

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

**CARACTERIZAÇÃO FENOTÍPICA E CITOGENÉTICA DA  
MACHO-ESTERILIDADE EM TRITICALE**

**Divanilde Guerra**  
**Engenheira Agrônoma (UFRGS)**

Dissertação apresentada como um dos requisitos  
à obtenção do grau de Mestre em Fitotecnia  
Área de Concentração Plantas de Lavoura

Porto Alegre (RS), Brasil  
Março, 2008

## FOLHA DE HOMOLOGAÇÃO

Quando acreditamos e amamos do fundo de nossa alma em algo, nos sentimos mais fortes que o mundo, e somos tomados de uma serenidade que vem da certeza de que nada poderá vencer nossa fé.

Esta força estranha faz com que sempre tomemos a decisão certa na hora exata e quando atingimos nosso objetivo, ficamos surpresos com nossa capacidade.

Paulo Coelho

*“Aos meus pais Celso e  
Santina, a minha irmã Divane  
e ao meu noivo Claudio”.  
Sou eternamente grata por  
tudo.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela força e por me acompanhar em todas as etapas desta caminhada.

Ao Professor Dr. Marcelo Teixeira Pacheco pela orientação, compreensão e amizade dedicada ao longo do trabalho.

Ao professor Dr. Luiz Carlos Federizzi, pelos conhecimentos repassados. E, aos demais professores da Faculdade de Agronomia – UFRGS o agradecimento especial pelos ensinamentos e atenção dispensados.

Aos funcionários da Estação Experimental Agronômica do Departamento de Plantas de Lavoura: Adriano, Miguel e Paulo pela ajuda na execução deste trabalho.

Aos meus pais Celso e Santina, pelo incentivo constante para seguir em frente na vida acadêmica.

A minha irmã Divane pelo incentivo a cada passo, pelos seus conselhos e confiança na minha capacidade.

Ao meu noivo Cláudio André Werlang pelo amor e dedicação neste período e por compreender a ansiedade, nervosismo e ausência. E todos os seus familiares que sempre entenderam minha ausência em tantos momentos.

Aos amigos da casa de estudante CEU, pela amizade e convívio.

Aos colegas e amigos formados durante o período de realização deste trabalho pela amizade. Em especial aos colegas de Pós-Graduação Ana Paula, Clauber, Everton, Ionara, Itamar, Laize, Mércio, Nair, Nara, Nori, Tati, Paula, Paulo, Rodrigo, Thanise e Tonon.

Aos laboratoristas Fabio e Jônatan pela ajuda.

Ao CNPq pelo fornecimento da bolsa, fundamental para a realização deste trabalho.

# CARACTERIZAÇÃO FENOTÍPICA E CITOGENÉTICA DA MACHO-ESTERILIDADE EM TRITICALE

Autor: Divanilde Guerra<sup>1</sup>  
Orientador: Marcelo Teixeira Pacheco

## RESUMO

O triticale é o primeiro cereal cultivado criado pelo homem proveniente da hibridação entre duas espécies distintas, o trigo (*Triticum* spp.) e o centeio (*Secale cereale*). Uma fonte de macho-esterilidade, derivada do cultivar IAPAR 54-OCEPAR 4, foi detectada em 2001 na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, em Eldorado do Sul - RS. Este trabalho teve como objetivo realizar a caracterização fenotípica e citogenética desta fonte de macho-esterilidade, a fim de entender suas causas e potencial de aplicação em programas de melhoramento. A caracterização fenotípica da macho-esterilidade foi realizada nos anos de 2005 e 2006, através da observação da abertura das flores no estágio de antese e da fertilidade da espiga. Os resultados indicam que a macho-esterilidade é parcial e o caráter macho-estéril é herdável, porém há grande influência do ambiente sobre a manifestação do caráter. A menor fertilidade de espigas foi observada em plantas que apresentaram fenótipo macho-estéril, porém indivíduos caracterizados como macho-férteis também apresentaram fertilidade reduzida, quando comparados com as testemunhas. Plantas com fenótipos macho-estéreis, em 2006, derivadas de plantas também caracterizadas como macho-estéreis, em 2005, tiveram menor fertilidade de espiga do que aquelas derivadas de plantas caracterizadas como não macho-estéreis. Análises do comportamento meiótico da população macho-estéril revelaram diversas anormalidades nas fases da meiose, com níveis de irregularidades acima daqueles encontrados nos genótipos testemunha, os quais também apresentaram elevada anormalidade. O índice meiótico foi baixo, mas não diferiu da testemunha IAPAR 54-OCEPAR 4. Houve redução de em torno de 50% da fertilidade do pólen, quando comparada com o progenitor da população, corroborando com a baixa fertilidade observada a campo. Análises de plantas F<sub>2</sub>, derivadas do cruzamento entre plantas macho-estéreis e cultivares testemunhas, assim como de plantas dos respectivos retrocruzamentos, revelaram a restauração da viabilidade do pólen. A expressão do fenótipo macho-estéril parece estar associado à maior instabilidade da formação de tétrades na meiose. A fertilidade de espiga não é diretamente relacionada com a viabilidade do pólen, porém parece estar associada à estabilidade de formação de tétrades. A fertilidade de espiga deveria ser considerada como um critério para seleção de genitores nos programas de melhoramento de triticale, como uma forma de melhorar a estabilidade da meiose e do rendimento de grãos.

