromossomas (5, 7, 8 e 9) mas que, em geral, não correspondiam às seções morfológicas estabelecidas por Stapf em 1934. Mais do que uma seção morfológica incluiu um taxon com um número básico de cromossomas comum e também uma seção incluiu taxa de diferentes grupos de

número básico de cromossomas. Entretanto, a seção morfológica *Penicillaria* mostrou correspondência com um dos grupos de número básico de cromossomas, conforme pode ser mostrado na Tabela 4.

O tamanho dos cromossomas das 13 espécies analisadas, por sua vez, mostrou certa concordância com as seções morfológicas. Os cromossomas eram grandes nas espécies pertencentes às seções *Penicillaria* e *Heterostachya*, enquanto que nas seções *Eu-pennisetum* e *Brevivalvula*, os cromossomas eram pequenos. Por outro lado, a seção *Gymnothrix* foi a única que mostrou cromossomas de tamanhos grandes e pequenos. Ainda nessa seção, o autor observou que as espécies com  $x=5$  apresentavam cromossomas grandes enquanto que as espécies com  $x=8$  e  $x=9$  tinham comparativamente cromossomas pequenos. Tanto citologicamente quanto morfológicamente a seção *Gymnothrix* exibiu alta variabilidade.

TABELA 4 - Distribuição das espécies de *Pennisetum* de diferentes seções morfológicas em 04 grupos considerando número básico de cromossomas.

Seções	Grupos com número básico de cromossomas (x)			
	5	7	8	9
<i>Gymnothrix</i>	<i>ramosum</i>		<i>massaicum</i>	<i>hohenackeri</i>
<i>Penicillaria</i>		<i>typhoides</i> <i>purpureum</i>		
<i>Eu-pennisetum</i>				<i>ruppellii</i> <i>villosum</i>
<i>Heterostachya</i>				<i>squamulatum</i> <i>orientale</i>
<i>Brevivalvula</i>				<i>pedicellatum</i> <i>polystachyon</i> <i>longistylis</i> <i>subangustum</i>

Fonte: Rangasamy, 1972

Mais recentemente, utilizando duas formas contrastantes de *Pennisetum* pertencentes ao conjunto gênico primário e terciário, Martel, Ricroch e Sarr (1996), empregaram a técnica de hibridação *in situ* com sondas de rDNA (18S-5.8S-25S e 5S) na metáfase e intérfase, com o objetivo de avaliar a organização genômica. O conjunto gênico primário foi representado pelo milheto e por suas espécies selvagens relacionadas, *P. violaceum* e *P. mollissimum*. A espécie *P. schweinfurthii* ( $2n=2x=14$ ) foi representativa do conjunto gênico terciário, em função de sua condição diplóide e sua similaridade com os acessos do conjunto gênico primário em número cromossômico. Os resultados mostraram uma similaridade cromossômica da localização das seqüências de rDNA dentro do conjunto gênico primário e está de acordo com a alta identidade genética entre as formas cultivadas e selvagens de milheto previamente revelada por estudos aloenzimáticos.

Um outro trabalho com acessos de *Pennisetum* desenvolvido por Passos, Lambert e Galbraith (1994), procurou caracterizar citótipos de *P. purpureum* através da citometria de fluxo, que atualmente é considerado o método mais preciso para estimar o DNA em núcleos eucariotos. Dos 21 acessos estudados, os resultados sugeriram que eles compreendem 14 citótipos distintos. Todavia, segundo os autores, é ainda necessária a contagem de cromossomas para se verificar se os níveis obtidos de teor de DNA referem-se a núcleos de células na fase G1 (2c) ou na G2 (4c).

## 2.5. Divergência genética

Paralelamente à Biosistemática, a quantificação da divergência genética apresenta-se como uma alternativa para auxiliar na formação de agrupamentos entre e dentro de espécies, podendo corroborar com conclusões baseadas em critérios morfológicos, citogenéticos, bioquímicos entre outros.

A divergência genética entre um par de materiais (sejam populações, linhagens, espécies...) tem sido avaliada por meio de técnicas biométricas (baseadas na quantificação da heterose) ou por processos preditivos (Daher, 1993; Cruz e Regazzi, 1994). Estes métodos preditivos, segundo Ferreira (1993) e Cruz e Regazzi (1994), são baseados em técnicas multivariadas, levando em conta as diferenças morfológicas, fisiológicas e agrônômicas dos progenitores ou do material analisado para determinar a divergência genética, que pode ser quantificada através de medidas de dissimilaridades.

Várias técnicas de análise multivariada são utilizadas para estimar a divergência genética. Dentre estas técnicas citam-se a análise dos componentes principais, as variáveis canônicas e os métodos aglomerativos.

Os métodos aglomerativos, de acordo com Cruz e Regazzi (1994), diferem dos demais, em razão de dependerem fundamentalmente de medidas de dissimilaridade, como a distância Euclidiana e a distância generalizada de Mahalanobis, dentre outras. Já no método dos componentes principais, e também no da análise canônica, o objetivo é avaliar a similaridade dos progenitores (ou de qualquer outro tipo de unidade amostral) por intermédio de uma dispersão gráfica, em que se consideram, em geral, dois eixos cartesianos.

### 2.5.1. Análise de agrupamento

As técnicas de análise de agrupamento têm por objetivo dividir um grupo original de materiais em vários grupos homogêneos, de acordo com algum critério de similaridade ou dissimilaridade (Cruz, 1990). Dentre os métodos de dissimilaridade, a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ) é um dos mais utilizados nos estudos de divergência genética, especialmente àqueles destinados à identificação de genitores para hibridação (Pereira, 1989; Daher, 1993; Cruz e Regazzi, 1994). Para o cálculo dessa distância é necessária uma matriz de variância e covariância residuais, em relação às características avaliadas, e assim

trata-se de uma técnica particularmente apropriada quando os materiais são dispostos em delineamentos com repetições.

Os métodos de agrupamento mais comuns são os hierárquicos, que se baseiam na formação, a partir de  $n$  materiais genéticos de  $n$  grupos, cada um contendo um único material. Então combinam-se os dois materiais mais similares, ou seja, de menor distância, para originar  $n-1$  grupos. Os grupos remanescentes são combinados para originar  $n-2$  grupos, e assim por diante, até haver apenas um único grupo contendo os  $n$  materiais genéticos. Este tipo de agrupamento, usando a menor distância, é denominado método do vizinho mais próximo. Por outro lado, se a distância entre dois grupos é definida como a máxima distância entre pares de variedades, tomadas de cada grupo, o método de agrupamento é denominado do vizinho mais distante. Existem ainda outros métodos, como o da ligação média, e os métodos não hierárquicos, como o método do centróide mais próximo. De maneira geral, os métodos hierárquicos podem ser aglomerativos, ou seja, que procedem por uma série sucessiva de fusões ou os divisíveis, que sofrem uma série de sucessivas divisões (Johnson e Wichern, 1988).

### 2.5.2. Variáveis canônicas

Cruz e Regazzi (1994) consideram as variáveis canônicas como um processo alternativo para avaliação do grau de similaridade entre os materiais genéticos. Da mesma forma que a distância de Mahalanobis, leva em consideração tanto a matriz de covariâncias residuais, bem como a de covariância fenotípica entre os caracteres avaliados, e assim é uma metodologia apropriada quando se dispõe de delineamentos experimentais com repetições.

Ainda de acordo com estes autores, a análise por variáveis canônicas, quando utilizada em estudos de divergência genética, tem como propósito possibilitar a identificação de indivíduos similares em gráficos de dispersão bi

ou tridimensionais. Esta técnica mantém o princípio do processo de agrupamento com base na distância  $D^2$  de Mahalanobis, qual seja o de levar em conta as correlações residuais entre as médias dos materiais genéticos ou da unidade amostral que se está trabalhando.

De forma idêntica, segundo Bock (1975), essa técnica tem como finalidade a explicação da estrutura de variâncias e covariâncias através de um número restrito de combinações lineares dos caracteres originais, considerando tanto a matriz de covariâncias residuais quanto a de tratamentos. São geradas assim novas variáveis para reproduzir a variabilidade total. Geralmente, de acordo com este autor, grande parte dessa variação pode ser avaliada em um número menor ( $k$ ) de variáveis canônicas, sem muita perda da informação existente nos  $p$  caracteres originais. Quando mais de 70% da variação total, para grandes valores de  $p$ , podem ser atribuídos às primeiras variáveis canônicas, os caracteres originais podem ser substituídos.

Cruz e Regazzi (1994) afirmaram que, uma vez que há, nas primeiras variáveis concentração de grande proporção da variância total, como acima de 80%, é viável o estudo da divergência genética por meio de distâncias geométricas entre os materiais genéticos em gráficos de dispersão, cujas coordenadas são escores relativos às primeiras variáveis canônicas.

Para dar uma idéia da importância e aplicabilidade das variáveis canônicas, Ferreira (1993) apresentou resumidamente os objetivos fundamentais desta técnica: (1) resumir o número de caracteres em um grupo de variáveis independentes entre si de menor dimensão e que possuam uma fácil explicação biológica; (2) avaliar a importância de cada caráter e verificar a viabilidade de seu descarte através do seu coeficiente de correlação com cada variável canônica; (3) construção de índices que possibilitem o agrupamento de indivíduos; e (4) permitir o agrupamento de indivíduos com o mais alto grau de

similaridade, mediante exames visuais em dispersões gráficas no espaço bi ou tridimensional.

Vários trabalhos descritos na literatura fazem uso de procedimentos estatísticos multivariados como as variáveis canônicas e análise de agrupamentos para estimar a divergência genética e, alguns deles, para estabelecer relações com a taxonomia, tais como o estudo de Moreira et al. (1995) com o algodoeiro.



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Material genético

Foram avaliados 27 acessos de *Pennisetum spp.* pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite, os quais encontram-se relacionados na Tabela 5.

Os acessos foram escolhidos segundo critério da diferença fenotípica e de origem, a fim de obter uma avaliação dos acessos existentes na coleção. Deste material, 15 representam espécies silvestres de *Pennisetum spp.* obtidos por coleta em ambiente natural, em diversos ecossistemas brasileiros e que, até então, não haviam sido descritos citogeneticamente. Foram também avaliados 5 clones de *Pennisetum purpureum* morfologicamente divergentes e híbridos interespecíficos de *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*, sendo 3 triploídes e 2 hexaploídes. Todas as etapas do experimento desenvolveram-se no Laboratório de Citologia e Citogenética do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras - UFLA.

#### 3.2. Análise citogenética

As análises citogenéticas foram feitas a partir da observação de células meristemáticas de pontas de raízes, obtidas pelo enraizamento das estacas ou por germinação de sementes.

As estacas contendo 2 a 3 nós foram colocadas para enraizar, à temperatura ambiente, em recipientes contendo água destilada. Por apresentarem problemas de enraizamento nas condições citadas, os acessos selvagens foram tratados com solução de ácido 3 indolbutírico (AIB) na concentração de 100 ppm, por 24 horas. Para os acessos 5, 7 e 15 o procedimento foi idêntico, embora tenham sido utilizadas sementes que foram colocadas para germinar, sobre papel filtro, em placas de petri.

TABELA 5 - Relação dos acessos de *Pennisetum spp.* do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite, Coronel Pacheco - MG. UFLA. Lavras, MG, 1998.

<b>Acesso</b>	<b>Nome vulgar</b>	<b>Identificação</b>	<b>Procedência</b>
BAG 27	Mineiro	<i>P. purpureum</i>	
BAG 45	Mole V. Grande x 239-DA-2	Híbrido interespecífico	
BAG 46	Mercker x 239-DA-2	Híbrido interespecífico	
BAG 54	Capim Cana D'África	<i>P. purpureum</i>	
BAG 65	Roxo	<i>P. purpureum</i>	
BAG 103	Pioneiro (Três Rios x Mercker Santa Rita)	<i>P. purpureum</i>	
BAG 55	Baiano (Kizozí)	<i>P. purpureum</i>	
BAG F92-176-01		Híbrido interespecífico	
BAG F92-167-01		Híbrido interespecífico	
BAG F92-167-02		Híbrido interespecífico	
BAG Hexaplóide 199		Híbrido interespecífico	
BAG Hexaplóide 204		Híbrido interespecífico	
BAG Selvagem 3		<i>P. pedicellatum</i>	Distrito Federal
BAG Selvagem 4		<i>P. polystachyon</i>	Goiás
BAG Selvagem 5		<i>P. polystachyon</i>	Mato Grosso
BAG Selvagem 6		<i>P. polystachyon</i>	Mato Grosso
BAG Selvagem 1		<i>P. nervosum</i>	Mato Grosso do Sul
BAG Selvagem 7		<i>P. nervosum</i>	Mato Grosso do Sul
BAG Selvagem 8		<i>P. nervosum</i>	Mato Grosso do Sul
BAG Selvagem 9		<i>P. pedicellatum</i>	Goiás
BAG Selvagem 10		<i>P. polystachyon</i>	Goiás
BAG Selvagem 12		Não identificado	
BAG Selvagem 13		<i>P. nervosum</i>	Mato Grosso do Sul
BAG Selvagem 14		<i>P. latifolium</i>	Rio Grande do Sul
BAG Selvagem 16		<i>P. nervosum</i>	Mato Grosso do Sul
BAG Selvagem 17		<i>P. nervosum</i>	Mato Grosso do Sul
BAG Selvagem 15		<i>P. nervosum</i>	Mato Grosso do Sul

As raízes com aproximadamente 1 cm de comprimento, foram submetidas à sincronização do ciclo celular (procedimento adaptado de Lee et al., 1997), através do tratamento com hidroxipuréia a 2,5 mM, por 14 horas, mantendo-se as mesmas condições de enraizamento e germinação.

Subseqüentemente a esta etapa, as estacas e sementes foram lavadas e transferidas novamente para recipientes contendo somente água destilada para a retomada do processo de divisão celular, onde permaneceram por 6 horas.

Após a sincronização e recuperação, as raízes foram coletadas e pré-tratadas com solução de ciclohexamida 25 mg/l e hidroxiquinoleína 300 mg/l (1:1) por 2h45min. A fixação foi feita em metanol: ácido acético (3:1) por 24 h, a 4° C e, em seguida, o material foi armazenado em álcool 70%, a 10° C. Entre cada uma das etapas, o material foi lavado abundantemente em água destilada.

Para degradar a parede celular e facilitar a retirada do meristema possibilitando assim um melhor espalhamento do material sobre a lâmina, as raízes foram submetidas a maceração enzimática com Pectinase pura (SIGMA™) em tubos de Eppendorf™, onde permaneceram por períodos de 2h30min-2h45min, de acordo com a espessura da raiz.

Para coloração foi utilizada a metodologia de Feulgen com hidrólise de 8 min em HCl 1N a 60° C. Após aproximadamente 1h, os meristemas foram extraídos e fragmentados, sob um microscópio estereoscópio. O esmagamento foi realizado em ácido acético 45% e a lamínula removida com Nitrogênio líquido. Foram feitas lâminas permanentes, montadas em Entellan®.

Para cada acesso estudado, o número de cromossomas foi obtido pela contagem de, pelo menos, 10 metáfases. As melhores lâminas foram fotomicrografadas em microscópio Olympus BX50 utilizando-se filmes preto e branco Kodak asa 100, revelados com D-76 (Kodak) e copiados em papel Kodabrome Print RCF3.

### **3.3. Análise morfológica**

Com exceção dos acessos BAG selvagens 5 e 7 que não estão atualmente integrando a coleção *in vivo* do BAG, mas encontram-se armazenados sob a forma de sementes e dos acessos BAG 27, 54 e F92-167-2 que não apresentavam inflorescências nos períodos de coleta e análise, para os demais materiais em estudo foram feitas exsiccatas que foram registradas e mantidas no Herbário ESAL, do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras - UFLA.

A identificação dos acessos ficou restrita a análise de caracteres reprodutivos e foi feita através de chaves de identificação e por comparação com descrições taxonômicas já existentes (Gates, 1936; Hrish, 1952; Rangasamy, 1972; Gould, 1975; Bogdan, 1977; Brunken, 1977; Burger, 1980; Häfliger e Scholz, 1980; Smith, Wasshausen e Klein, 1982; Renvoize, 1984; Kativu e Mithen, 1987; Skerman e Riveros, 1992 e Schmelzer, 1997).

Foram analisadas, para cada acesso, 3 espiguetas retiradas de 3 panículas distintas. Esse material foi dissecado e fotomicrografado com o auxílio de um estereomicroscópio Olympus SZH10. Foram utilizados para este fim, filmes de 35 mm em cores Kodak autocolor asa 100.

Os caracteres analisados foram:

**a- Panícula e espiguetas:**

- Comprimento da panícula, em centímetros: medida tomada a partir da inserção da primeira espiguetas basal na ráquis até o ápice da inflorescência;
- Cor da panícula: podendo assumir as cores palha, verde, verde com púrpura, púrpura e púrpura com verde;
- Largura da panícula, em centímetros: medida tomada desconsiderando as cerdas;
- Cor do involúcro: podendo assumir as cores palha, verde, verde com púrpura, púrpura e púrpura com verde;

- Número de espiguetas por cm: dado obtido a partir da contagem das espiguetas retiradas de um espaço correspondente à 1cm na panicula;
- Cor da espiguetas: podendo assumir as cores verde, verde com púrpura e púrpura;
- Tamanho da espiguetas, em milímetros: medida tomada a partir do ponto de inserção da espiguetas na ráquis até o ápice;
- Espiguetas solitárias: podendo apresentar as respostas sim, se houver somente uma espiguetas dentro do involúcro e não, se o número de espiguetas exceder a um dentro do involúcro;
- Cor da ráquis: verde ou marrom;
- Número de cerdas;
- Cerdas ciliadas: considerou-se sim, se pelo menos duas cerdas apresentassem cílios e não, para ausência total de cílios nas cerdas;
- Comprimento da cerda maior (arista), em milímetros: dado obtido pela medição do ponto de inserção da cerda no involúcro até o ápice;
- Cor das cerdas: podendo apresentar as cores palha, verde, verde com púrpura e púrpura;

**b. Glumas:**

- 1ª gluma:
  - rudimentar/minúscula: considerou-se sim, se o comprimento foi inferior a 2 mm e não se o comprimento foi superior a 2 mm;
  - comprimento, em milímetros: dado obtido pela medição do ponto de inserção da gluma na espiguetas até o seu ápice;
  - cor: podendo ser palha, palha com púrpura e púrpura;
  - número de nervuras;
- 2ª gluma\*:
  - comprimento, em milímetros: dado obtido pela medição do ponto de inserção da gluma na espiguetas até o seu ápice;

- cor: podendo ser palha, palha com púrpura, verde, verde com púrpura, púrpura e púrpura claro;
- número de nervuras;
- 3ª gluma\*:
- comprimento, em milímetros: dado obtido pela medição do ponto de inserção da gluma na espiguetta até o seu ápice;
- cor: podendo ser palha, palha com púrpura, verde, verde com púrpura e púrpura;
- número de nervuras;

\* Podem não estar presentes

**c. Pálea:**

- comprimento, em milímetros: dado obtido pela medição do ponto de inserção da pálea na espiguetta até o seu ápice;
- cor: podendo ser palha, verde, verde com púrpura e púrpura com verde;
- número de nervuras;

**d. Lema:**

- comprimento, em milímetros: dado obtido pela medição do ponto de inserção da lema na espiguetta até o seu ápice;
- cor: podendo ser verde e verde com púrpura;

**e. Anteras:**

- comprimento, em milímetros: dado obtido pela medição de uma extremidade a outra da antera.

### **3.4. Análise de divergência genética**

Paralelamente à aplicação das análises citogenética e morfológica, foram empregados dois procedimentos de análise multivariada (variáveis canônicas e análise de agrupamento com base na distância generalizada de Mahalanobis) para estudar a divergência genética entre os acessos e procurar estabelecer

relações entre as conclusões obtidas pela aplicação desses dois métodos estatísticos, com aquelas procedentes da associação de caracteres morfológicos e citogenéticos.

Para esse estudo, foram utilizados os seguintes acessos e caracteres morfológicos:

Acessos:

1. selvagem 15
2. selvagem 12
3. selvagem 10
4. selvagem 14
5. selvagem 9
6. selvagem 16
7. selvagem 13
8. selvagem 17
9. selvagem 1
10. selvagem 6
11. selvagem 4
12. selvagem 3
13. selvagem 8
14. BAG 55
15. BAG 45
16. hexaplóide 204
17. hexaplóide 199
18. F92-167-1
19. F92-176-1
20. BAG 65
21. BAG 46
22. BAG 103

**Caracteres:**

**a. Panícula e espiguetas:**

- Comprimento da panícula
- Largura da panícula
- Número de espiguetas por cm
- Tamanho da espiguetas
- Número de cerdas
- Comprimento da cerda maior

**b. Glumas:**

**1ª gluma**

- Comprimento
- Número de nervuras

**2ª gluma**

- Comprimento
- Número de nervuras

**3ª gluma**

- Comprimento
- Número de nervuras

**c. Pálea:**

- Comprimento
- Número de nervuras

**d. Lema:**

- Comprimento

**e. Anteras:**

- Comprimento

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, considerando-se 22 tratamentos, 3 repetições e 16 caracteres. As unidades experimentais corresponderam às inflorescências tomadas de uma mesma planta,



em cada um dos acessos. A análise de variância multivariada foi realizada para decompor a variação total existente entre e dentro dos acessos, permitindo estimar a matriz de soma de quadrados e produtos entre os acessos, bem como a matriz de variâncias e covariâncias residuais. O modelo estatístico adotado foi:

$$Y_{ijk} = m_k + t_{ik} + e_{ijk}$$

onde:

$Y_{ijk}$  é o valor observado referente a repetição  $j$  do acesso  $i$ , com relação ao caráter  $k$ , com  $i=1, 2, \dots, 22$ ;  $j=1, 2, 3$  e  $k=1, 2, \dots, 16$

$m_k$  é a média geral do experimento para o caráter  $k$

$t_{ik}$  é o efeito do acesso  $i$  para o caráter  $k$

$e_{ijk}$  é o erro experimental referente à repetição  $j$  do acesso  $i$ , com relação ao caráter  $k$ ; em que os  $e_{ijk}$  são considerados independentes, com vetor média zero e matriz de covariância  $\Sigma$ .