<sup>1</sup>Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (150 p.) Março, 2008.

# PHENOTYPIC AND CYTOGENETIC CHARACTERIZATION OF MALE-STERILITY IN TRITICALE

Author: Divanilde Guerra<sup>1</sup>  
Adviser: Marcelo Teixeira Pacheco

## ABSTRACT

The triticale is the first cultivated cereal created by man from hybridization between two different species, wheat (*Triticum* spp.) and Rye (*Secale cereale*). A new source of male-sterility was detected at the UFRGS Agronomic Experimental Station, located in Eldorado do Sul, Southern Brazil. This study aimed to perform the phenotypic and cytogenetic characterization of that source of male-sterility, in order to understand its causes and assess the practicality of its incorporation in triticale breeding programs. The phenotypic characterization of male-sterility was carried out at the field in 2005 and 2006 through the visual observation of the degree of spikelet openness, at the anthesis stage, and also by the level of fertility of the spikes. The results indicate that the male-sterility is partial and must be heritable at some degree, but there is a strong environmental effect on the expression of this trait. Smaller spike fertility was observed in plants characterized as male-sterile by the spikelet appearance. However, plants characterized as male-fertile also showed reduced fertility, compared to the check varieties, but at a lower degree than the male-sterile plants. Moreover, plants that showed the male-sterile visual phenotype in 2006 and derived from plants that were characterized as male-sterile in 2005 were less fertile than those 2006 plants that were also visually male-sterile but derived from apparently male-fertile plants. Cytogenetic analysis of meiosis of the male-sterile population revealed several abnormalities, at all meiosis phases, but with levels of abnormalities above of that found for the checks, which also showed a high degree of irregularities. The population meiotic index was low and did not differ from the progenitor IAPAR 54 – OCEPAR 4. The pollen fertility in the male-sterile population was reduced by about 50% of the pollen fertility level showed by the population progenitor, agreeing with low spike fertility observed. Analysis of F<sub>2</sub> plants, derived from the cross between male-sterile plants and check cultivars, as well as of some backcrosses, revealed the fast restoration of pollen viability. The expression of the male-sterile phenotype seems to be associated with the instability of tetrad formation in meiosis. Spike fertility is not directly associated with pollen viability, but seems to be linked to the stability of tetrad formation. The spike fertility should be considered as a selection criterion of parental genotypes to compose the crossing block of triticale breeding programs, as a mean of improving meiosis stability and grain yield.

<sup>1</sup> Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil (150 p.) March, 2008.

## SUMÁRIO

|   | Página |
|---|--------|
| 1. INTRODUÇÃO.....  | 1      |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....   | 4      |
| 2.1. Origem do <i>Triticale</i> .....   | 4      |
| 2.1.1. Nomenclatura e citotaxonomia.....  | 5      |
| 2.1.2. Distribuição geográfica e importância econômica.....                           | 7      |
| 2.2. Comportamento meiótico e fertilidade em <i>triticale</i> .....                   | 9      |
| 2.3. Poliploidia .....  | 15     |
| 2.4. Macho-esterilidade.....  | 18     |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS.....  | 25     |
| 3.1. Germoplasma... ..  | 25     |
| 3.2. Análise do rendimento de grãos.....  | 31     |
| 3.3. Caracterização da macho-esterilidade.....  | 34     |
| 3.3.1. Implantação e condução a campo das populações de <i>triticale</i> em 2006..... | 36     |
| 3.3.2. Classificação da macho-fertilidade.....  | 41     |
| 3.3.3. Desenvolvimento de populações segregantes.....                                 | 41     |
| 3.4. Análises citogenéticas.....  | 44     |
| 3.4.1. Análise meiótica e da viabilidade dos grãos de pólen.....                      | 44     |
| 3.4.1.1. Análise do comportamento meiótico.....                                       | 48     |
| 3.4.1.2. Índice meiótico.....   | 49     |
| 3.4.1.3. Estimativa da viabilidade dos grãos de pólen.....                            | 50     |
| 4. RESULTADOS.....  | 51     |
| 4.1. Caracterização da macho-esterilidade em 2006.....                                | 51     |
| 4.2. Análises citogenéticas.....  | 64     |
| 4.2.1. Análises citogenéticas das testemunhas.....                                    | 64     |
| 4.2.2. Análises citogenéticas da população macho-estéril.....                         | 68     |
| 4.2.3. Análises citogenéticas das populações F <sub>2</sub> .....                     | 75     |
| 4.2.4. Análises citogenéticas dos retrocruzamentos.....                               | 77     |
| 4.2.5. Análises citogenéticas conforme a classificação das plantas em 2005... ..      | 85     |
| 5. DISCUSSÃO.....   | 91     |
| 6. CONCLUSÕES.....  | 111    |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....  | 113    |
| 8. APÊNDICE.....  | 120    |
| 9. VITA.....  | 150    |



## RELAÇÃO DE TABELAS

|  | Página |
|--|--------|
| 1. Número de plantas de triticale com fenótipo macho-estéril e macho-fértil selecionadas em 2003 na EEA/UFRGS. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2003.....  | 27     |
| 2. Cultivares macho-férteis de triticale utilizados como genótipos testemunhas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2006.....   | 34     |
| 3. Genealogia adotada para os genótipos nos anos de 2003 a 2005. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2003.....  | 38     |
| 4. Classificação da fertilidade conforme a percentagem de produção de semente por flor nas espigas protegidas contra a fecundação cruzada. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2006.....  | 41     |
| 5. Divisão em subgrupos conforme o fenótipo apresentado e percentagem de semente produzida por flor. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2006.....  | 45     |
| 6. Médias, mínimos (Mín.), máximos (Máx.), desvios padrões da proporção, em percentagem, de plantas com fenótipo macho-férteis e macho-estéreis nas linhagens avaliadas em 2006, classificadas de acordo com o fenótipo de macho-esterilidade e o tipo de proteção contra fecundação cruzada da planta-mãe ou espiga que deu origem a cada linhagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006....  | 52     |
| 7. Médias da percentagem de produção de sementes por flor das testemunhas conduzidas a campo em 2006. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2006.....   | 53     |
| 8. Percentagens médias de sementes/flores das linhagens de 2006, classificadas de acordo com o fenótipo de fertilidade, das plantas dentro das linhagens, e do tipo de proteção contra a fecundação cruzada da espiga ou planta que deu origem as linhagens de 2006 e análises das médias entre os genótipos e em comparação com a testemunha IAPAR 54 e com a média das testemunhas de todas as observações. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007..... | 55     |
| 9. Correlações entre a percentagem de semente por flor produzidas por plantas macho-estéreis e macho-férteis em 2006 de acordo com a classificação de macho-esterilidade e tipo de proteção contra a fecundação cruzada da planta-mãe ou da espiga utilizada para semear cada linha de plantas em 2006. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.....   | 59     |
| 10. Análise conjunta do rendimento de grãos de linhagens derivadas da população macho estéril e de cultivares testemunhas testadas por três anos em  |        |

|   |    |
|---|----|
| Ensaio de Rendimento de Grãos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.....   | 60 |
| 11. Proporção de plantas com fenótipo macho-fértil e macho-estéril na população macho-fértil conduzida a campo nos anos de 2006 e 2007, de acordo com a classificação da planta selecionada em 2005. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.....   | 63 |
| 12. Correlação entre a fertilidade de espiga em 2006 e a percentagem de plantas com fenótipo macho-estéril das progênes em 2007. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.....   | 64 |
| 13. Análise meiótica viabilidade dos grãos de pólen dos cultivares testemunhas de Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.....   | 66 |
| 14. Análises meióticas viabilidade dos grãos de pólen das progênes da população macho-estéril que apresentaram fenótipo macho-fértil em 2006. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.....  | 70 |
| 15. Análise meiótica e de viabilidade dos grãos de pólen das populações F <sub>2</sub> em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.....   | 80 |
| 16. Análise meiótica viabilidade dos grãos de pólen dos retrocruzamentos em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.....   | 84 |
| 17. Análise da percentagem média de células normais, índice meiótico e viabilidade dos grãos de pólen para a população macho-estéril, populações F <sub>2</sub> e retrocruzamentos analisados no de 2007, em grupos de genótipos de acordo com a classificação dos fenótipos em 2005 e 2006. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007..... | 89 |
| 18. Correlações entre a percentagem de produção de sementes/flores da planta-mãe de 2006 com a percentagem de células normais na meiose, índice meiótico e viabilidade dos grãos de pólen da progênie no ano de 2007. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.....  | 90 |