Para as análises estatísticas e apresentação gráfica, utilizaram-se os recursos computacionais dos programas Genes e Statistica.

#### 3.4.1. Variáveis canônicas

A partir da análise de variância multivariada obtiveram-se as matrizes de covariâncias residuais  $E$  e a de somas de quadrados e produtos  $T$ , relativa aos acessos. Estas foram então utilizadas para obter as variáveis canônicas, conforme procedimentos descritos por Cruz e Regazzi (1994).

De posse destes dados, foram obtidas as variâncias em porcentagens acumuladas associadas às variáveis canônicas, com base nos 16 caracteres analisados. Para análise gráfica, adotou-se um número de variáveis canônicas

necessário que explicasse um mínimo de 80% da variação existente entre os acessos.

### **3.4.2. Análise de agrupamento**

As análises de agrupamento foram feitas a partir da obtenção da matriz de distâncias  $D^2_{ij}$  de Mahalanobis entre todos os pares de acessos  $i$  e  $j$ . A estatística  $D^2_{ij}$  é definida como:

$$D^2_{ij} = (X_i - X_j)' E^{-1} (X_i - X_j)$$

sendo que  $X_i$  e  $X_j$  são os vetores de médias associadas aos acessos  $i$  e  $j$ , respectivamente.

Para a formação de grupos foi utilizado o método hierárquico do vizinho mais próximo, conforme Johnson e Wichem (1988).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Citotaxonomia

A descrição do número cromossômico é inédita para todos os acessos selvagens do Banco de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite. A Figura 1 apresenta metáfases dos acessos BAGs 27, 54, selvagem 5 e selvagem 7. Nas Figuras 2 a 23 são apresentadas as metáfases mitóticas dos demais acessos juntamente com fotografias das exsiccatas e das espiguetas com suas estruturas.

As Tabelas 6 a 8 apresentam os valores médios das características morfológicas reprodutivas dos acessos estudados. A partir dos resultados obtidos com as análises citogenética e morfológica, foi possível estabelecer agrupamentos entre os acessos baseando-se no grau de similaridade, assim como, sugerir a identificação botânica e compará-la com a identificação já existente no Banco de Germoplasma, conforme apresentado na Tabela 9.

#### 4.1.1. Grupo 01: BAGs 27, 45, 46, 54, 65 e 103

As análises citogenéticas realizadas para estes materiais evidenciaram número cromossômico de  $2n=28$  (Figuras 1.A e B., 2.A, 3.A, 4.A e 5.A). Os acessos BAG 27, 54, 65 e 103, como foi citado anteriormente, são conhecidos, comumente, como capim-elefante mineiro, capim cana d'África, capim-elefante roxo e capim pioneiro, respectivamente. De acordo com a literatura, esse corresponde ao número cromossômico de *P. purpureum*, o qual foi determinado pela primeira vez por Burton (1942) e confirmado por Manara (1973), Brunken (1977), Jauhar (1981) e Dujardin e Hanna (1985).

Nas metáfases observadas do BAG 27 (Figura 1.A) e do BAG 54 (Figura 1.B), observou-se a presença de satélites em 02 cromossomas.

Anteriormente, Manara (1973) já havia registrado a presença destas estruturas em *P. purpureum*, embora em apenas um dos homólogos do par cromossômico, com variação em número de 1 a 2. Na variedade mineiro, a autora descreveu satélites no braço curto de um dos homólogos do 2<sup>o</sup> e 13<sup>o</sup> pares de cromossomas, e argumentou que esta situação poderia ser explicada pela simples perda de um segmento do braço possuidor do satélite ou, possivelmente, devido a ocorrência de combinações híbridas, nas quais não havia a presença de satélite em uma das espécies parentais. Recentemente, Swanson, Timothy e Young (1981), estudando espécies de *Crepis*, relataram a existência de controle genético na formação do nucléolo, em que há uma série alélica com graus variáveis de dominância. De acordo com esses autores, cada espécie tem sua RON em uma posição fixa no seu complemento haplóide, e o sítio é facilmente identificável nas células somáticas pela presença de constrição secundária. Entretanto, quando híbridos interespecíficos são formados, suas células mostram que somente um dos organizadores nucleolares é capaz de formar o nucléolo, enquanto que o outro é suprimido. Quando isso acontece, a constrição secundária não aparece, indicando que essa constrição é simplesmente uma região descondensada do cromossoma anteriormente ocupada pelo nucléolo. Situação semelhante foi descrita em *Capsicum* por Pickersgill (1991) e pode ser também a explicação para o que ocorre em *Pennisetum purpureum*.

Sob o ponto de vista morfológico também foi observada semelhança entre os dados dos acessos 45, 46, 65 e 103 com a descrição botânica de *P. purpureum* (Hitchcock, 1935; Bogdan, 1977; Brunken, 1977 e Kativu e Mithen, 1987), especialmente em relação a cor e comprimento da panícula e das espiguetas e ao número, comprimento e cor das cerdas (Figuras 2.BCD, 3.BCD, 4.BCD e 5.BCD e Tabela 6). Os acessos 27 e 54 não foram avaliados morfológicamente, pois não apresentavam inflorescências nos períodos de coleta e análise, ainda assim, foi possível identificá-los como *P. purpureum* pela

confirmação do número cromossômico e por existir uma classificação anterior no Banco de Germoplasma (Tabela 5).

É interessante ressaltar que os acessos BAG 45 e BAG 46 estão registrados na coleção como sendo híbridos interespecíficos oriundos do cruzamento entre as variedades Mole de Volta Grande x 239-DA-2 e Mercker de Volta Grande x 239-DA-2, respectivamente (SOUZA, 1971). O fato de o acesso 239-DA-2 ser uma variedade de milheto macho-estéril utilizada como genitor feminino e dos acessos Mole de Volta Grande e Mercker de Volta Grande serem variedades de capim-elefante, sugeria que os acessos 45 e 46 apresentariam 21 cromossomas em suas células. Contudo, suas características morfológicas reprodutivas e cromossômicas permitem sugerir que não houve hibridação e que essas amostras devem corresponder às variedades de capim-elefante Mole de Volta Grande e Mercker de Volta Grande, respectivamente. Uma outra explicação poderia ser a troca desses materiais durante o processo de multiplicação vegetativa feito ao longo dos anos no Banco de Germoplasma.

#### 4.1.2. Grupo 02: BAG 55

O acesso BAG 55 está registrado no Banco de Germoplasma como capim-elefante baiano ou Kizozí. Nele, as metáfases apresentaram uma variação no número cromossômico de 54 a 66 (Figura 6.A), dentro de uma mesma raiz, colocando em dúvida a sua classificação como *P. purpureum*. Essa variedade apresenta esterilidade total (masculina e feminina) (Pereira, 1998, informação pessoal). É possível portanto, que este material seja proveniente de hibridação interespecífica entre *P. purpureum* e uma espécie de ocorrência natural.

Uma outra explicação poderia ser dada pela ocorrência de mixoploidia, também referida como quimera por Schulz-Schaeffer (1980), a qual pode ser resultante, de acordo com Guerra (1989), de duas ou mais células iniciais

distintas, geralmente dois zigotos, ou a partir de duas células somáticas ou, ainda, uma célula somática e um zigoto.

Além disso, deve-se considerar a possibilidade de ocorrência de cromossomas B, muito comum em espécies de *Pennisetum*, e que, segundo Powell e Burton (1966) são caracterizados por variarem em número entre células de diferentes plantas e também entre diferentes células de uma raiz e de uma antera.

Quanto aos caracteres morfológicos, não foram observadas diferenças entre o BAG 55 e os acessos do grupo 01 (Tabela 6), concordando com os resultados obtidos por Daher (1993), que avaliou 33 caracteres morfológicos em 60 acessos do Banco de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite, entre eles os acessos 27, 45, 46, 54 e 55, e não observou comportamento morfológico e agrônômico diferente nesses materiais.

#### 4.1.3. Grupo 03: BAGs F92-176-1, F92-167-1 e F92-167-2

O número  $2n=21$  cromossomas (Figuras 7.A e 8.A), confirma a origem híbrida desses acessos, resultantes de diferentes cruzamentos entre *P. purpureum* e *P. glaucum*. Nas metáfases analisadas, foi possível verificar a presença de 7 cromossomas maiores oriundos de *P. glaucum* e os demais cromossomas provenientes de *P. purpureum*. Esta observação corrobora com os resultados obtidos por Burton (1942) que estudou o comportamento citológico dos híbridos entre estas duas espécies.

Quanto às informações botânicas, praticamente não há disponibilidade de dados bibliográficos referentes a medições das estruturas que compõem a inflorescência, para híbridos entre *P. purpureum* e *P. glaucum*. Bogdan (1977), apenas referiu-se a superioridade de alguns híbridos sobre o capim-elefante em determinados aspectos, tais como: presença de folhas maiores e em maior

número, colmos mais desenvolvidos, pêlos foliares mais macios e caules menos fibrosos, além da produção de matéria verde ser também maior.

O exame simultâneo das características descritas neste trabalho para os acessos 45, 46, 65 e 103, definidos como *P. purpureum*, e para os híbridos F92-167-1 e F92-176-1 (Figuras 2.BCD a 5.BCD, 7.BCD e 8.BCD e Tabela 6), ainda que restrito aos dados da inflorescência, mostrou semelhanças entre eles. Embora não se tenha feito analogia com os mesmos dados de *P. glaucum*, foi possível observar que muitas estruturas características de *P. purpureum* manifestam-se nos híbridos, como é o caso da forma, tamanho e cor da panícula e das espiguetas. Estas informações são consonantes com os relatos de Gonzales e Hanna (1984) que justificam esse fato pela maior contribuição genética e dominância do genoma B de *P. purpureum* sobre o genoma A de *P. glaucum*.

#### 4.1.4. Grupo 04: BAGs hexaplóides 199 e 204

Esses acessos constituem raças cromossômicas oriundas da Universidade da Flórida e obtidas pela duplicação dos cromossomas de híbridos entre *Pennisetum purpureum* e *Pennisetum glaucum* (Pereira, 1994a). Para esse material, foram confirmadas metáfases com  $2n=42$  cromossomas (Figuras 9.A e 10.A).

Do mesmo modo que para os híbridos, não foram encontrados dados botânicos na literatura em relação à medições das estruturas reprodutivas para os hexaplóides. Seus caracteres morfológicos, como esperado, não diferiram significativamente daqueles das variedades de *P. purpureum* (Figuras 2.BCD a 5.BCD, 9.BCD e 10.BCD e Tabela 6).

#### 4.1.5. Grupo 05: BAGs selvagens 3, 4, 5 e 6

O número cromossômico ( $2n=54$ ) permitiu agrupar esses quatro acessos selvagens (Figuras 1.C, 11.A, 12.A e 13.A). As características morfológicas das

inflorescências dos números 3, 4 e 6 também foram equivalentes (Figuras 11.BCD, 12.BCD, e 13.BCD e Tabela 7).

Os dados fenotípicos destes três acessos, igualam-se aos reportados para a espécie *P. setosum* (Swartz.) L. Rich. (sinonímia *P. polystachyon* Schult.) por Hrishí (1952), Burger (1980), Kativu e Mithen (1987) e na chave de identificação proposta por Hafliker e Scholz (1980), com especial referência ao comprimento, largura e cor da panícula, densidade de espiguetas por cm, presença de espiguetas solitárias no involúcro, número e tamanho das cerdas e estrutura da ráquis.

De forma idêntica, resultados descritos por Hrishí (1952) e Rangasamy (1972) indicam para *P. setosum*  $2n=6x=54$  cromossomas, confirmando a classificação dos três acessos também com base na informação do número cromossômico. Outros autores citados por Schmelzer (1997) relatam também  $2n=18, 36, 45, 48, 52$  e  $63$  cromossomas para esta espécie (Tabela 1).

A confirmação da identidade botânica do acesso selvagem 5 como *P. setosum* através de caracteres morfológicos da inflorescência não pôde ser feita por falta de material para tal fim.

O agrupamento e classificação destes acessos como *P. setosum* (sinonímia *P. polystachyon*) estão de acordo com a identificação já estabelecida no Banco de Germoplasma, exceto para o acesso selvagem 3 que está registrado como *P. pedicellatum*. Apesar de existir correspondência entre o número de cromossomas ( $2n=54$ ) observado para o acesso selvagem 3 e o descrito na literatura para *P. pedicellatum* (Brunken e Renno et al. citados por Schmelzer, 1997), a existência de espiguetas em grupos de 2 a 5 e, raramente, solitárias, nessa espécie (Bogdan, 1977; Hafliker e Scholz, 1980; Renvoize, 1984 e Schmelzer, 1997), foi considerada importante para contestar esta classificação.



#### 4.1.6. Grupo 06: BAGs selvagens 1, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16 e 17

Uma característica fenotípica marcante que justificou a reunião destes acessos, exceto o acesso selvagem 7 que não foi avaliado morfológicamente, foi a ausência de arista no invólucro, que é típica nos outros materiais avaliados. As demais estruturas e características da panícula e da espigueta também se assemelharam, exceto a cor que nos acessos 10, 12 e 14 é verde enquanto que no restante é predominantemente púrpura (Figuras 14.BCD a 22.BCD e Tabela 8). Estas informações concordam parcialmente com aquelas propostas por Hitchcock (1935), Gould (1975) e Renvoize (1984) para *P. nervosum* (Ness.) Trin. que, segundo os autores, é originária da América do Sul e encontrada no Brasil, Equador e Argentina.

O número cromossômico proposto para *P. nervosum* por Gould (1975) é de  $2n=36$ , mostrando também concordância com os resultados obtidos neste trabalho para os acessos acima mencionados (Figuras 14.A a 22.A). A análise das metáfases desses acessos evidenciou a presença de satélites (Figuras 16.A e 18.A), em 2 cromossomas. O fato de não terem sido observados satélites em todos os acessos pode ser atribuído ao estágio de condensação dos cromossomas nas metáfases analisadas ou à proximidade e sobreposição dos mesmos ou ainda, devido ao desprendimento e perda do satélite. Este mesmo problema foi constatado por Guerra et al. (1997) analisando metáfases de acessos de citros, onde atribuíram ao efeito do pré-tratamento, a maior condensação dos cromossomas, impedindo a observação de constrições primárias e secundárias.

Em algumas células do acesso 12, o número cromossômico parecia exceder 36 levando a suspeitar-se da ocorrência de cromossomas B pelo tamanho reduzido das estruturas observadas em relação aos demais cromossomas e por serem comuns em *Pennisetum*. Contudo, a avaliação de um maior número de metáfases e pró-metáfases confirmou que se tratavam de satélites desprendidos. Similarmente ao exposto por Guerra et al. (1997),

acredita-se que esta aparente variação no número cromossômico pode explicar registros da ocorrência de cromossomas B ou mesmo de número cromossômico erroneamente descritos mesmo para outras espécies de plantas.

A identificação no Banco de Germoplasma confirmou a denominação de *Pennisetum nervosum* para os acessos selvagens 1, 7, 8, 13, 16 e 17. Entre esses acessos, o selvagem 7 foi o único que não teve suas inflorescências avaliadas, pois ele somente estava representado por sementes no Banco de Germoplasma. No entanto, o número  $2n=36$  cromossomas e a classificação anterior justificam que tenha sido colocado neste grupo.

Os acessos 9, 10 e 14, entretanto, estão classificados como *Pennisetum pedicellatum*, *Pennisetum polystachyon* e *Pennisetum latifolium*, respectivamente. A classificação do acesso selvagem 9 como *P. pedicellatum* pode ser contestada pelo fato de o mesmo apresentar espiguetas solitárias, cerdas não ciliadas e ausência de arista no involúcro que diferem de *P. pedicellatum* descrito por outros autores (Bogdan, 1977; Hafliger e Scholz, 1980; Renvoize, 1984 e Schmelzer, 1997).

Da mesma forma, para os acessos selvagens 10 e 14 não houve coincidência entre os resultados morfológicos obtidos e as descrições encontradas para as espécies *Pennisetum polystachyon* e *Pennisetum latifolium* (Hrishi, 1952; Hafliger e Scholz, 1980; Smith e Wasshausen, 1982), especialmente com relação a ausência de arista no involúcro e cerdas não ciliadas nos acessos que contrariam a descrição das espécies.

#### 4.1.7. Grupo 07: BAG selvagem 15

Distinto dos demais acessos, especialmente pelos caracteres morfológicos, o acesso selvagem 15 foi considerado morfológicamente semelhante à espécie *P. orientale* Rich., uma vez que sua descrição botânica (Figura 23.BCD e Tabela 6) confere com os dados de Hrishi (1952) para esta

espécie, sobretudo em relação ao comprimento da panícula, densidade de espiguetas por cm, número de espiguetas no involúcro e número de glumas. Também há concordância entre o número cromossômico observado ( $2n=36$ , Figura 23.A) e o relatado por esse mesmo autor para a espécie, embora existam outras citações mencionando  $2n=18$ , 27, 45 e 54 cromossomas (Dujardin e Hanna, 1983).

Para a espécie *P. orientale*, cujo centro de origem é a África, não existe registro de ocorrência natural ou de sua introdução no Brasil. No Banco de Germoplasma este acesso foi caracterizado como *Pennisetum nervosum*, compondo um grupo com os acessos 1, 7, 8, 13, 16 e 17. A descrição botânica para a espécie *P. nervosum* (Gould, 1975 e Renvoize, 1984), no entanto, em nada se assemelha aos caracteres morfológicos registrados neste trabalho. Também não há similaridade entre os dados fenotípicos dos acessos acima mencionados com aqueles descritos para o acesso selvagem 15, que justificassem a sua classificação como *P. nervosum* (Tabelas 7 e 8 e Figuras 14, 15 e 19.BCD, 21 a 23.BCD).

#### 4.1.8. Relação entre as seções morfológicas de *Pennisetum* e o número básico de cromossomas

Tomando-se como parâmetro a divisão proposta para o gênero *Pennisetum* por Stapf e Hubbard (citados por Schmelzer, 1997), verificou-se que não é possível fazer uma relação entre as seções morfológicas e os dados citogenéticos, considerando o número básico de cromossomas. Isto porque a avaliação dos acessos mostrou que os mesmos pertencem a grupos com números básicos  $x=7$  e  $x=9$  e, levando-se em conta a classificação já estabelecida na literatura para cada espécie (Martel et al., 1997; Renno et al. citados por Schmelzer, 1997), pôde-se constatar que em duas seções, pelo menos, houve a inclusão de espécies com o mesmo número básico de cromossomas, conforme

mostra a Tabela 10. Estes dados assemelham-se parcialmente aos obtidos por Rangasamy (1972) que avaliou 13 espécies de *Pennisetum* e procurou estabelecer esta mesma relação.

TABELA 10 - Distribuição dos acessos de *Pennisetum spp.* em diferentes seções morfológicas. UFLA. Lavras, MG, 1998.

Seções	Espécies/acessos e n° básico de cromossomas
<i>Gymnothrix</i>	
<i>Eu-Pennisetum</i>	
<i>Heterostachya</i>	<i>P. af. orientale</i> (Selvagem 15) - $x=9$
<i>Brevivavula</i>	<i>P. setosum</i> (Selvagens 3, 4, 5 e 6) - $x=9$
<i>Pennisetum (Penicillaria)</i>	<i>P. purpureum</i> (BAGs 27, 45, 46, 54, 65 e 103) - $x=7$
Não determinada	<i>P. nervosum</i> (Selvagens 1, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16 e 17) - $x=9$

#### 4.1.9. Chave de identificação para espécies de *Pennisetum*

Baseado nas informações morfológicas foi possível propor uma chave de identificação para espécies de *Pennisetum*, utilizando características reprodutivas.

##### 1. Presença de arista no involúcro

2. Espiguetas solitárias; 20 a 30 espiguetas por cm; involúcro púrpura ou marrom, circundado por 10 a 20 cerdas ciliadas  
 .....*P. setosum*  
 (sin. *P. polystachyon*)

3. Espiguetas solitárias ou em grupos; 27 a 52 espiguetas por cm; involúcro verde ou púrpura com 26 a 53 cerdas ciliadas  
 .....*P. purpureum*

4. Espiguetas solitárias ou em grupos de 2 a 3; 4 a 5 espiguetas por cm; involúcro púrpura com verde, apresentando 26 a 31 cerdas ciliadas e 4 glumas ..... *P. orientale*

1'. Ausência de arista..... *P. nervosum*

#### 4.2. Análise de divergência genética

As variâncias em porcentagens acumuladas associadas às variáveis canônicas, com base nos 16 caracteres morfológicos avaliados, estão apresentadas na Tabela 11. Estes dados revelam que as duas primeiras variáveis canônicas explicam 87,44% da variação total existente entre os acessos, podendo substituir os caracteres originais, sem perda considerável de informação.

A partir dos autovetores correspondentes às duas variáveis canônicas principais, foram obtidos os escores dos 22 acessos. A dispersão gráfica dos escores das duas variáveis canônicas principais está apresentada na Figura 24. Os escores foram plotados em um espaço bidimensional, onde a distância desses pontos é proporcional ao grau de dissimilaridade entre os acessos.

A análise gráfica destes escores sugere os seguintes agrupamentos:

1. BAGs selvagens 6, 4 e 3 (números 10, 11 e 12, no gráfico);
2. BAG 46 (número 21);
3. BAGs 45, 103 e hexaplóide 199 (números 15, 22 e 17);
4. BAG F92-167-1 (número 18);
5. BAGs 65, hexaplóide 204 e F92-176-1 (números 20, 16 e 19);
6. BAGs selvagens 12, 10, 14, 9, 16, 13, 17 e 1 (números 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9);
7. BAG selvagem 8 (número 13);
8. BAG selvagem 15 e BAG 55 (números 1 e 14).

TABELA 11 - Variância porcentual acumulada das variáveis canônicas, obtidas a partir dos 16 caracteres em 22 acessos de *Pennisetum spp.* do Banco de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite. UFLA. Lavras, MG, 1998.

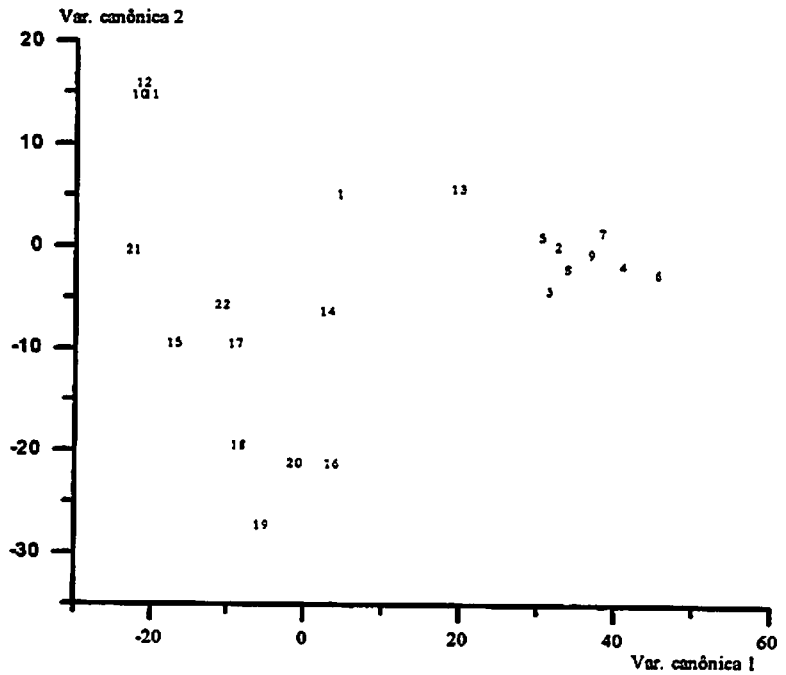
Variáveis canônicas	Variância acumulada (%)
1	70.92
2	87.44
3	92.26
4	94.43
5	95.88
6	97.07
7	98.13
8	98.91
9	99.34
10	99.66
11	99.76
12	99.84
13	99.91
14	99.96
15	99.98
16	100.00

Neste último grupo, embora os acessos estejam relativamente distantes no plano, apresentam escores próximos quanto à primeira variável canônica. Aliás, considerando-se que a primeira variável canônica explica, sozinha, mais de 70% da variação entre os acessos, deve-se ressaltar a similaridade do acesso BAG 46 com os acessos selvagens 6, 4 e 3, baseando-se exclusivamente nela. Utilizando este mesmo critério, também pode-se observar uma certa similaridade entre os grupos 3, 4 e 5 acima mencionados.

A Figura 25 apresenta o dendrograma para o agrupamento hierárquico pelo método do vizinho mais próximo com base na distância generalizada de Mahalanobis. Pela análise do dendrograma, é possível verificar o grau de similaridade entre os acessos permitindo o estabelecimento de agrupamentos. Optou-se por um valor de corte no dendrograma, para formação de grupos,

correspondente a cerca de 65% da maior distância. Conforme este critério, o acesso BAG 46 mostrou-se mais distintamente isolado dos demais, constituindo uma entidade separada de todas as outras. Os acessos selvagens 3, 4 e 6 apresentaram menor divergência, formando um grupo bastante homogêneo. O terceiro grupo englobou os demais acessos selvagens avaliados (1, 9, 10, 12, 13, 14, 16 e 17). O acesso 8, embora isolado, apresentou um valor de dissimilaridade em relação a este grupo próximo do valor de corte utilizado. O quinto grupo incluiu os acessos F92-167-1, hexaplóide 199, BAG 103 e BAG 45. Outro agrupamento foi formado entre os acessos F92-176-1, BAG 65 e hexaplóide 204. Por último, foram agrupados os acessos selvagem 15 e BAG 55.

Os resultados obtidos pela aplicação de duas metodologias distintas, através da visualização comparativa do dendrograma e da dispersão gráfica mostraram uma boa concordância, exceto para o acesso F92-167-1, que aqui ficou agrupado com outros acessos, enquanto que na análise gráfica de variáveis canônicas, permaneceu como um grupo isolado. Entretanto, deve ser notado que seu valor de dissimilaridade em relação aos acessos BAG 45, BAG 103 e hexaplóide 199, foi próximo ao valor de corte utilizado, ressaltando a concordância da análise utilizando variáveis canônicas e de análise de agrupamento.



**FIGURA 24 -** Dispersão gráfica dos escores das duas variáveis canônicas mais importantes para os 22 acessos de *Pennisetum spp.* do Banco de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite. A numeração corresponde aos acessos: 1. Selvagem 15; 2. Selvagem 12; 3. Selvagem 10; 4. Selvagem 14; 5. Selvagem 9; 6. Selvagem 16; 7. Selvagem 13; 8. Selvagem 17; 9. Selvagem 1; 10. Selvagem 6; 11. Selvagem 4; 12. Selvagem 3; 13. Selvagem 8; 14. BAG 55; 15. BAG 45; 16. Hexaplóide 204; 17. Hexaplóide 199; 18. F92-167-1; 19. F92-176-1; 20. BAG 65; 21. BAG 46; 22. BAG 103. UFLA. Lavras, MG, 1998.



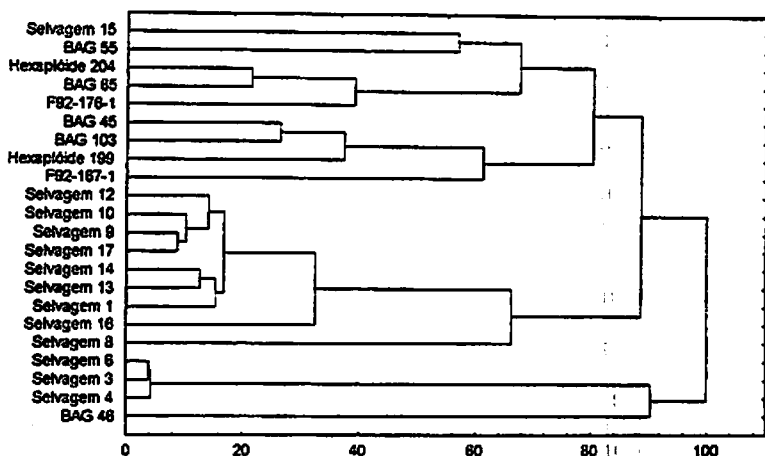


FIGURA 25 - Dendrograma obtido pelo método do vizinho mais próximo, a partir da distância de Mahalanobis, para 22 acessos de *Pennisetum spp.* do Banco de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite. UFLA. Lavras, MG, 1998.

### 4.3. Considerações finais

A partir da análise citogenética e morfológica, foi possível estabelecer agrupamentos entre os acessos avaliados e sugerir as suas identidades botânicas, conforme já foi relatado no item 4.1. A aplicação de métodos estatísticos reforçou parte das conclusões obtidas com base nestas análises. Destaque pode ser dado aos agrupamentos entre os acessos selvagens 3, 4 e 6 e entre os selvagens 1, 9, 10, 12, 13, 14, 16 e 17, exceto para o selvagem 8, que foram concordantes em todas as análises (citogenética e morfológica, variáveis canônicas e de agrupamento com base na distância de Mahalanobis).

Algumas diferenças na formação dos grupos que envolveram os híbridos, os hexaplóides e os acessos de *P. purpureum*, eram, de certa forma, esperadas. Neste último caso, a explicação pode ser dada em função da existência de muitas variedades de *P. purpureum* portadoras de algumas

variações morfológicas reprodutivas pouco distinguíveis, mas que podem se tornar relevantes na diferenciação de acordo com o critério adotado. Tomando-se por base o acesso BAG 46, que foi caracterizado como *P. purpureum*, pode-se observar, por exemplo, que as glumas que compõem a espiguetta diferem, em número, em relação às dos outros acessos de *P. purpureum*: BAG 45, BAG 65 e BAG 103 (Tabela 6 e Figuras 2.D, 3.D, 4.D e 5.D). Provavelmente por atribuírem uma maior importância a esta informação morfológica (ausência de 2 glumas), as análises de agrupamento e de variáveis canônicas consideraram-no como uma entidade isolada e distinta das demais.

Para os híbridos e para os hexaplóides, explicação semelhante pode ser dada ao fato de eles terem formado grupos diferentes, distanciando-se dos seus correspondentes. As suas origens por meio de cruzamentos podem levar a ocorrência de diferenças morfológicas, caso os genitores não sejam os mesmos. Esta situação pode ser bem ilustrada para os híbridos F92-176-1 e F92-167-1 quando observada a constituição das espiguetas que revelam diferenças morfológicas e numéricas (Tabela 6 e Figuras 7.D e 8.D). Estas informações, possivelmente, foram preponderantes na separação de ambos pelos critérios multivariados, entretanto as avaliações citogenética e morfológica incluiu-os em um mesmo agrupamento.

A despeito destas poucas diferenças, as semelhanças mostradas na formação dos demais grupos revelam a similaridade de classificação dos três métodos empregados. Por considerar dois critérios distintos (citogenético e morfológico), analisados de forma simultânea, o agrupamento estabelecido com base nessas análises parece ser o mais coerente.

Em vista de todos os aspectos discutidos aqui e levando-se em conta a escassez de trabalhos que envolvam análises citotaxonômicas e de evolução cariotípica para estabelecer as relações filogenéticas das espécies de *Pennisetum*, seria recomendável a continuidade deste estudo, acrescentando a caracterização

do cariótipo de cada acesso através da obtenção das medidas cromossômicas e a aplicação de técnicas de bandeamento cromossômico. Os estudos da morfologia cromossômica permitirão comparações mais seguras entre os acessos de mesmo número cromossômico, possibilitando detectar as possíveis variações existentes entre eles.

Da mesma forma, sugere-se a avaliação de um número maior de caracteres para tornar a descrição morfológica mais ampla, fornecendo mais subsídios para a identificação botânica das espécies.

**TABELA 6 - Valores médios para características morfológicas reprodutivas dos acessos do grupo 01 (BAG 45, 46, 65 e 103), do grupo 02 (BAG 55), do grupo 03 (F92-176-1 e F92-167-1) e do grupo 04 (hexaplóide 199 e 204) do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite. UFLA. Lavras, MG, 1998.**

Caract. Morfológica	Acessos								
	BAG 45	BAG 46	BAG 65	BAG 103	BAG 55	F92-167-1	F92-176-1	hexaplóide 199	hexaplóide 204
<b>Panicula e espiguetas</b>									
Comprimento da panícula	19,67	15,67	26,67	19,67	24,67	20,67	20	16,33	18,67
Cor da panícula	Palha	Palha	Púrpura	Palha	Palha	Palha	Palha	Palha	Palha
Largura da panícula (sem as cerdas)	0,80	0,77	1,37	0,90	1	1,33	1,37	1,07	1,33
Cor do involúcro	Verde	Verde	Púrpura	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Nº de espiguetas por cm	46,33	51,33	46,67	27,33	31,33	28,67	52,33	37,67	46,67
Cor da espiguetas	Verde	Verde	Púrpura	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Tamanho da espiguetas	5	4,83	5,50	6	6	5	5	5	6
Espiguetas solitárias	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
Cor da ráquis	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Número de cerdas	32,33	32,67	53	26,67	38	52,33	69,33	35,33	54,33
Cerdas ciliadas	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Comprimento da arista	15	13,50	16,33	12,67	18,33	17,33	24	13,67	18,67
Cor das cerdas	Verde	Verde	Púrpura	Verde	Verde	Palha	Palha	Palha	Palha
<b>Glumas</b>									
<b>1ª gluma:</b>									
Rudimentar/minúscula	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Comprimento	1,50	3,17	1,93	1,33	1,33	1,17	1,17	1,67	2
Cor	Palha	Palha	Púrpura	Palha	Palha	Palha	Palha	Palha	Palha
Número de nervuras	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>2ª gluma:</b>									
Comprimento	4,67	-	3,33	3,33	2,67	3	3	3	5
Cor	Palha	-	Púrpura	Palha	Palha	Palha	Palha	Verde	Verde
Número de nervuras	3	-	5	3	5	5	4	4	5
<b>3ª gluma:</b>									

...continua...

Tabela 6, Cont.

Comprimento	-	-	3,67	-	3,77	-	3,50	-	5
Cor	-	-	Púrpura	-	Palha	-	Palha	-	Verde
Número de nervuras	-	-	0	-	3	-	0	-	0
<b>Pálca</b>									
Comprimento	3,83	4	5,50	4	4	4,83	4,33	5	5
Cor	Verde	Verde	Púrpura c/ verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Palha
Número de nervuras	2	2	2	3	2	5,67	3,33	5	2
<b>Lema</b>									
Comprimento	3	4	5,33	3,33	4	5	3,67	2	4
Cor	Verde	Verde	Púrpura c/ verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
<b>Anteras</b>									
Comprimento	3	2	3,17	2,33	2,67	2,67	3,33	3	3,33

TABELA 7 - Valores médios para características morfológicas reprodutivas dos acessos do grupo 05 (selvagens 3, 4 e 6) e do grupo 07 (selvagem 15) do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite. UFLA, Lavras, MG, 1998.

Caract. Morfológica	Acessos			
	Selvagem 3	Selvagem 4	Selvagem 6	Selvagem 15
<b>Panicula e espiguetas</b>				
Comprimento da panicula	10,33	12,83	11,33	4,50
Cor da panicula	Púrpura	Palha	Púrpura	Verde c/ púrpura
Largura da panicula (sem as cerdas)	0,53	0,60	0,77	0,45
Cor do invólucro	Púrpura	Palha	Púrpura	Verde c/ púrpura
Nº de espiguetas por cm	22,67	27,33	20,67	4,33
Cor da espiguetas	Púrpura	Palha	Púrpura	Verde
Tamanho da espiguetas	4	4	4	6,33
Espiguetas solitárias	Sim	Sim	Sim	Não
Cor da ráquis	Verde	Verde	Verde	Verde
Número de cerdas	13,33	18	13,33	28,33
Cerdas ciliadas	Sim	Sim	Sim	Sim
Comprimento da arista	17,33	17,33	17,67	10,67
Cor das cerdas	Púrpura	Palha	Púrpura	Púrpura
<b>Glumas</b>				
<b>1ª gluma:</b>				
Rudimentar/minúscula	Não	Não	Não	Não
Comprimento	3,67	4	4	2,67
Cor	Púrpura	Palha	Púrpura	Palha
Número de nervuras	5,67	6,33	5	1
<b>2ª gluma:</b>				
Comprimento	3,17	3,83	3	3,33
Cor	Púrpura claro	Palha	Púrpura claro	Palha
Número de nervuras	3	5,67	4	3,67
<b>3ª gluma:</b>				

...continua...

Tabela 7, Cont.

Comprimento	-	-	-	3
Cor	-	-	-	Palha
Número de nervuras	-	-	-	3
4ª gluma:				
Comprimento	-	-	-	4
Cor	-	-	-	Verde
Número de nervuras	-	-	-	4
Pálea				
Comprimento	3	3	3	4,33
Cor	Verde c/ púrpura	Palha	Verde c/ púrpura	Verde
Número de nervuras	2	2	2	2
Lema				
Comprimento	2,33	2,83	2	4
Cor	Verde	Verde	Verde	Verde
Anteras				
Comprimento	2	2	2	3

**TABELA 8 - Valores médios para características morfológicas reprodutivas dos acessos do grupo 06 (selvagens 1, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16 e 17) do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite. UFLA. Lavras, MG, 1998.**

Caract. Morfológica	Acessos								
	Selvagem 1	Selvagem 8	Selvagem 9	Selvagem 10	Selvagem 12	Selvagem 13	Selvagem 14	Selvagem 16	Selvagem 17
<b>Panicula e espiguetas</b>									
Comprimento da panicula	19,33	12,33	16,33	19,67	16,33	14,67	17,67	15,33	15,33
Cor da panicula	Púrpura c/ verde	Púrpura claro	Púrpura c/ verde	Verde	Verde	Púrpura c/ verde	Verde	Púrpura verde	Púrpura c/ verde
Largura da panicula (sem as cerdas)	0,73	0,80	0,80	0,73	0,93	0,87	0,67	0,90	0,77
Cor do invólucro	Verde c/ púrpura	Verde c/ púrpura	Verde c/ púrpura	Verde	Verde	Verde c/ púrpura	Verde	Verde c/ verde	Verde c/ púrpura
Nº de espiguetas por cm	44,33	46	34	36,33	30,33	30,33	38,33	42,33	29
Cor da espiguetas	Verde c/ púrpura	Verde c/ púrpura	Verde c/ púrpura	Verde c/ púrpura	Verde c/ púrpura	Verde c/ púrpura	Verde c/ púrpura	Verde c/ púrpura	Verde c/ púrpura
Tamanho da espiguetas	6,67	5,83	6,17	6,33	6,67	5,67	6,67	6,33	6,83
Espiguetas solitárias	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Cor da ráquis	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Número de cerdas	27,33	18,67	17,33	28,33	18,67	27	37,33	19,33	27,33
Cerdas ciliadas	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Comprimento da arsitia	Não tem	Não tem	Não tem	Não tem	Não tem	Não tem	Não tem	Não tem	Não tem
Cor das cerdas	Verde c/ púrpura	Verde c/ púrpura	Verde c/ púrpura	Verde	Verde	Verde c/ púrpura	Verde	Verde púrpura	Verde c/ púrpura
<b>Glumas</b>									
1ª gluma:									
Rudimentar/ Minúscula	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Comprimento	2,67	2,83	2,67	2	2,83	3	3	2	3

...continua...



Tabela 8, Cont.

Cor	Palha	Púrpura	Palha c/ púrpura	Palha c/ púrpura	Palha	Palha	Palha	Palha	Palha c/ púrpura
Número de nervuras	1	1	1	1	1	2	1	1	1
2ª gluma:									
Comprimento	6,33	5,33	5	4,83	3,50	6	6,50	6	6,67
Cor	Verde c/ púrpura	Púrpura	Verde c/ púrpura	Verde c/ púrpura	Palha c/ púrpura	Verde c/ púrpura	Palha c/ púrpura	Verde c/ púrpura	c/ Verde c/ púrpura
Número de nervuras	5,67	6,33	7,67	6,33	5	7,67	8,33	6,33	6,33
3ª gluma:									
Comprimento	6	5	5	5	5	6	6	6	6
Cor	Verde c/ púrpura	Verde c/ púrpura	Verde c/ púrpura	Verde c/ púrpura	Palha c/ púrpura	Verde c/ púrpura	Palha c/ púrpura	Verde c/ púrpura	c/ Verde c/ púrpura
Número de nervuras	7	6,33	5	5	5	6,33	7	7	5
<b>Pálea</b>									
Comprimento	6,17	3,67	5	5	5,33	6	5,67	6	5,33
Cor	Verde c/ púrpura	Palha	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Número de nervuras	2	2	2	2	2	2	4	5	2
<b>Lema</b>									
Comprimento	6	5	5	4,83	3,67	5	5,67	5	5
Cor	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
<b>Anteras</b>									
Comprimento	2	2	2,33	2	2	2	2	2	3

TABELA 9 - Número cromossômico e identificação dos acessos de *Pennisetum spp.* do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite. UFLA. Lavras, MG, 1998.