## RELAÇÃO DE FIGURAS

|   | Página |
|---|--------|
| 1. Desenho esquemático do sistema de segregação e seleção dos genótipos da população macho-estéril nos anos de 2001 a 2005 conduzidos na EEA/UFRGS.....   | 29     |
| 2. Desenho esquemático do sistema de condução dos genótipos da população macho-estéril nos anos de 2006 e 2007 na EEA/UFRGS.....  | 30     |
| 3. Aspecto geral das plantas de triticales no campo no ano de 2006. a) Vista parcial das plantas de triticales. b) Colmo principal marcado com fita e aristas cortadas rente às flores. c) Proteção do colmo principal identificado previamente com fita.....   | 40     |
| 4. Aspecto geral das plantas de triticales no campo no ano de 2006. a) Caracterização fenotípica de uma espiga com fenótipo macho-fértil. b) Caracterização fenotípica de uma espiga com fenótipo macho-estéril c) Cruzamentos a campo. d) Identificação das plantas onde foram realizados cruzamentos no ano de 2006.....  | 42     |
| 5. Aspecto geral dos experimentos. a) Vista parcial das plantas de triticales implantadas em telado no verão/outono de 2007. b) Vista parcial das plantas de triticales implantadas a campo no inverno de 2007.....   | 46     |
| 6. Células mãe-de-pólen em meiose de triticales na população macho-estéril. a) Diacinese (6I e 19II). b e c) Metáfase I com irregularidades (univalentes e quebras). d) Telófase I com ponte cromossômica. e) Telófase I com células normais e células com retardatários. f) Telófase I com cromossomos retardatários. g) Telófase II com cromossomos retardatários. h) Metáfase II com separação desigual e retardatários..... | 72     |
| 7. Tétrades e grãos de pólen na população macho-estéril de triticales. a) Tétrade normal. b, c, d) Tétrades com micronúcleos. e) Grãos de pólen viáveis e inviáveis em planta com fenótipo macho-estéril. f) Viabilidade dos grãos de pólen em planta com fenótipo macho-fértil.....  | 74     |
| 8. Células mãe-de-pólen em meiose de triticales nas populações F <sub>2</sub> . a e b) Metáfase I com irregularidades. c) Anáfase I com 21 cromossomos em cada polo. d e e) Telófase I com cromossomos retardatários. f) Telófase II com cromossomo retardatário e metáfase II com cromossomos não orientados na placa e sobreposição de cromossomos. g e h) Telófase II com cromossomos retardatários e fragmentos.....        | 78     |

|   |    |
|---|----|
| 9. Tétrades e grãos de pólen nas populações F <sub>2</sub> de triticales. a) Tétrade com micronúcleos. b) Tétrades apresentando apenas três micrósporos. c) Tétrades com micronúcleos, três e dois micrósporos. d) Tétrades com micronúcleos. e) Grão de pólen viável. f) Grão de pólen inviável.....   | 79 |
| 10. Células mãe-de-pólen em meiose de triticales nos retrocruzamentos. a e b) Metáfase I com irregularidades. c) Telófase I apresentando células normais e células com retardatários. d e e) Telófase I com cromossomos retardatários. f) Metáfase II com cromossomos não orientados na placa equatorial e sobreposição de cromossomos. g e h) Telófase II com cromossomos retardatários..... | 82 |
| 11. Tétrades e grãos de pólen dos retrocruzamentos de triticales. a) Tétrades apresentando apenas três micrósporos. b) Tétrade com micronúcleos. c) Tétrade normal e tétrade com dois micrósporos. d) Tétrade com três micrósporos aparentando degeneração. e) Grão de pólen não corado. f) Grão de pólen corado.....   | 83 |

## 1. INTRODUÇÃO

O triticale é o primeiro cereal cultivado, criado pelo homem, proveniente da hibridação entre duas espécies distintas, o trigo (*Triticum* spp.) e o centeio (*Secale cereale*). O desenvolvimento deste híbrido pretendia combinar as características de alta produtividade e valor energético do trigo com a qualidade protéica e rusticidade do centeio.