Acesso	Número cromossômico	Identificação anterior	Identificação atual
BAG 27	28	<i>P. purpureum</i>	<i>P. purpureum</i>
BAG 45	28	Híbrido	<i>P. purpureum</i>
BAG 46	28	interespecífico	<i>P. purpureum</i>
BAG 54	28	Híbrido	<i>P. purpureum</i>
BAG 65	28	<i>P. purpureum</i>	<i>P. purpureum</i>
BAG 103	28	<i>P. purpureum</i>	<i>P. purpureum</i>
BAG 55	54 a 66	<i>P. purpureum</i>	Não identificado
F92-167-2	21	Híbrido	Híbrido
F92-167-1	21	interespecífico	interespecífico
F92-176-1	21	Híbrido	Híbrido
Hexaplóide 199	42	interespecífico	interespecífico
Hexaplóide 204	42	Híbrido	Híbrido
BAG selvagem 3	54	interespecífico	interespecífico
BAG selvagem 4	54	<i>P. pedicellatum</i>	<i>P. setosum</i>
BAG selvagem 5	54	<i>P. polystachyon</i>	<i>P. setosum</i>
BAG selvagem 6	54	<i>P. polystachyon</i>	<i>P. setosum</i>
BAG selvagem 1	36	<i>P. polystachyon</i>	<i>P. setosum</i>
BAG selvagem 7	36	<i>P. nervosum</i>	<i>P. nervosum</i>
BAG selvagem 8	36	<i>P. nervosum</i>	<i>P. nervosum</i>
BAG selvagem 9	36	<i>P. nervosum</i>	<i>P. nervosum</i>
BAG selvagem 10	36	<i>P. pedicellatum</i>	<i>P. nervosum</i>
BAG selvagem 12	36	<i>P. polystachyon</i>	<i>P. nervosum</i>
BAG selvagem 13	36	Não identificado	<i>P. nervosum</i>
BAG selvagem 14	36	<i>P. nervosum</i>	<i>P. nervosum</i>
BAG selvagem 16	36	<i>P. latifolium</i>	<i>P. nervosum</i>
BAG selvagem 17	36	<i>P. nervosum</i>	<i>P. nervosum</i>
BAG selvagem 15	36	<i>P. nervosum</i>	<i>P. af. Orientale</i>

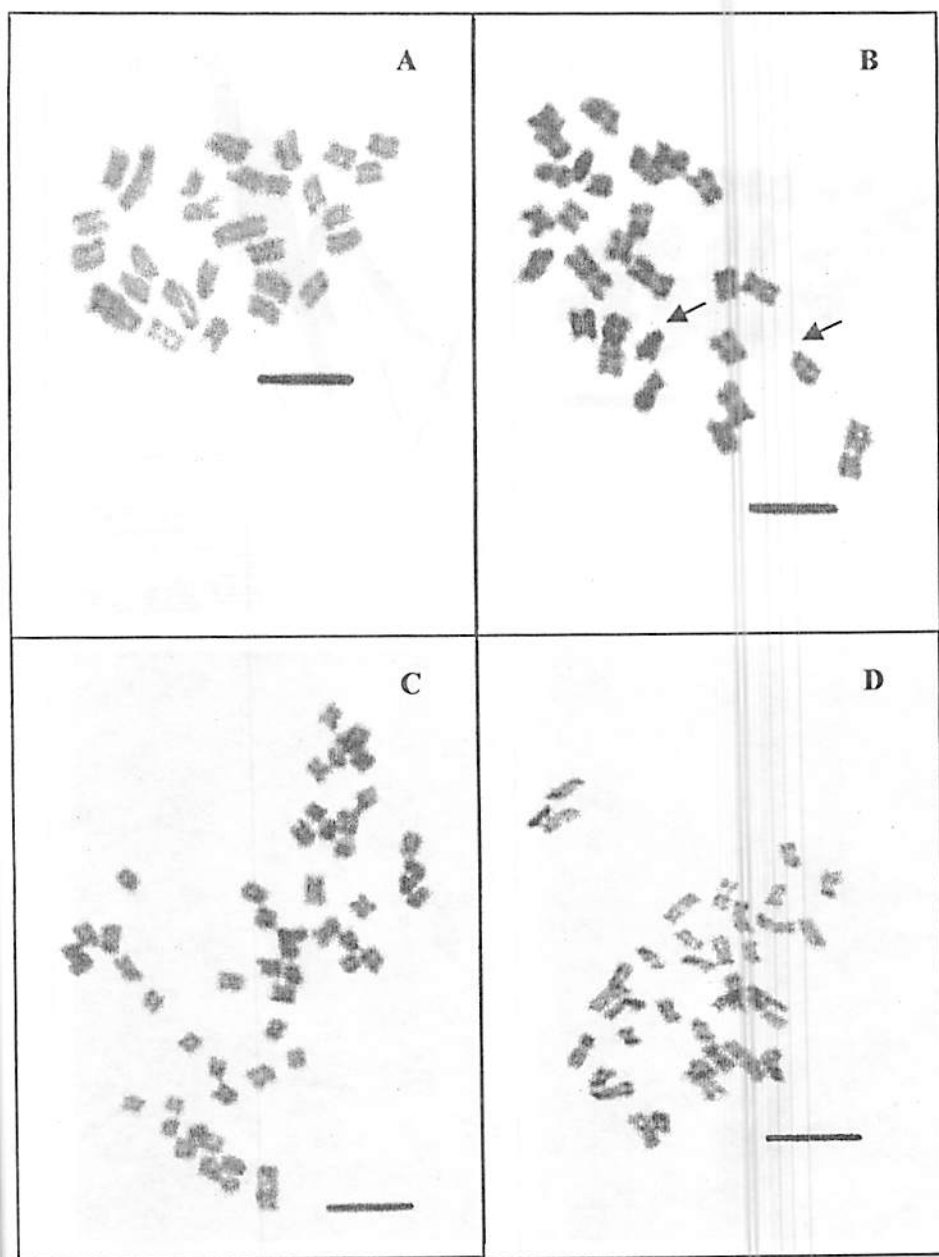


FIGURA 1 - Metáfases mitóticas. A. BAG 27 e B. BAG 54 (*P. purpureum*  $2n= 28$  cromossomas); C. Selvagem 5 (*P. setosum*  $2n= 54$  cromossomas); D. Selvagem 7 (*P. nervosum*  $2n= 36$  cromossomas). As setas indicam satélites e as barras representam 5  $\mu\text{m}$ . UFLA. Lavras, MG, 1998.



FIGURA 2 - BAG 45 (*P. purpureum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=28$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espiguetas; D. Constituintes da espiguetas: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.

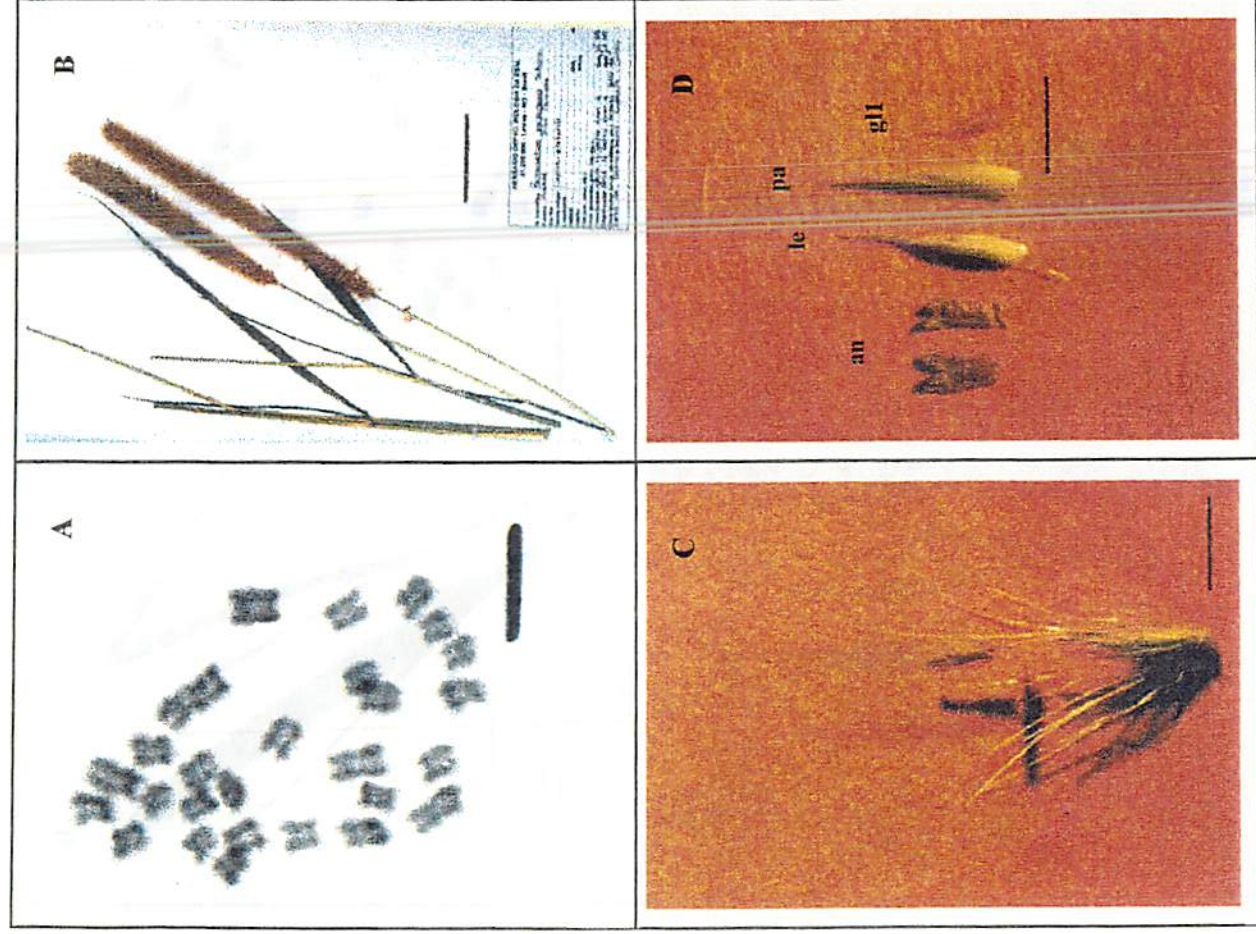


FIGURA 3 - BAG 46 (*P. purpureum*). A. Metafase mitótica com  $2n=28$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gll ( $1^{\circ}$  gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.



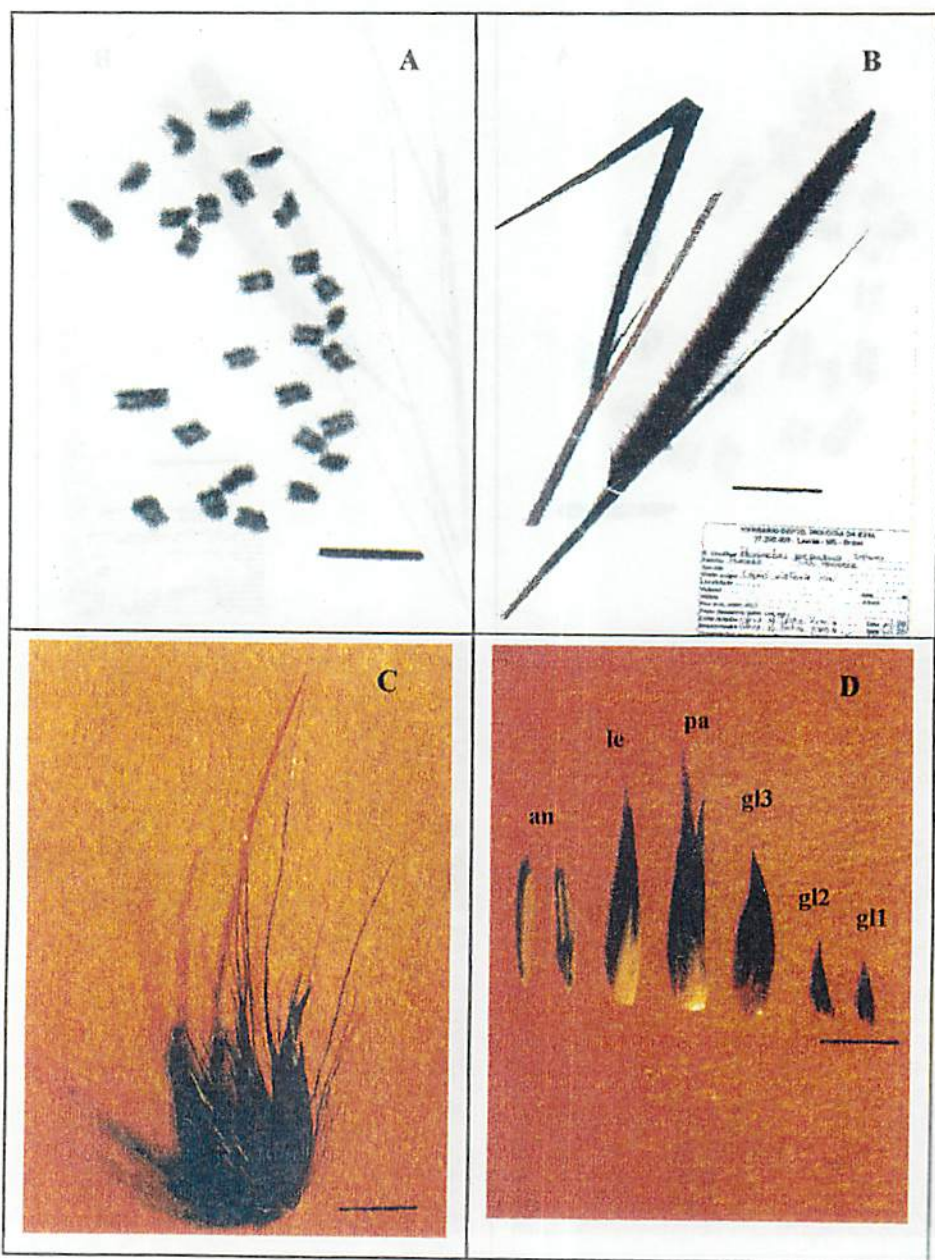


FIGURA 4 - BAG 65 (*P. purpureum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=28$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (antras), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.

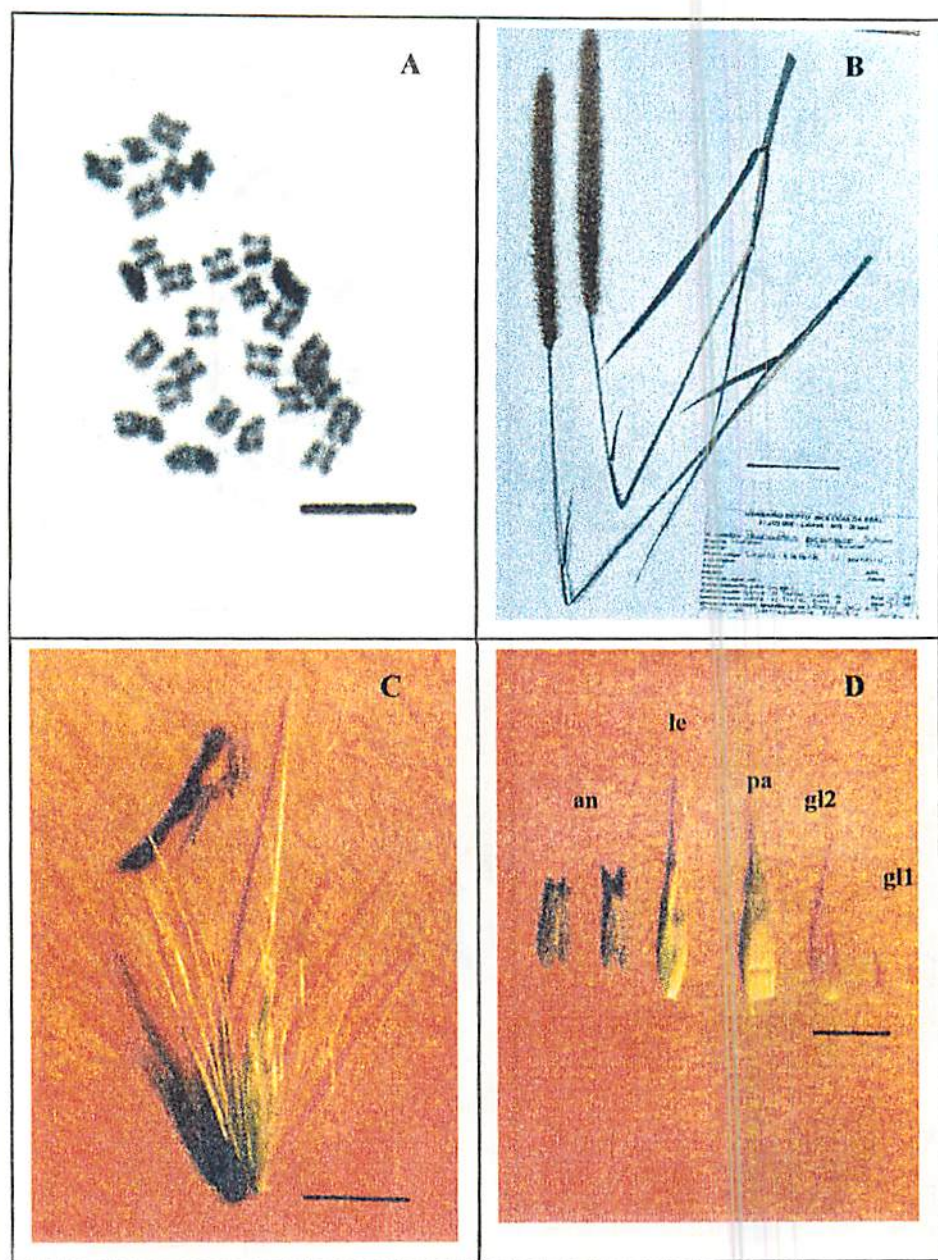


FIGURA 5 - BAG 103 (*P. purpureum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=28$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.



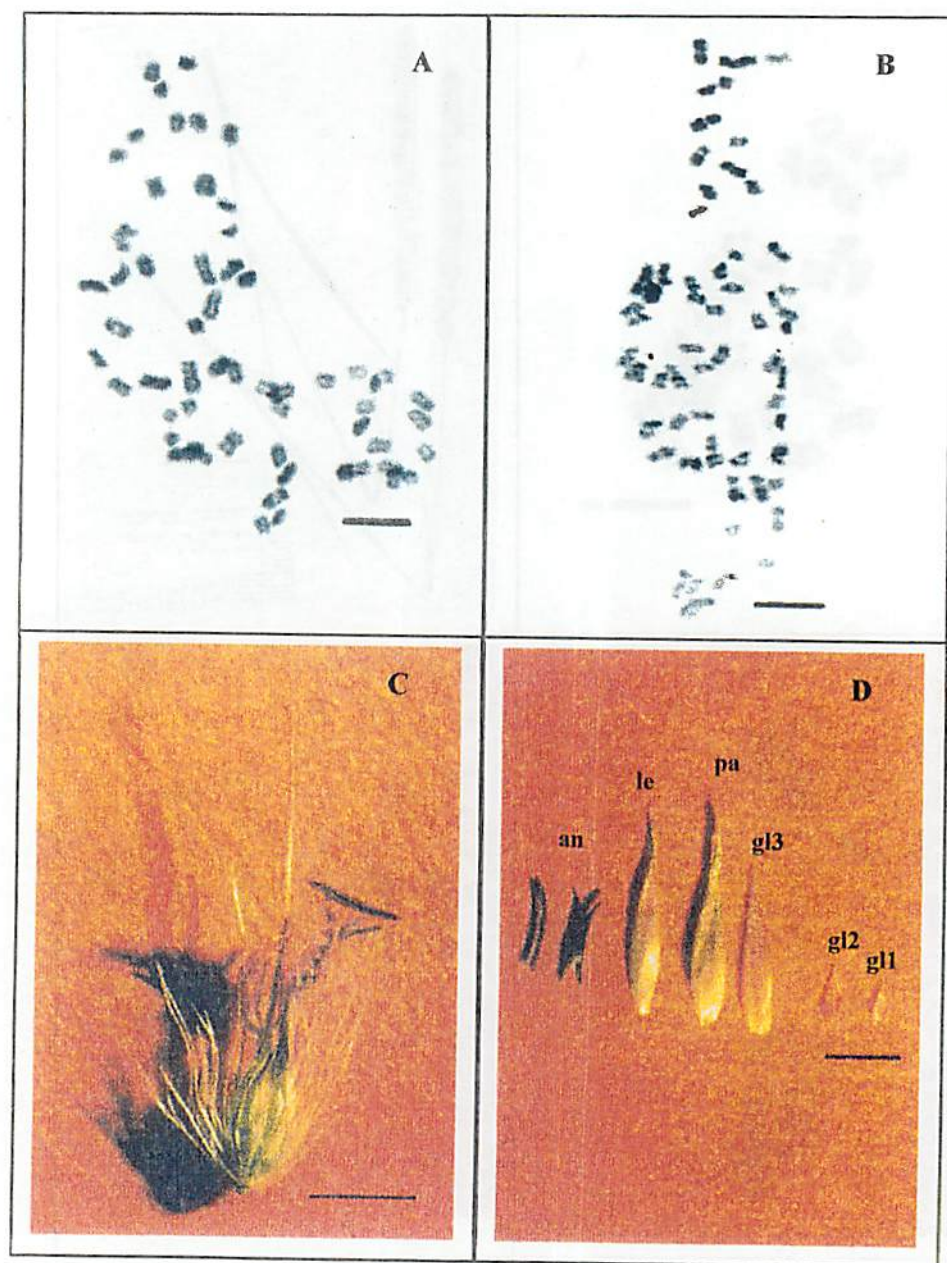


FIGURA 6 - BAG 55. A e B. Metáfases mitóticas com  $2n=54$  e 66 cromossomas; C. Espiguetas; D. Constituintes da espiguetas: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A e B. 5  $\mu$ m; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.



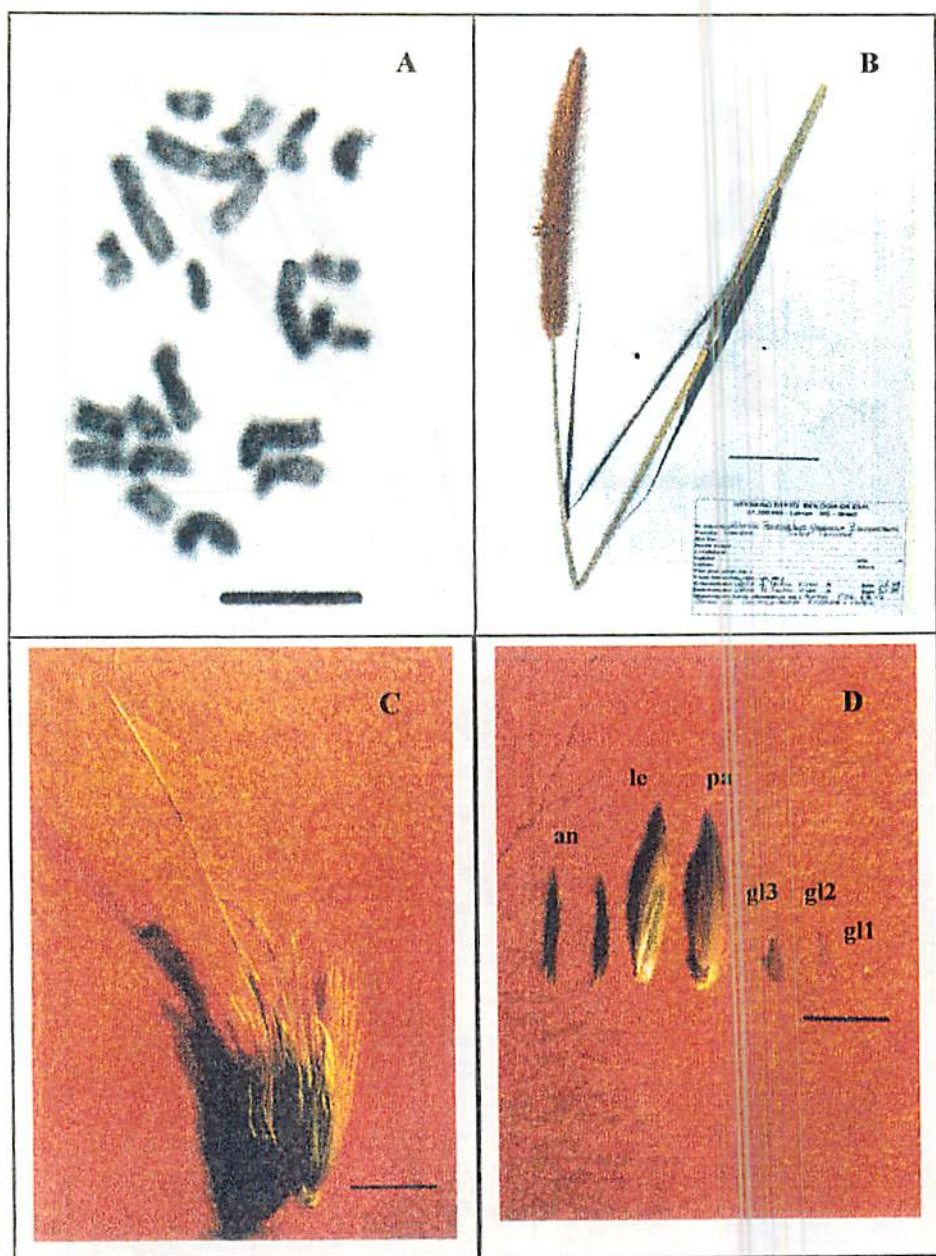


FIGURA 7 - F92-176-1 (Híbrido interespecífico). A. Metáfase mitótica com  $2n=21$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.

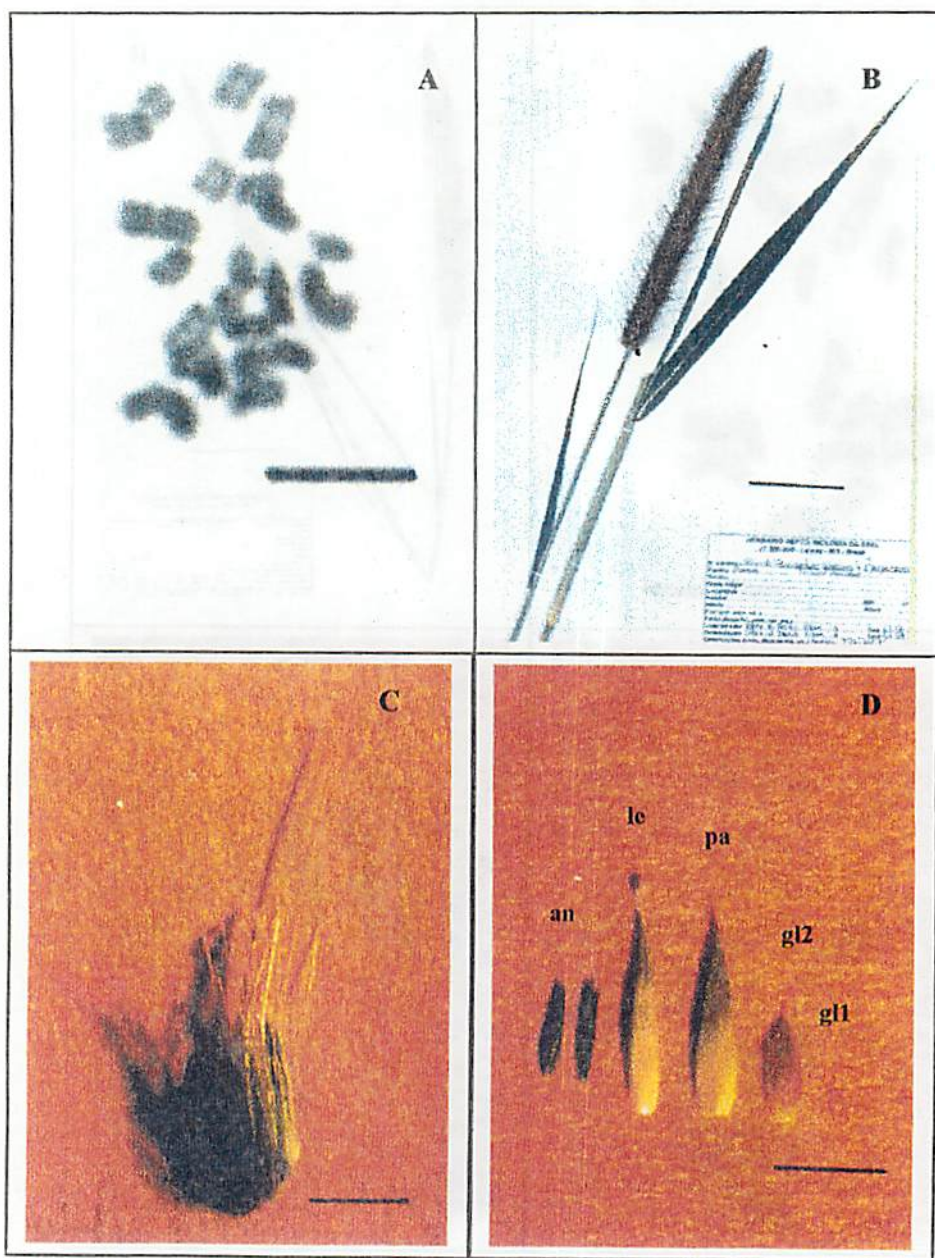


FIGURA 8 - F92-167-1 (híbrido interespecífico). A. Metáfase mitótica com  $2n=21$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.



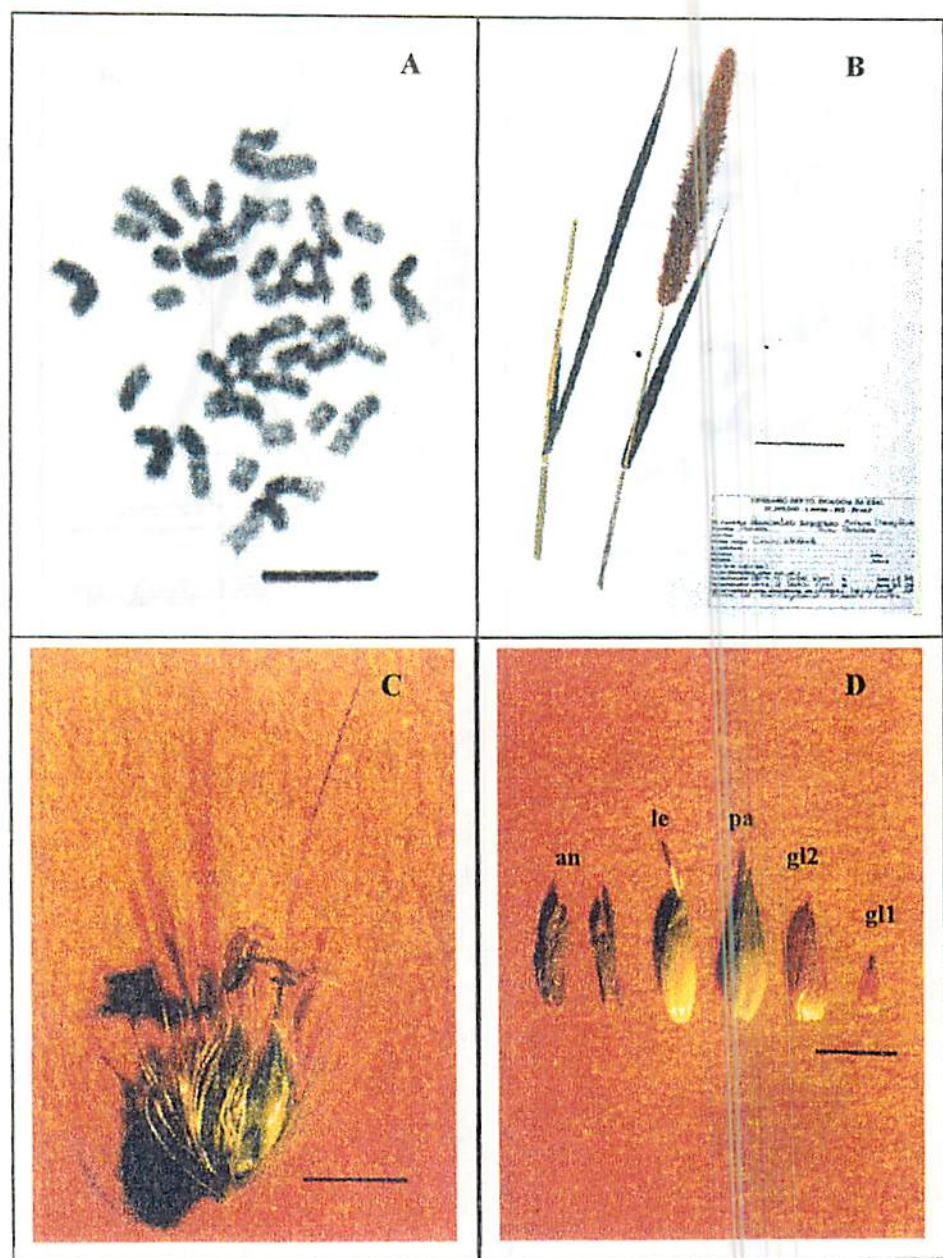


FIGURA 9 - Hexaplóide 199. A. Metáfase mitótica com  $2n=42$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.

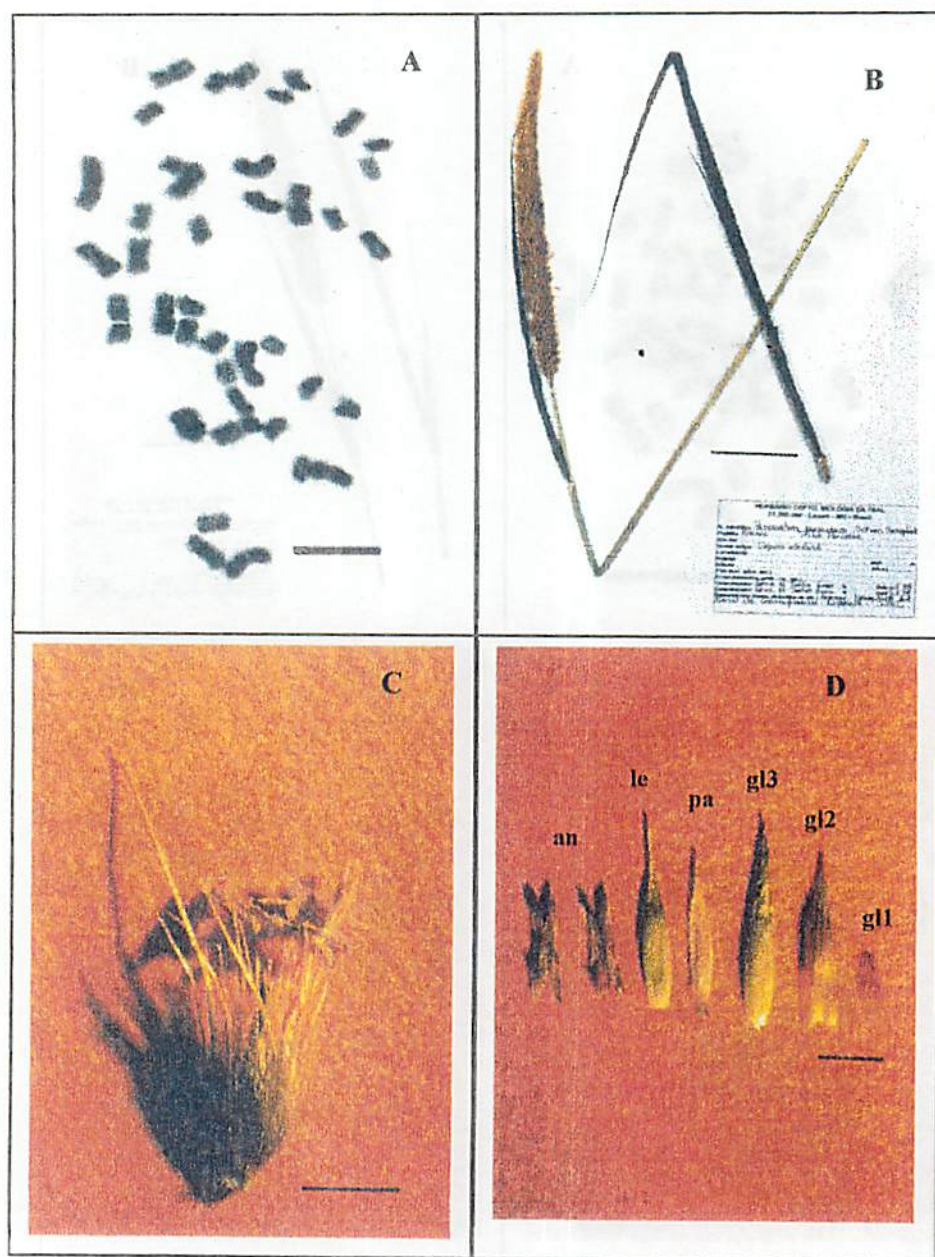


FIGURA 10 - Hexaplóide 204. A. Metáfase mitótica com  $2n=42$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.



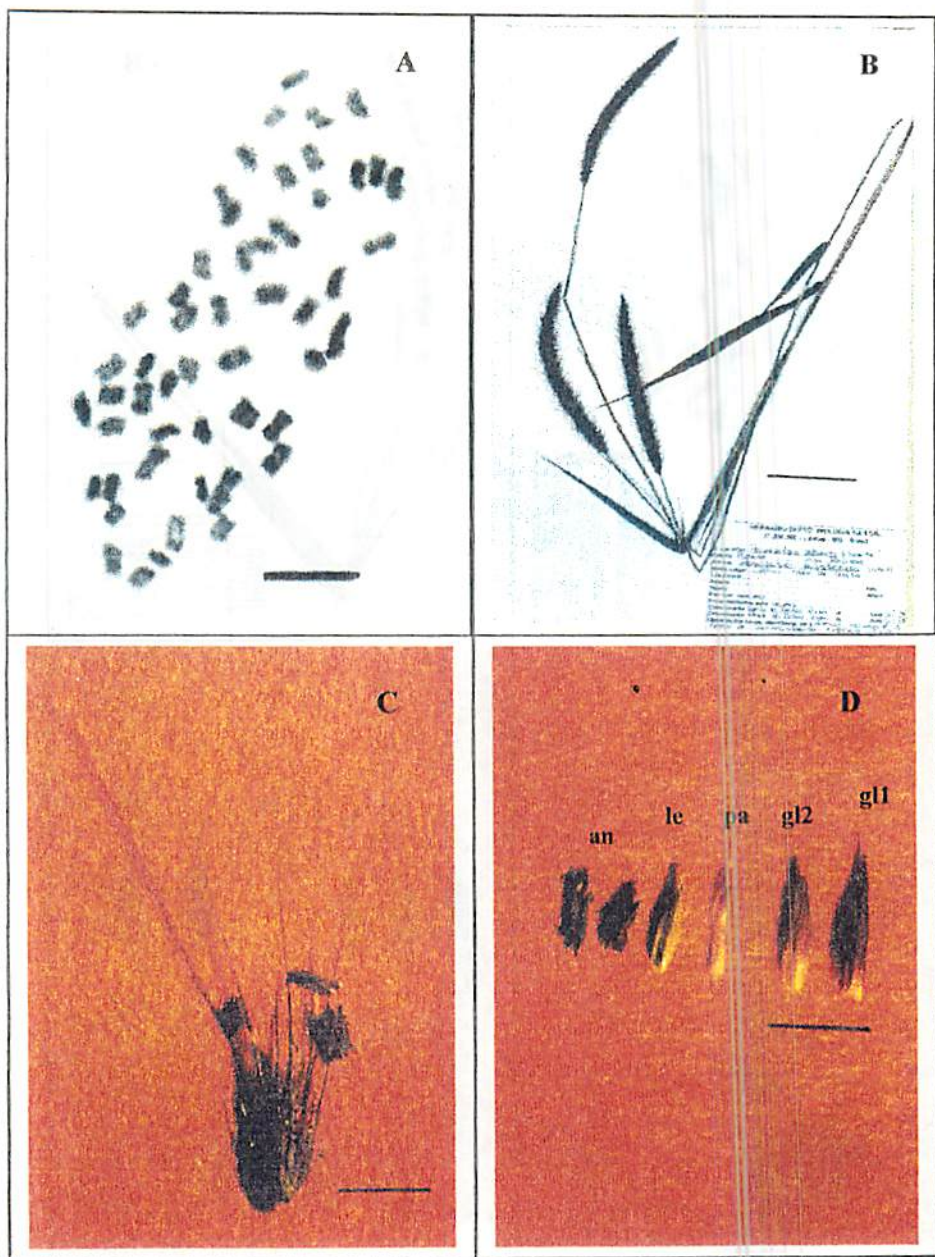


FIGURA 11 - Selva 3 (*P. setosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=54$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espiguetas; D. Constituintes da espiguetas: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.

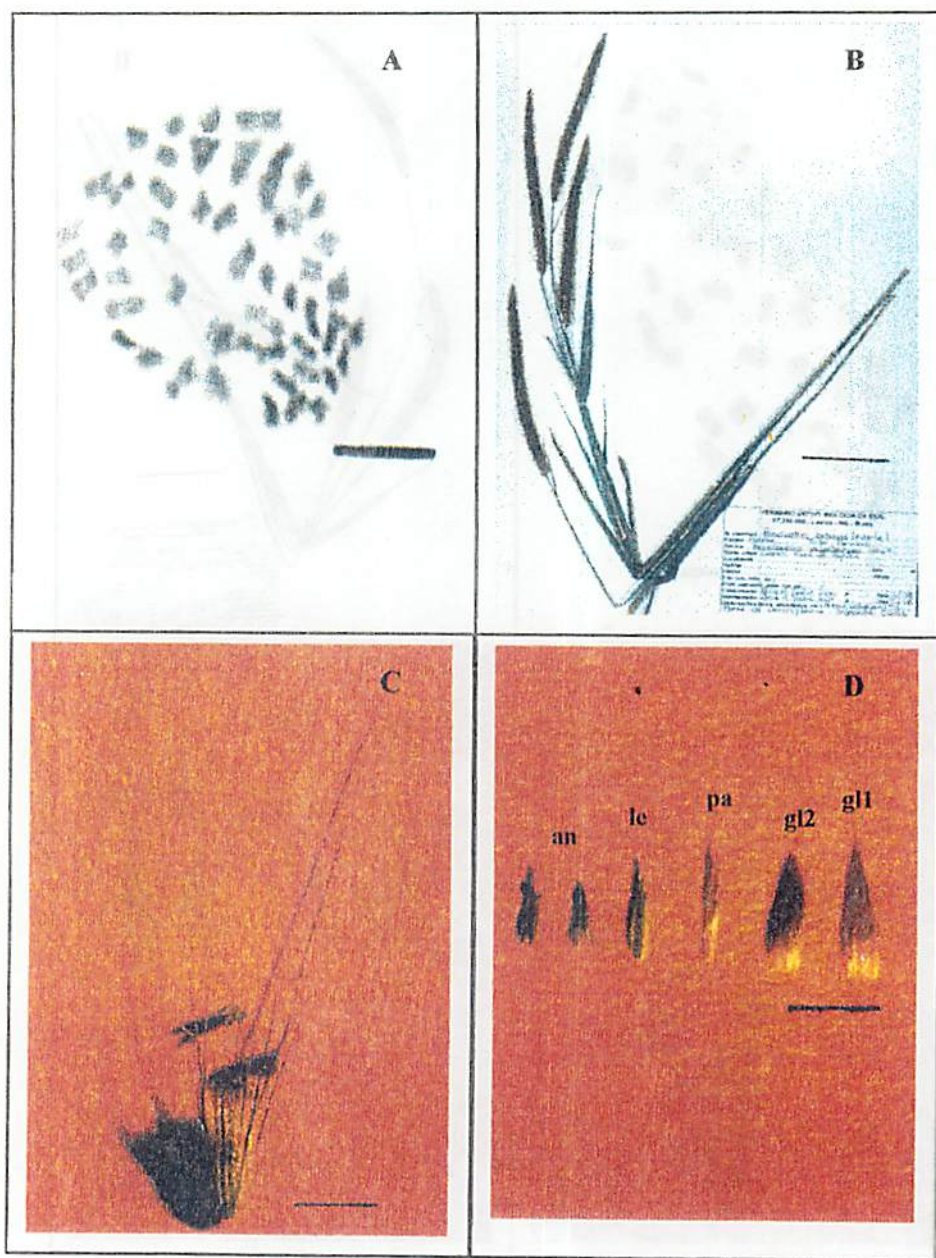


FIGURA 12 - Selvagem 4 (*P. setosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=54$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (antras), le (lema), pa (pálea), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.