O cultivo comercial deste novo cereal se expandiu por todo o mundo, e no Brasil, o estudo com triticale teve início em 1961 com a introdução de cultivares de origens canadense e mexicana. Essas eram resistentes a muitas moléstias, porém apresentavam porte alto, hábito tardio e baixa fertilidade.

O objetivo inicial do desenvolvimento desta cultura era a produção de grãos panificáveis para o consumo humano, porém devido a problemas de aceitação dos consumidores, oriundo da baixa força de glúten e coloração da farinha, os grãos produzidos foram direcionados à alimentação animal por muitos anos. Atualmente, no Brasil, os grãos são utilizados para a produção de farinha e também para a alimentação animal em proporções variáveis conforme a demanda do mercado e os custos de produção de outros grãos utilizados para a alimentação animal, tendo atingido proporções de 70% para a produção de farinha e 30% para a alimentação animal.

O triticale é uma fonte energética em rações devido à elevada digestibilidade do amido, apresentando superioridade nutricional na alimentação de ruminantes, quando comparado com outros cereais como o trigo, a cevada e a aveia, além de apresentar elevados teores de proteína. Devido a sua rusticidade, apresenta excelentes características

de produtividade, adaptabilidade, resistência a diversas doenças e tolerância a condições desfavoráveis de acidez do solo, em especial a toxicidade do alumínio, podendo ser cultivado em regiões classificadas como marginais à cultura do trigo.

Em triticale, assim como em outras espécies vegetais, a utilização da macho-esterilidade em programas de melhoramento vêm sendo considerada como uma maneira de facilitar a produção de híbridos, e desenvolvimento de populações segregantes, dispensando a trabalhosa tarefa de emasculação e polinização manual. A macho-esterilidade pode ser definida como uma condição em que o grão de pólen é inviável e não pode germinar e fertilizar normalmente para a produção de sementes. A macho-esterilidade pode ser de origem genética ou devido a fatores ambientais, tais como deficiência hídrica e estresses de temperatura que ocorrem no ambiente de cultivo da espécie.

Em muitas espécies a caracterização e diferenciação de plantas macho-estéreis e macho-férteis podem ser feitas através de características morfológicas distintas das inflorescências, por análises do comportamento meiótico dos cromossomos e viabilidade dos grãos de pólen. Em 2001, uma planta de triticale, derivada do cultivar IAPAR 54 – OCEPAR 4, pertencente ao Ensaio Brasileiro de Triticale, conduzido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), expressou fenótipo de macho-esterilidade, o qual é caracterizado por apresentar flores bem abertas por ocasião da antese. A planta com fenótipo macho-estéril foi marcada e suas sementes colhidas separadamente. No ano seguinte, estas sementes, foram implantadas a campo e se observou segregação para plantas com fenótipo macho-estéril e plantas com fenótipo macho-fértil, sendo que, esta segregação na população se repetiu em todos os anos analisados. A partir de então foi realizada a seleção de plantas macho-estéreis e macho-férteis, que foram marcadas e colhidas de forma individual. As observações iniciais, sempre mostraram, nas linhagens selecionadas como macho-férteis, a ocorrência de plantas macho-estéreis nas gerações subsequentes.

Desenvolveu-se então uma população de triticales onde ocorria a expressão tanto do fenótipo macho-estéril como do fenótipo macho-fértil. Porém, sem permitir a fácil determinação do modo de herança genética da macho-esterilidade. Desta forma, o presente estudo teve como objetivos: i) avaliar e caracterizar a população a campo, com relação à expressão do fenótipo macho-fértil ou macho-estéril; ii) determinar o grau de esterilidade, em nível de produção de pólen e de produção de sementes, através da contagem do número de flores e do número de sementes obtidas por espiga; iii) investigar o comportamento meiótico da população macho-estéril.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Origem do *Triticale*

Triticale (*X Triticosecale* Wittmack) é o primeiro híbrido intergenérico produzido pelo homem através de cruzamentos entre o trigo (*Triticum* spp.) e o centeio (*Secale cereale*). A baixa proporção de cruzamentos naturais entre as duas espécies parentais, que deram origem ao novo híbrido, indica o grau de isolamento que existe entre trigo e centeio, que são classificados taxonomicamente em gêneros distintos e apresentam barreiras genéticas de incompatibilidade nos seus cruzamentos.