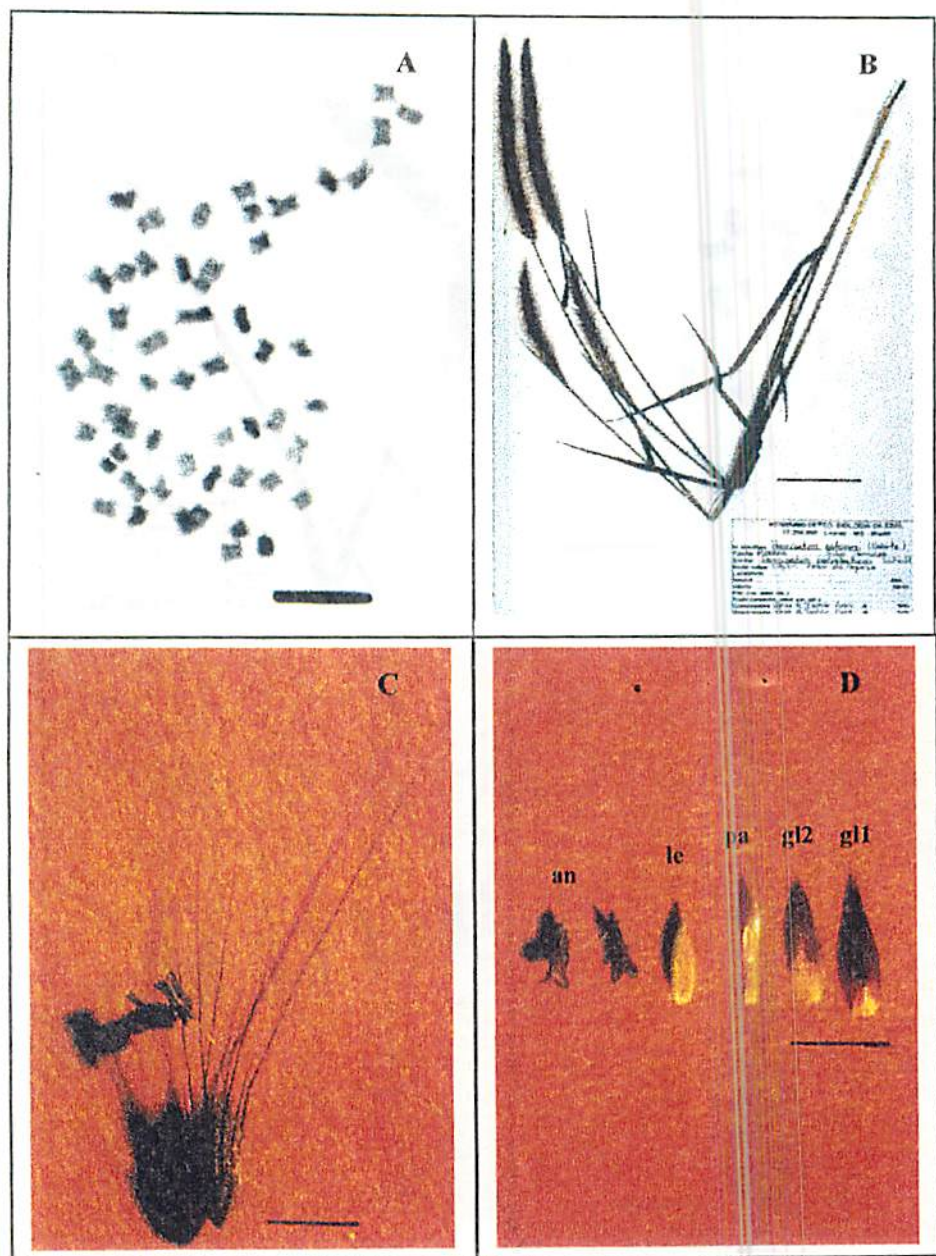


FIGURA 13 - Selva 6 (*P. setosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=54$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.

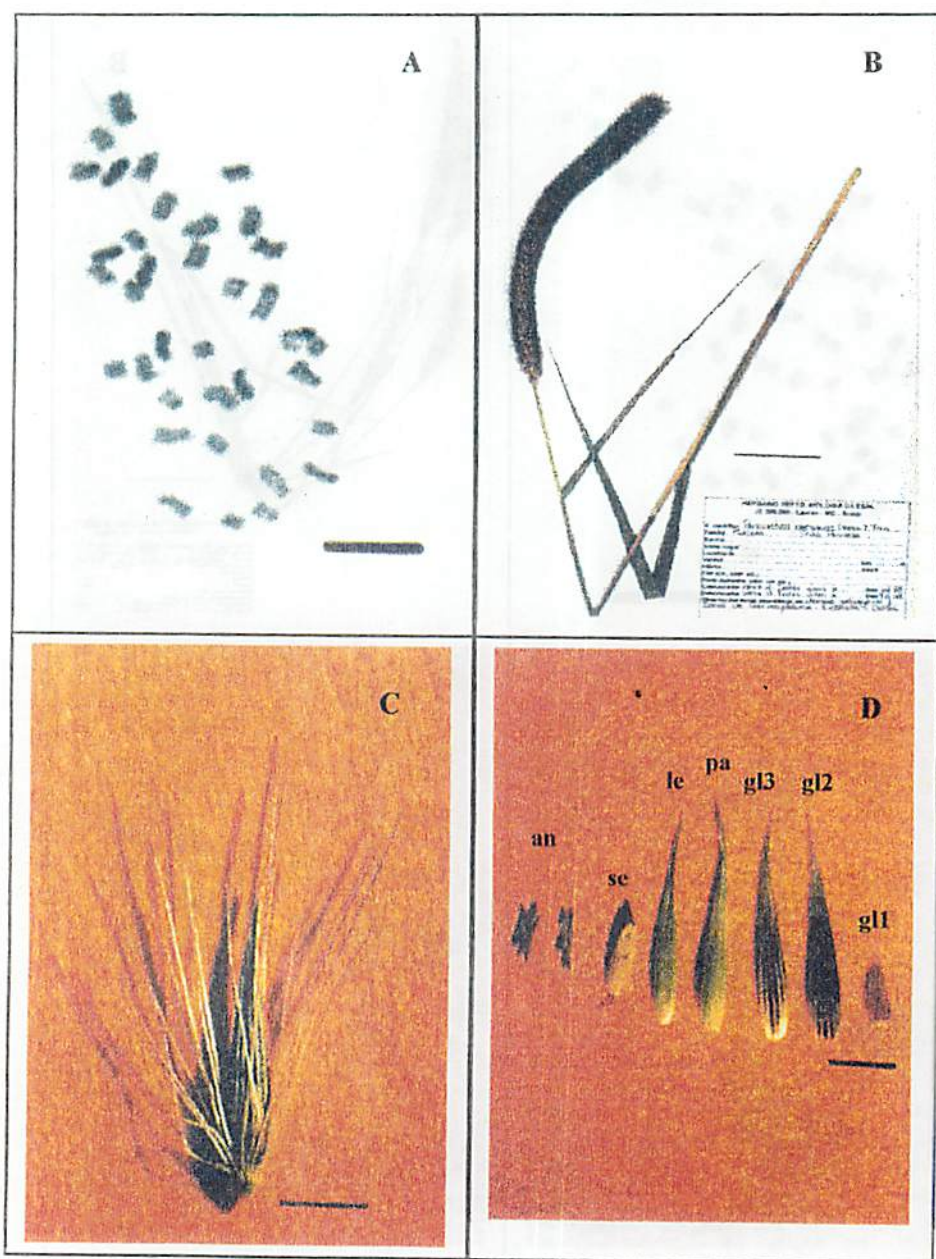


FIGURA 14 - Selvagem 1 (*P. nervosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=36$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espiguetas; D. Constituintes da espiguetas: an (anteras), se (semente), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.



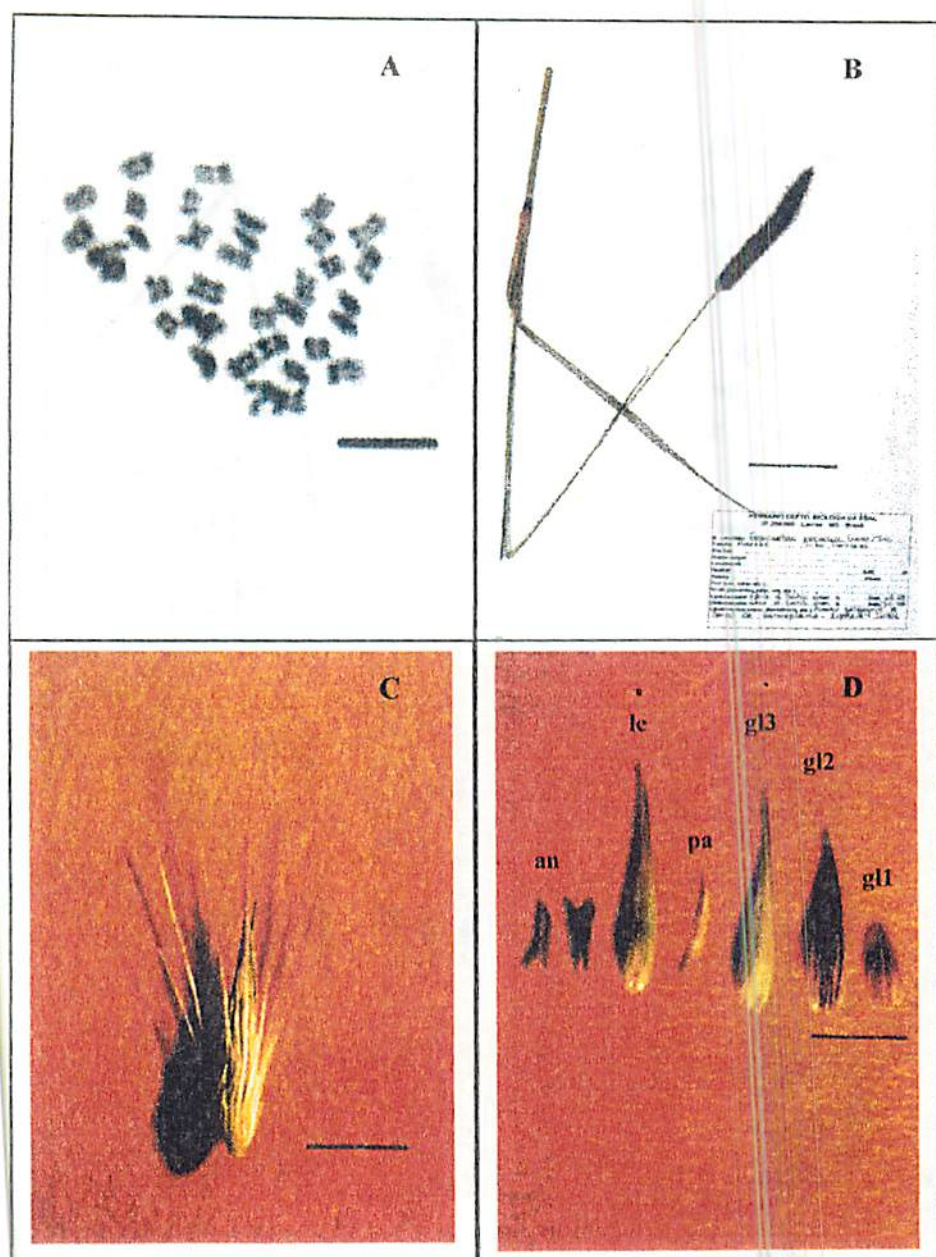


FIGURA 15 - Selvagem 8 (*P. nervosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=36$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espiguetas; D. Constituintes da espiguetas: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.

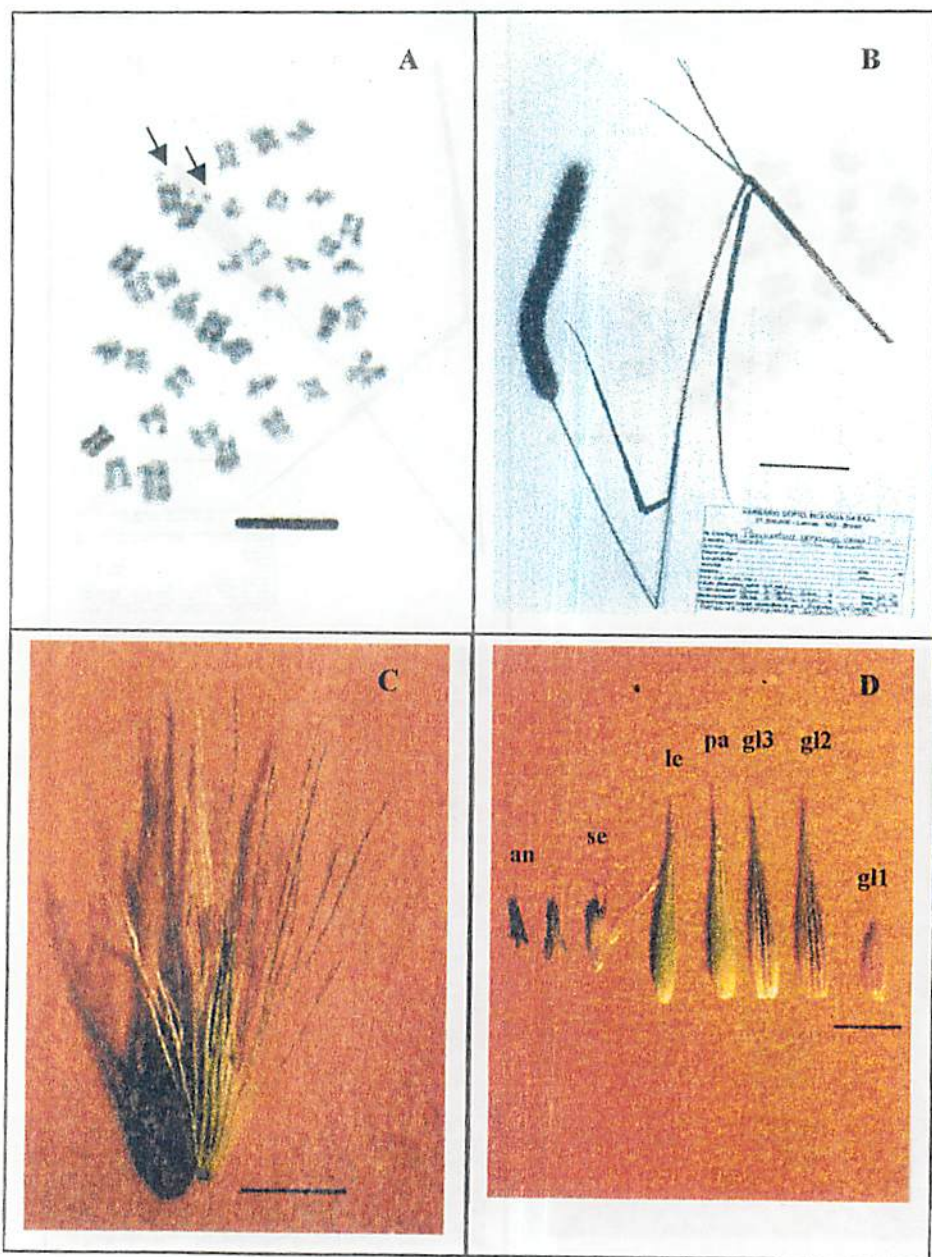


FIGURA 16 - Selva 9 (*P. nervosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=36$  cromossomas. B. Exsicata; C. Espiguetas; D. Constituintes da espiguetas: an (anteras), se (semente), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As setas indicam satélites e as barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.



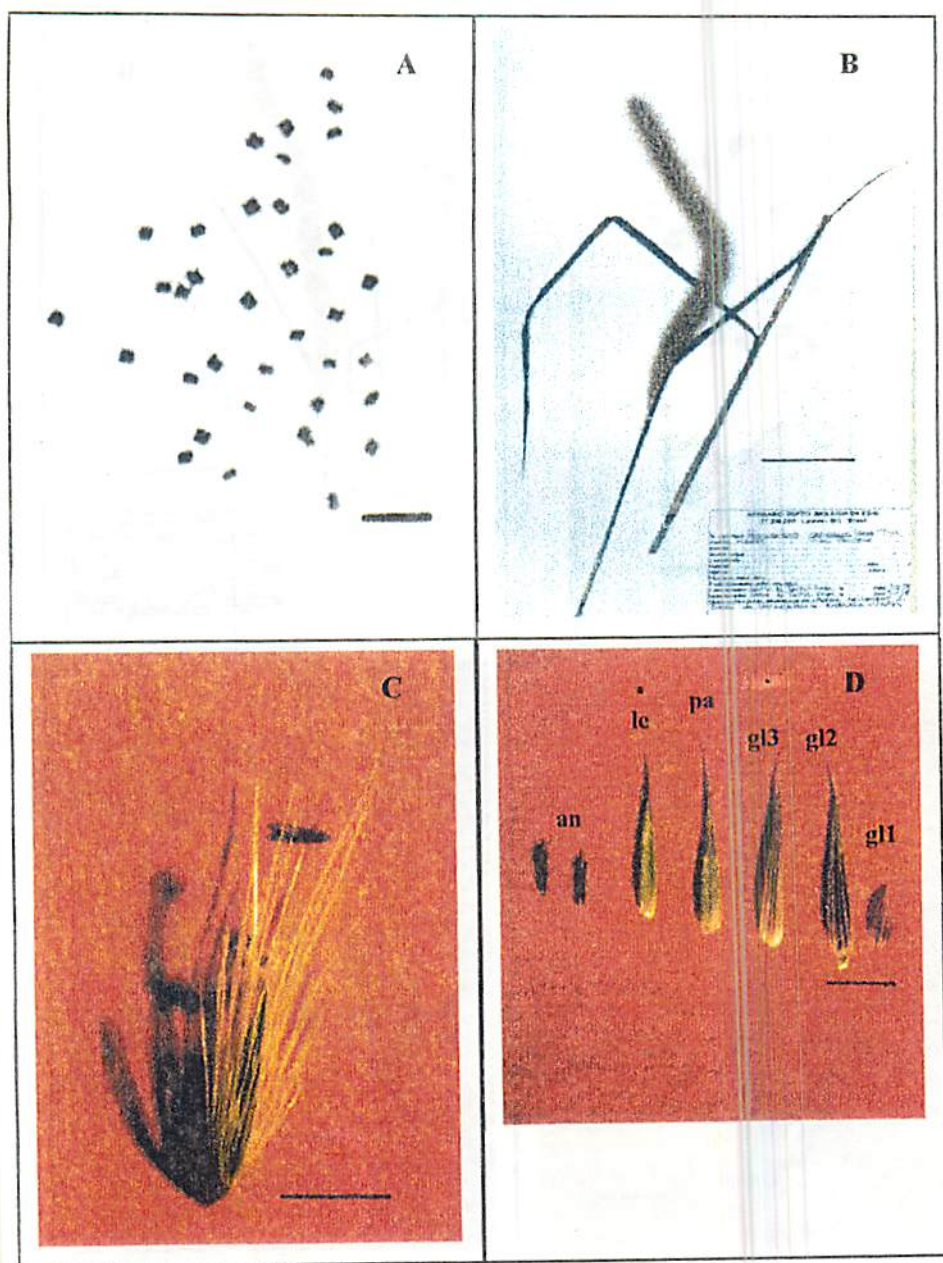


FIGURA 17 - Selva 10 (*P. nervosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=36$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.

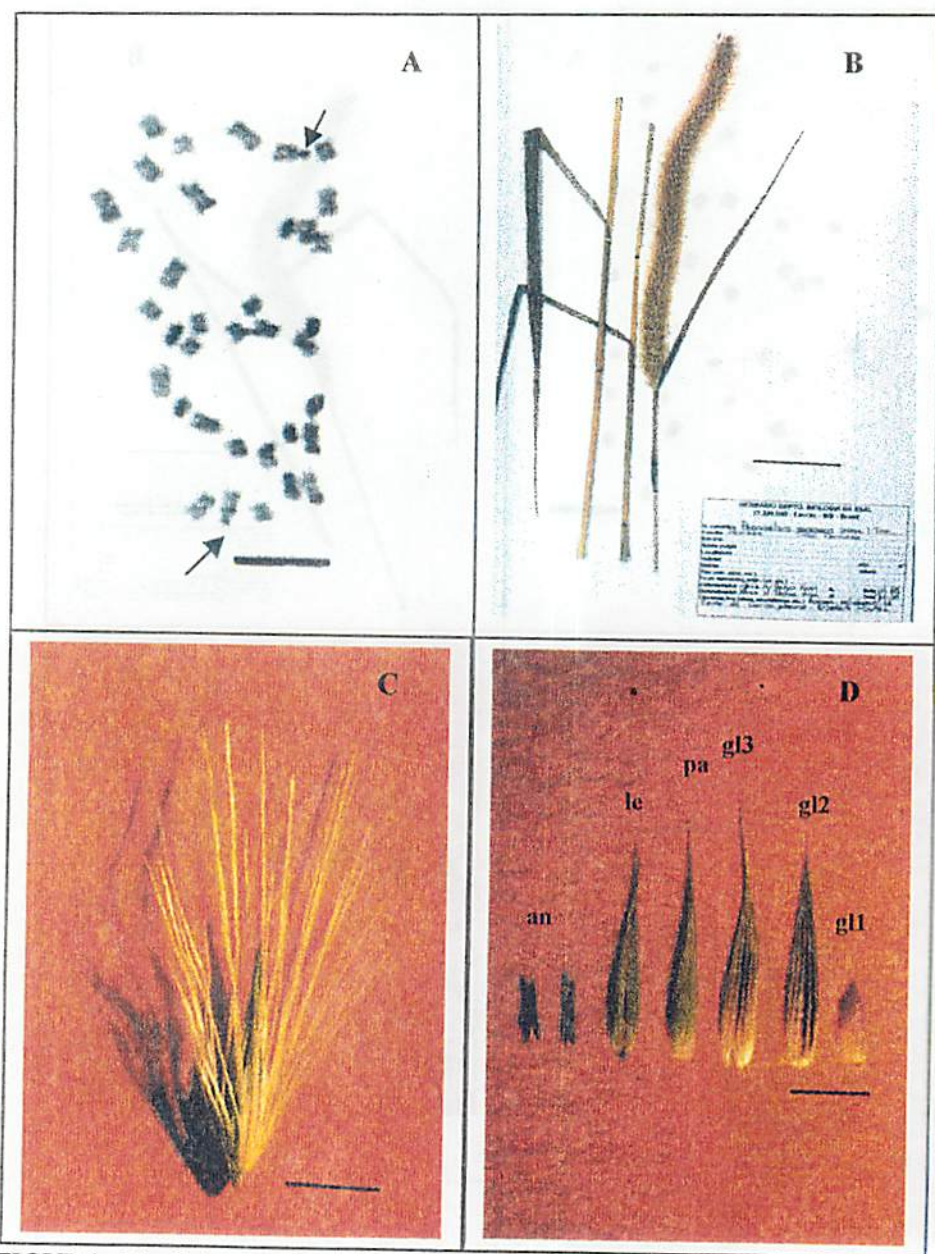


FIGURA 18- Selvagem 12 (*P. nervosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=36$  cromossomas. B. Exsicata; C. Espiguetas; D. Constituintes da espiguetas: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As setas indicam satélites e as barras representam: A. 5 µm; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.



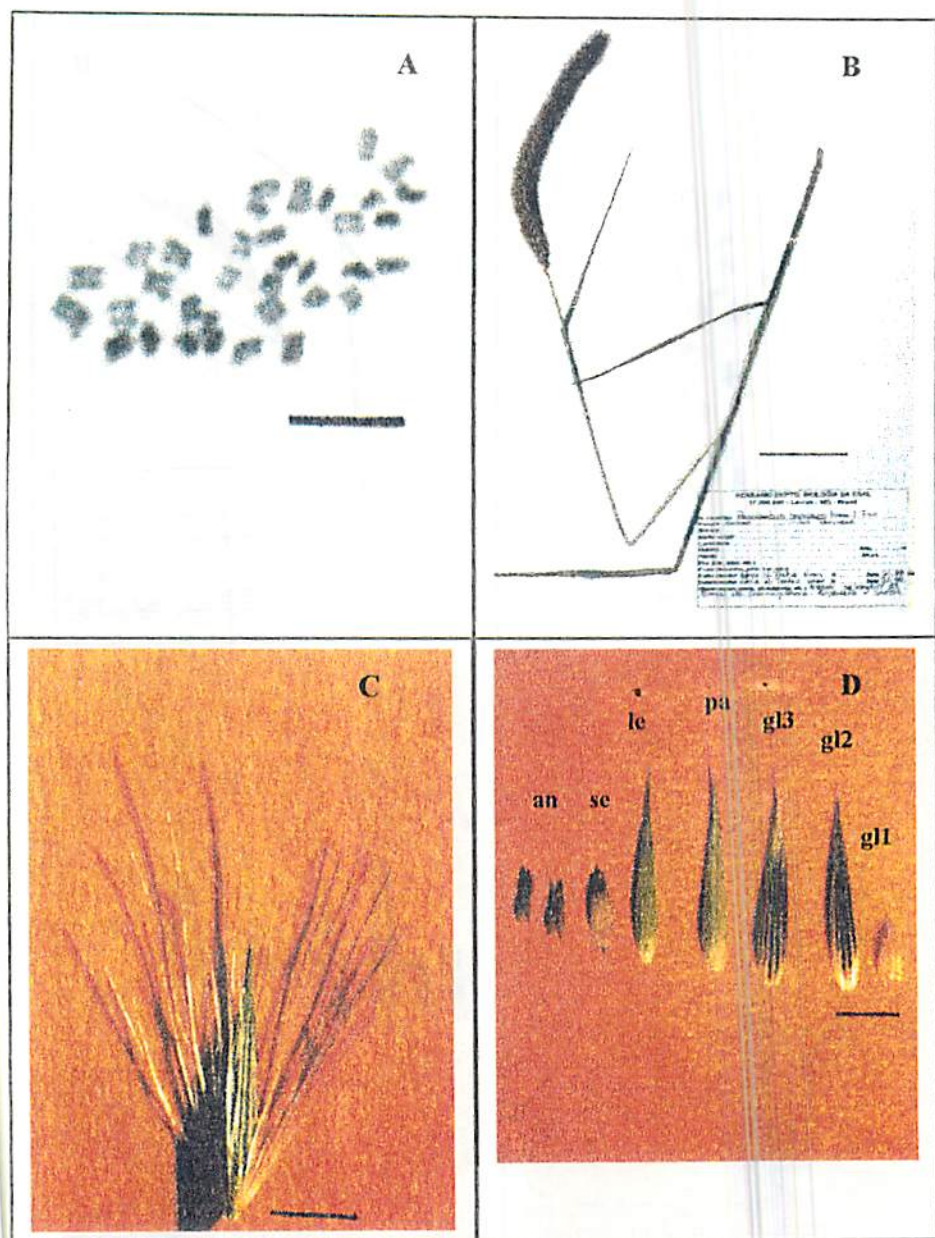


FIGURA 19 - Selva 13 (*P. nervosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=36$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espiguet; D. Constituintes da espiguet: an (anteras), se (semente), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.

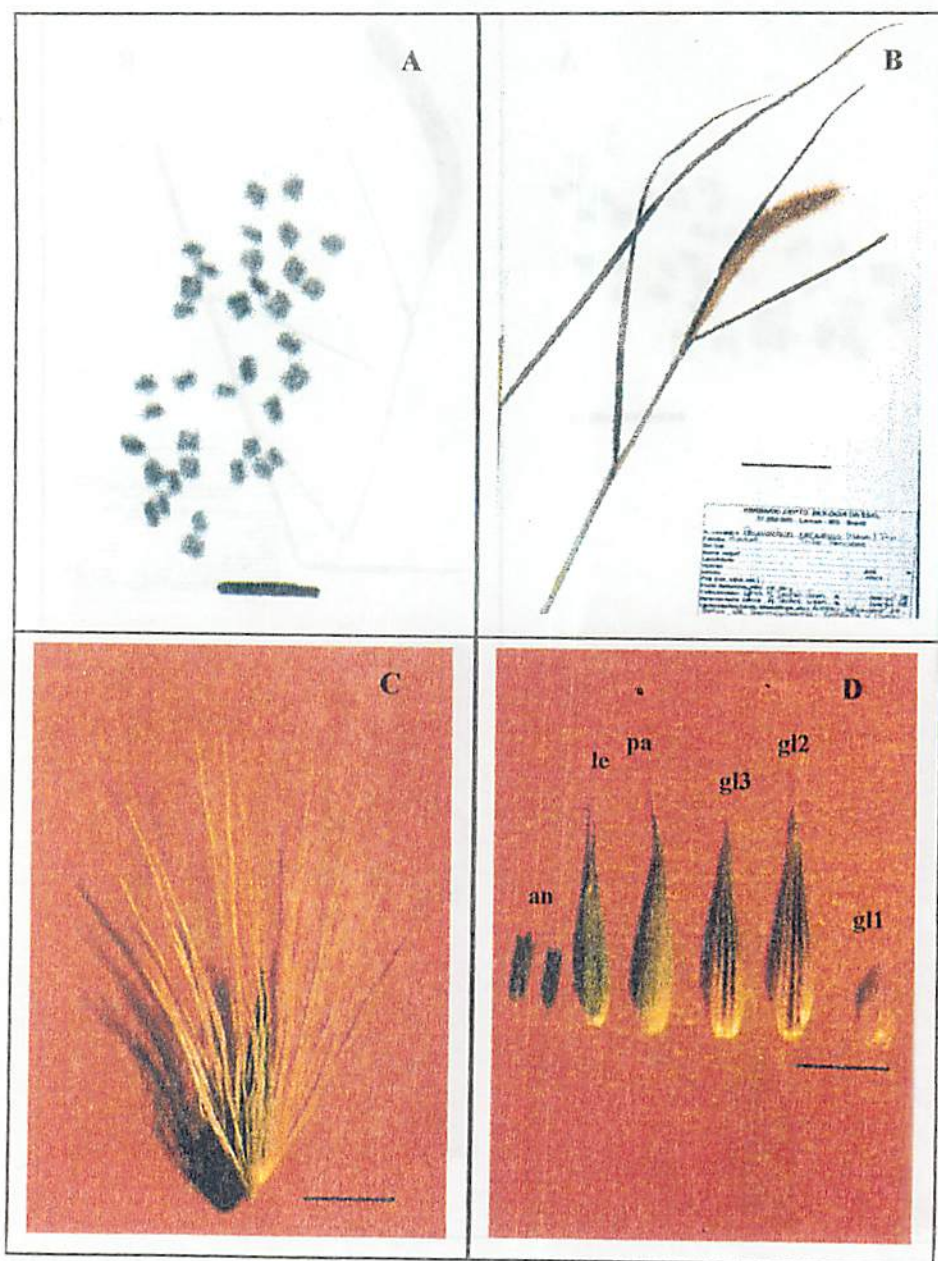


FIGURA 20 - Selva 14 (*P. nervosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=36$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espiguetas; D. Constituintes da espiguetas: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.



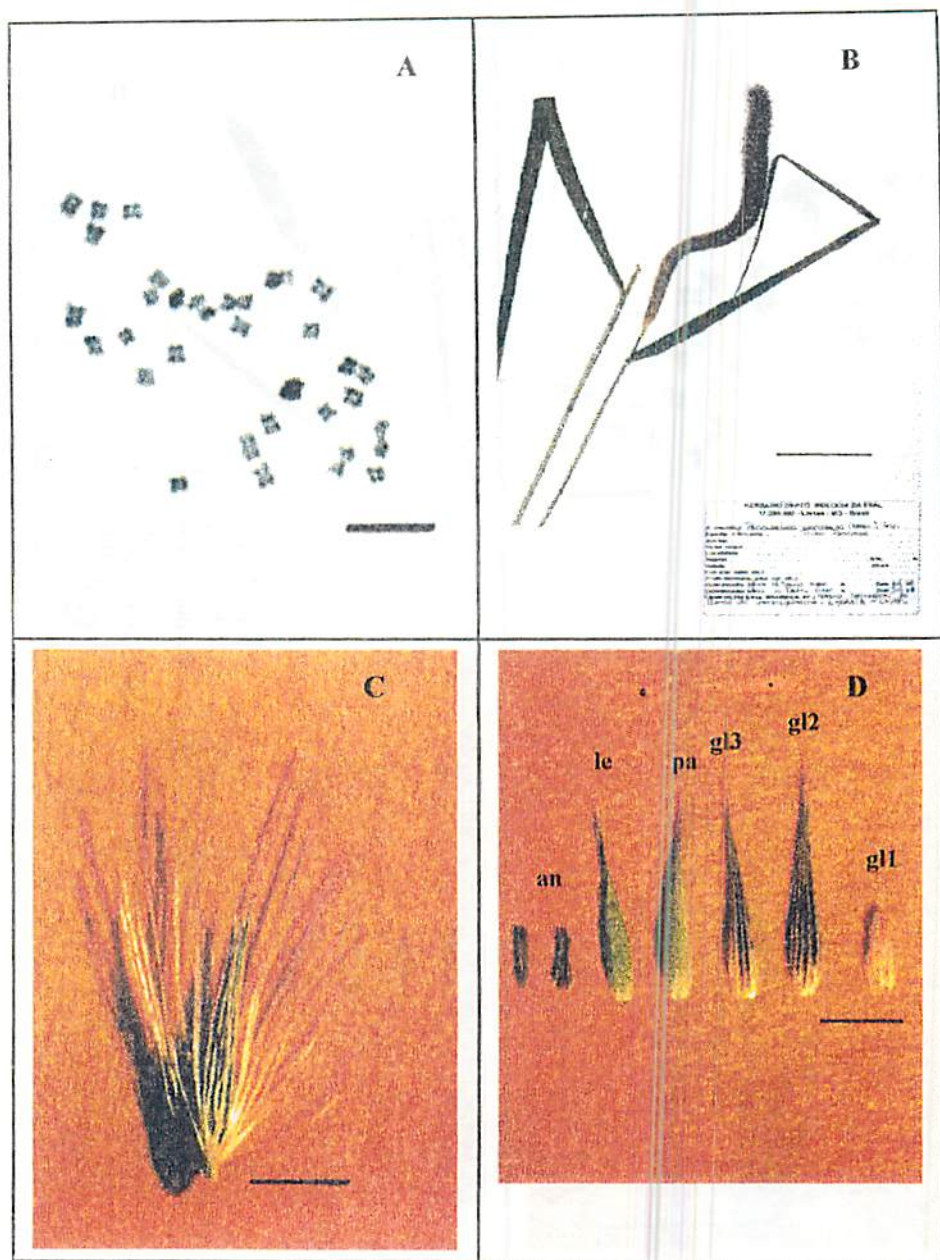


FIGURA 21 - Selvagem 16 (*P. nervosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=36$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.

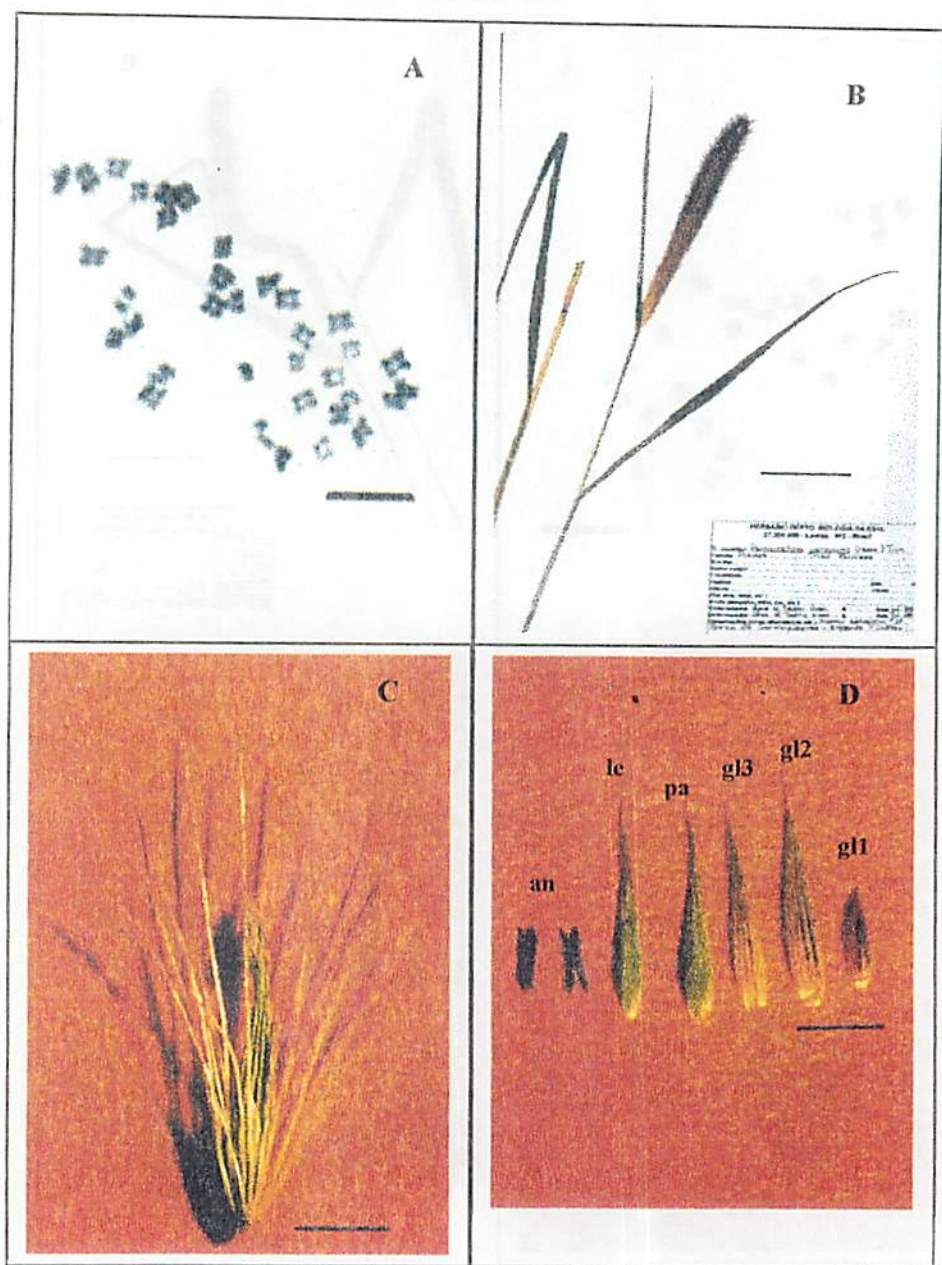


FIGURA 22 - Selva 17 (*P. nervosum*). A. Metáfase mitótica com  $2n=36$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espiguetas; D. Constituintes da espiguetas: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.



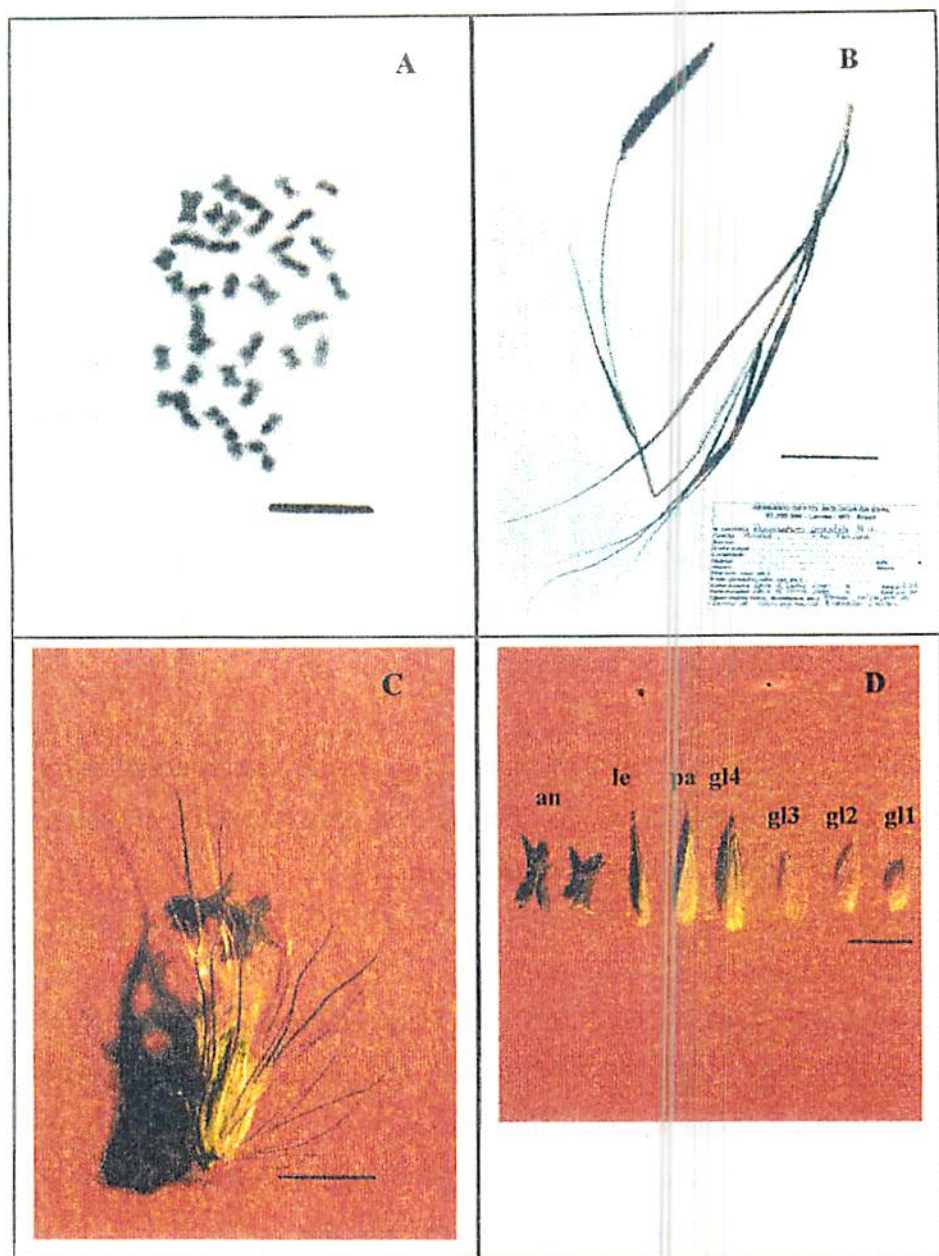


FIGURA 23 - Selva 15 (*P. cf. Orientale*). A. Metáfase mitótica com  $2n=36$  cromossomas; B. Exsicata; C. Espigueta; D. Constituintes da espigueta: an (anteras), le (lema), pa (pálea), gl4 (4ª gluma), gl3 (3ª gluma), gl2 (2ª gluma), gl1 (1ª gluma). As barras representam: A. 5  $\mu$ m; B. 5,6 cm; C e D. 2,3 mm. UFLA. Lavras, MG, 1998.

## 5. CONCLUSÕES

1. Os acessos selvagens 3, 4, 5 e 6 apresentaram  $2n=54$  cromossomas, enquanto que todos os demais materiais selvagens mostraram  $2n=36$ . As metáfases dos acessos caracterizados como *Pennisetum purpureum*, confirmaram  $2n=28$  cromossomas, já descritos para esta espécie. Para os híbridos entre *Pennisetum glaucum* e *Pennisetum purpureum* e para os hexaplóides, resultantes da duplicação dos cromossomas desses híbridos, foram confirmados  $2n=21$  e  $2n=42$  cromossomas, respectivamente. O acesso BAG 55 foi uma exceção entre os materiais avaliados por apresentar uma variação de  $2n=54$  a  $2n=66$  cromossomas.
2. As análises citotaxonômicas permitiram estabelecer agrupamentos entre os acessos estudados e sugerir as identificações botânicas, da seguinte maneira:
  - acessos selvagens 3, 4, 5 e 6 - *Pennisetum setosum*
  - acessos selvagens 1, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16 e 17 - *Pennisetum nervosum*
  - acesso selvagem 15 - *Pennisetum af. orientale*
  - acessos BAG 27, 45, 46, 54, 65 e 103 - *Pennisetum purpureum*
  - acessos F92-167-1, F92, 167-2 e F92-176-1 - híbridos interespecíficos entre *Pennisetum purpureum* e *Pennisetum glaucum*
  - acessos 199 e 204 - hexaplóides (resultantes da duplicação cromossômica do híbrido entre *Pennisetum purpureum* e *Pennisetum glaucum*)
  - acesso BAG 55 - não determinada.
3. As medidas de divergência genética forneceram resultados semelhantes aqueles obtidos pelo estudo citogenético e morfológico, revelando a similaridade de classificação dos três métodos empregados. Entretanto, o

**agrupamento estabelecido com base nas análises citogenética e morfológica parece ser o mais coerente pelo fato de levar em conta dois critérios distintos avaliados simultaneamente, mostrando que tais estudos são potencialmente importantes para o esclarecimento de problemas taxonômicos.**

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, P. B.; BUFARAH, G. Plantas forrageiras - gramíneas e leguminosas. São Paulo: Nobel, 1988. 162 p.
- AUGUSTIN, E.; TCACENCO, F. A. Isoenzymatic characterization of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) germplasm. *Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto (SP)*, v. 16, n. 3, p. 685-696, 1993.
- BERTÃO, M. R. Evolução cariotípica no gênero *Capsicum* (Solanaceae). Piracicaba: ESALQ/USP, 1993. 148 p. (Dissertação de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)
- BEUKEBOOM, L. W. Bewildering Bs: an impression of the 1st B-chromosome Conference. *Heredity, London*, v. 73, p. 328-336, 1994.
- BOCK, R. D. Multivariate statistical methods in behavioral research. USA: McGraw-Hill, 1975. 623 p.
- BOGDAN, A. V. Tropical pasture and fodder plants (grasses and legumes). London: Longman, 1977. 241 p. (Tropical Agricultural Series)
- BRUNKEN, J. N. A systematic study of *Pennisetum* Sect. *Pennisetum* (Gramineae). *American Journal of Botany, New York*, v. 64, n. 2, p. 161-176, feb. 1977.
- BURGER, W. *Flora costaricensis*. USA: Library of Congress, 1980. 609 p.
- BURTON, G. W. A cytological study of some species in the Tribe *Paniceae*. *American Journal of Botany, New York*, v. 29, p. 355-361, 1942.
- BURTON, G. W.; POWELL, J. B. Pearl millet breeding and cytogenetics. In: \_\_\_\_\_. *Advances in agronomy*. New York: Academic Press, 1968. p. 49-89.
- CROWDER, L. V.; CHEEDA, H. R. *Tropical grassland husbandry*. New York: Longman, 1982. 562 p.

- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, 1994. 390 p.
- CRUZ, C. D. Algumas técnicas de análise multivariada no melhoramento de plantas. Piracicaba: ESALQ/USP, 1987. 75 p. (Monografia)
- CRUZ, C. D. Aplicações de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas. Piracicaba: ESALQ/USP, 1990. 188 p. (Tese de Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)
- DAHER, R. R. Diversidade morfológica e isozimática em capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). Viçosa: UFV, 1993. 110 p. (Dissertação de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)
- DIZ, D. Breeding procedures and seed production management in pearl millet x elephantgrass hexaploid hybrids. Florida: University of Florida, 1994. 118 p. (Tese de Doutorado em Filosofia)
- DUCLOS-HAVARD, B. Las plantas forrajeras tropicales. Barcelona: Editora Blume, 1969. 380 p.
- DUJARDIN, M.; HANNA, W. W. Meiotic and reproductive behavior of facultative apomictic BC<sub>1</sub> offspring derived from *Pennisetum americanum* - *P. orientale* interspecific hybrids. *Crop Science*, Madison, v. 23, p. 156-160, jan./ feb.1983.
- DUJARDIN, M.; HANNA, W. W. Cytogenetics of double cross hybrids between *Pennisetum americanum*- *P. purpureum* amphiploids and *P. americanum* x *Pennisetum squamulatum* interspecific hybrids. *Theor. Appl. Genet*, Berlin, v. 69, p. 97-100, 1984.
- DUJARDIN, M.; HANNA, W. W. Cytology and reproductive behavior of pearl millet-napiersgrass hexaploids x *Pennisetum squamulatum* trispecific hybrids. *The Journal of Heredity*, Washington, v. 72, p. 382-384, sept./ oct. 1985.
- DUJARDIN, M.; HANNA, W. W. Crossability of pearl millet with *Pennisetum* species. *Crop Science*, Madison, v. 29, p. 77-80, jan./ feb.1989.
- DUJARDIN, M.; HANNA, W. W. Cytogenetics and reproductive behavior of 48-chromosome pearl millet x *Pennisetum squamulatum* derivatives. *Crop Science*, Madison, v. 30, p. 1015-1016, 1990.

- FARIA, V. P. Evolução no uso do capim elefante: uma visão histórica. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P.(eds.). Manejo do capim elefante. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 19- 45.
- FERREIRA, D. F. Métodos de avaliação da divergência genética em milho e suas relações com os cruzamentos dialélicos. Lavras: ESAL, 1993. 72 p. (Tese de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)
- FORNI-MARTINS, E. R. Cariótipo e sua análise numérica como subsídio a estudos taxonômicos e evolutivos de *Phaseolus L. Vigna savi e Macroptilium (Bentham) urban - Leguminosae, Papilionoideae*. Campinas: UNICAMP, 1989. 146 p. (Tese de Doutorado em Ciências)
- GATES, F. C. Grasses in Kansas. Kansas: Kansas state printing plant, 1936. 349 p.
- GOLDBLATT, P.; JOHNSON, D.(eds.)Index to plant chromosome numbers 1990-1991. USA: Missouri Botanical Garden, 1994. 267 p.
- GONZALEZ, B.; HANNA, W. W. Morphological and fertility responses in isogenic triploid and hexaploid pearl millet x napier-grass hybrids. *The Journal of Heredity*, Washington, v. 75, p. 317-318, 1984.
- GOULD, F. W. The grasses of Texas. Texas: Texas A & M University Press, 1975. 653 p.
- GREILHUBER, J. Chromosomal evidence in taxonomy. In: HEYWOOD, V. H.; MOORE, D. M. eds. *Current concepts in plant taxonomy*. London: Academic Press, 1984. Cap. 9. p. 157-180.
- GUERRA, M. Introdução a citogenética geral. Rio de Janeiro: Guanabara, 1989. 142 p.
- GUERRA, M.; PEDROSA, A. ; BARROS e SILVA, A. E.; CORNÉLIO, M. T. M.; SANTOS, K.; SOARES FILHO, W. S. F. Chromosome number and secondary constriction variation in 51 acessions of a citrus germplasm bank. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto (SP), v. 20, n. 3, p. 489-496, 1997.
- HÄFLIGER, E.; SCHOLZ, H. Grass wedds 1. Switzerland: Ciba-Geigy Ltd., 1980. 195 p.

- HANNA, W. W. Method of reproduction in napiergrass and in the 3X and 6X allopolyploid hybrids with pearl millet. *Crop Science*, Madison, v. 21, p. 123-126, jan./ feb. 1981
- HANNA, W. W.; DUJARDIN, M. Apomictic interspecific hybrids between pearl millet and *Pennisetum orientale* L. C. Rich. *Crop Science*, Madison, v. 22, p. 857-859, july/aug. 1982.
- HANNA, W. W.; DUJARDIN, M. Cytogenetics of *Pennisetum schweinfurthii* Pilger and its hybrids with pearl millet. *Crop Science*, Madison, v. 26, p. 449-453, may/ june 1986.
- HANNA, W. W.; DUJARDIN, M.; OZIAS-AKIN, P.; LUBBERS, E.; ARTHUR, L. Reproduction, cytology, and fertility of pearl millet x *Pennisetum squamulatum* BC<sub>4</sub> plants. *The Journal of Heredity*, Washington, v. 84, n. 3, p. 213-216, 1993.
- HARRI, L. *Plantas daninhas do Brasil*. 2. ed. Nova Odessa: Plantarum Editora, 1991. 440 p.
- HITCHCOCK, A. S. *Manual of the grasses of the United States*. Washington: Government Printing office. 1935. 1040 p.
- HRISHI, N. J. Studies on the cytogenetics of six species of *Pennisetums* and their comparative morphology and anatomy. *Genetica*, Netherlands, v. 26, p. 280-356, 1952.
- JAUHAR, P. P. *Cytogenetics and breeding of pearl millet and related species*. New York: Alan R. Liss, 1981.
- JOHNSON, R.; WICHERN, D. W. *Applied multivariate statistical analysis*. 2. Ed. International edition, Prentice-Hall, 1988. 607 p.
- JONES, K. Cytology and biosystematics. In: GRANT, W. (ed.). *Plant biosystematics*. New York: Academic Press, 1984. p. 25-29.
- JONES, R. N.; REES, H. B *Chromosomes*. New York: Academic Press, 1982. 266 p.
- JONES, R. N. B chromosomes in plants. *New Phytol*, London, v. 131, p. 411-434, 1995.

- KATIVU, S.; MITHEN, R. *Pennisetum* in Southern Africa. *Plant Genetic Resources Newsletter*, v.73/74, p. 1-8, 1987.
- KHALFALLAH, N.; SARR, A.; SILJAK-YAKOVLEV, S. Karyological study of some cultivated and wild stocks of pearl millet from Africa (*Pennisetum typhoides* Stapf et Hubb. and *P. violaceum* (Lam.) L. Rich.). *Caryologia*, Pisa, v. 46, p. 127-138, 1993.
- LEE, J.; ARUMUGANATHAN, K.; YEN, Y.; KAEPLER, S.; KAEPLER, H.; BAENZIGER, P. S. Root tip cell-cycle synchronization and metaphase-chromosome isolation suitable for flow sorting in common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Genome*, Ottawa, v. 40, p. 633-638, 1997.
- MANARA, N. T. F. Citogenética de variedades de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). Piracicaba: ESALQ, 1973. 63 p. (Dissertação de Mestrado).
- MARTEL, E.; RICHROCH, A.; SAAR, A. Assessment of genome organization among diploid species ( $2n=2x=14$ ) belonging to primary and tertiary gene pools of pearl millet using fluorescent in situ hybridization with rDNA probes. *Genome*, Ottawa, v. 39, p. 680-687, 1996.
- MARTEL, E.; DE NAY, D.; SILJAK-YAKOVLEV, S.; BROWN, S.; SARR, A. Genome size variation and basic chromosome number in pearl millet and fourteen related *Pennisetum* species. *The Journal of Heredity*, Washington, v. 88, n. 2, p. 139-143, 1997.
- MEJÍA, M. M. Nombres científicos y vulgares de especies forrajeras tropicales. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1984. 75 p.
- MEREDITH, D. The grasses and pastures of South Africa. South Africa: Cape Times Ltd., 1954. 448 p.
- MESQUITA, E. E. Efeito de doses de nitrogênio e métodos de semeadura no rendimento de sementes e de forragem de milho [*Pennisetum americanum* (L.) Leeke]. Lavras: UFLA, 1996. 86 p. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia)
- MINOCHA, J. L. Pearl millet cytogenetics. In: GUPTA, P. K.; TSUCHIVA. *Chromosome engineering in plants genetics*. Amsterdam: Elsevier, 1991. p. 599-611.



- MOREIRA, J. A. N.; FREIRE, E. C.; SANTOS, J. W.; VIEIRA, R. M. Use of numerical taxonomy to compare "Mocó" cotton with other cotton species and races. *Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto (SP)*, v. 18, n. 1, p. 99-103, 1995.
- OLIVEIRA, A. L. P. C. *Evolução cariotípica no gênero Crotalaria L. (Leguminosae)*. Piracicaba: ESALQ/USP, 1992. 113 p. (Tese de Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- OUENDEBA, B.; EJETA, G.; HANNA, W.; KUMAR, A. Diversity among African pearl millet landrace populations. *Crop Science, Madison*, v. 35, p. 919-924, 1995.
- PANTULU, J. V. Accessory chromosomes in *P. typhoides*. *Curr. Sci., Calcutta*, v. 29, p. 28-29, 1960.
- PANTULU, J. V.; RAO, K. Cytogenetics of pearl millet. *Theor. Appl. Genet., Berlin*, v. 61, p. 1-17, 1982.
- PASSOS, L.; LAMBERT, G.; GALBRAITH, D. Separação de acessos de capim-elefante com base no teor de DNA genômico, medido por citometria de fluxo. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 2, Juiz de Fora, 1994. *Anais... Coronel Pacheco-MG: EMBRAPA - CNPGL*, 1994, p. 212.
- PASSOS, L.; VIDIGAL, M. Separação de acessos de capim-elefante com base em padrões de proteínas obtidos em SDS-PAGE. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 2, Juiz de Fora, 1994. *Anais... Coronel Pacheco-MG: EMBRAPA - CNPGL*, 1994, p. 211.
- PEREIRA, A. V. Utilização de análise multivariada na caracterização de germoplasma de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.). Piracicaba ESALQ/USP, 1989. 180 p. (Tese de Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)
- PEREIRA, A. V. Germoplasma e diversidade genética do capim-elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 2, Juiz de Fora, 1994. *Anais... Coronel Pacheco-MG: EMBRAPA - CNPGL*, 1994a, p. 1-11.
- PEREIRA, A. V. Escolha de variedades de capim elefante. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (eds.) *Manejo do Capim elefante*. Piracicaba: FEALQ, 1994b, p. 47- 62.

- PEREIRA, A. V.; MARTINS, C. A.; FILHO, A. B. C.; CÔSER, A.C.; TELES, F. M.; FERREIRA, R. P.; AMORIM, M. E. T.; ROCHA, A. F. Pioneiro - nova cultivar de capim-elefante para pastejo. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 34, Juiz de Fora, 1997. Anais... Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1997. p. 102-104
- PICKERSGILL, B. Cytogenetics and evolution of *Capsicum* L. In: GUPTA, P. K.; TSUCHIYA, T. ed. Chromosome engineering plants: genetics, breeding, evolution. New York, Elsever, 1991. Part A, p. 139-160.
- POWELL, J. B.; BURTON, G. W. Nucleolus-organizing accessory chromosomes in pearl millet, *Pennisetum typhoides*. *Crop Science*, Madison, v.6, p.131-134, 1966.
- POWELL, J.; HANNA, W.; BURTON, G. Origin, cytology, and reproductive characteristic of haploids in pearl millet. *Crop Science*, Madison, v. 15, p. 389-392, 1975.
- PUPO, N. I. H. Manual de pastagens e forrageiras. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1979. 343 p.
- RANGASAMY, S. R. S. Cytological studies on diploid and polyploid taxa of the genus *Pennisetum* Rich. *Genetica*, Netherlands, v. 43, p. 257-273, 1972.
- RAVEENDRAN, T. S.; APPADURAI, R. Genetic divergence and heterosis in pearl millet. *Ind. J. Genet. Pl. Breed.*, India, v. 54, p. 888-893, 1984.
- READ, J. C.; BASHAW, E. C. Intergeneric hybrid between pearl millet and buffelgrass. *Crop Science*, Madison, v. 14, p. 401-403, 1974.
- RENVOIZE, S. A. The grasses of Bahia. England: Royal Botanic Gardens, 1984. 300 p.
- RIBEIRO, F. E. Divergência genética entre populações de coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L. ) do Brasil. Lavras: ESAL, 1993. 84 p. (Dissertação de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)
- RUAS, C. L. Evolução cariotípica no gênero *Mikania* Willd. (Compositae). Piracicaba: ESALQ/USP, 1989. 137 p. (Dissertação de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)

- SAVIDAN, Y. H. Evolução em gramíneas tropicais com especial referência à apomixia. In: AGUIAR-PERECIN, M. L. R.; MARTINS, P. S.; BANDEL, G. ed. Tópicos de citogenética e evolução de plantas. Ribeirão Preto (SP), Sociedade Brasileira de Genética, 1985. p. 37-50.
- SCHANK, S. C.; CHYNOWETH, D. P. Napier grass genotypes as biomass and (or) forage. *Trop. Agric. Trinidad*, v.60, n.1, p. 83-87, jan. 1993.
- SCHMELZER, G. H. Review of *Pennisetum* section *Brevivalvula* (Poaceae). *Euphytica*, Netherlands, v.97, p. 1-20, 1997.
- SCHULZ-SCHAEFFER, J. Cytogenetics animals-plants-humans. New York: Springer-Verlag, 1980. 446 p.
- SEIXAS, L. F. Z. Avaliação do potencial de propagação através de sementes dos cultivares Mott e Cameroon de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). Jaboticabal: UNESP, 1996. 82 p. (Tese de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)
- SKERMAN, P. J.; RIVEROS, F. Gramíneas tropicales. Roma: FAO, 1992. 849 p.
- SMITH, L. B.; WASSHAUSEN, D. C.; KLEIN, R. M. Gramíneas. In: REITZ, R. (ed.). Flora ilustrada catarinense. Itajaí, U. S. National Museum, Smithsonian Institution e Herbário Barbosa Rodrigues, 1982. p. 815-827.
- SOUZA, R. M. Avaliação de híbridos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.) com pearl millet (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf e Hubbard) e seus progenitores. Viçosa: UFV, 1971. 38 p. (Tese de Mestrado)
- STEBBINS, G. L. Variation and evolution in plants. New York: Columbia University Press, 1950. 643 p.
- STEBBINS, G. L. Chromosomal evolution in higher plants. Reading: Addison Wesley, 1971. 215 p.
- SUZUKI, D.; GRIFFITHS, A; MILLER, J.; LEWONTIN, R. Genética. Tradução por João Paulo de Campos e Paulo Armando Motta. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992. 633 p.

- SWANSON, C. P.; TIMOTHY, M.; YOUNG, W. J. **Cytogenetics. The chromosome in division, inheritance and evolution.** Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, 1981. 577 p.
- TCACENCO, F. A.; BOTREL, M. de A. Identificação e avaliação de acessos e cultivares de capim-elefante. In: **SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, Anais...** Coronel Pacheco-MG: EMBRAPA - CNPGL, 1990, p. 1-22.
- VICKERY, R. K. Jr. **Biosystematics 1983.** In: GRANT, W. F. **Plant biosystematics.** New York: Academic Press, 1984, p. 1-24.
- VIEIRA, M. L. C. **Estudo citotaxonômico de espécies brasileiras do gênero *Stylosanthes* Sw.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1988. 135 p. (Tese de Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)
- VOSA, C. G. **Plant chromosome banding and cytotaxonomy.** In: AGUIAR-PERECIN, M. L. R.; MARTINS, P. S.; BANDEL, G. ed. **Tópicos de citogenética e evolução de plantas.** Ribeirão Preto (SP): Sociedade Brasileira de Genética, 1985. p. 17-26.