Oettler (2005) cita, em sua revisão sobre a cultura do triticale, que um dos primeiros relatos descritos na literatura sobre a produção de um híbrido intergenérico entre trigo e centeio foi feito por A. Stephen Wilson. Este cientista reportou o fato da criação de um híbrido entre duas espécies para a Botanical Society in Edinburgh no ano de 1875, porém o híbrido obtido era estéril. Um híbrido parcialmente fértil foi obtido em 1883 por Elbert S. Carman, através da fertilização de trigo com pólen de centeio.

Segundo Lelley (1992), o melhorista Wilhem Rimpau obteve o primeiro híbrido fértil entre trigo e centeio, na Alemanha, no ano de 1888. Análises citogenéticas posteriores revelaram que o híbrido produzido por Rimpau possuía 56 cromossomos e era octaplóide ( $2n=8x=56$ ), sendo derivado do cruzamento de trigo hexaplóide e centeio diplóide (Raven *et al.*, 2001).

Com relação à forma de reprodução, o triticale é considerado como uma planta de autofecundação, apresentando níveis variáveis de fecundação cruzada, por ser gerado pelo



cruzamento entre o trigo, que é uma espécie autógama, e o centeio, que é uma espécie alógama (Oetler, 2005). A percentagem de alogamia depende das cultivares e das condições ambientais sob a qual os genótipos estão sendo conduzidos. Em trabalho desenvolvido por Romano e Antunes (2002), avaliando a tendência de alogamia em triticales, os resultados apresentaram percentagens variadas de alogamia entre triticales de hábito de inverno, facultativo e de hábito de primavera, com proporções de 3 a 31,10% de alogamia, sendo que os triticales de inverno apresentaram um comportamento preponderantemente autogâmico.

### **2.1.1. Nomenclatura e citotaxonomia**

Com a criação deste novo híbrido, várias sugestões de nomes passaram a ser adotadas. Os nomes estavam, em sua maioria, relacionados com a espécie que deu origem ao cruzamento e também com o nome do obtentor do novo híbrido. Não havia um consenso entre os pesquisadores com relação à nomenclatura que deveria ser adotada para o novo cereal.

Conforme Baum (1971), para denominar os híbridos intergenéricos férteis, Wittmack, em 1899, sugeriu o nome genérico *Triticosecale rimpau* para a primeira reprodução fiel do híbrido obtido pelo Dr. W. Rimpau entre *Triticum aestivum* L. x *Secale cereale* L. em 1936. Porém, aproximadamente 70 anos depois, Baum (1971) propôs que o nome correto para o híbrido intergenérico fosse *X Triticosecale* Wittmack, independente do nível de ploidia do mesmo ou das espécies utilizadas no cruzamento. De acordo com o Código Internacional de Nomenclatura Botânica, isto foi aceito e é utilizado desde então para denominar este cereal.

De acordo com Lindschau (1935), o termo genérico “triticales” foi usado pela primeira vez em 1935, para denominar o híbrido anfidiplóide ( $2n=8x=56$ ) obtido no cruzamento entre *Triticum X Secale*, sendo que esta denominação passou a ser utilizada de

forma extensiva na literatura por muitos autores. Embora o nome *X Triticosecale* Wittmack tenha prioridade, o nome triticales é mantido e aceito devido às muitas publicações que utilizam esta nomenclatura.

Intensos trabalhos de cruzamento entre o trigo e o centeio resultaram na obtenção de um alopoliplóide com diferentes níveis de ploidia. Segundo Gupta & Baum (1986), com relação à citotaxonomia, o triticales é classificado em três tipos: octaplóide, hexaplóide (primário e secundário) e tetraplóide. Triticales octaplóides ( $2n=8x=56$ ; AABBDDRR) são produzidos pela combinação de trigos hexaplóides ( $2n=6x=42$ ) com o centeio diplóide ( $2n=2x=14$ ), com subsequente duplicação do número cromossômico. A forma hexaplóide ( $2n=6x=42$ ; AABBRR) resulta da hibridação de trigo tetraplóide ( $2n=4x=28$ ) com o centeio diplóide ( $2n=2x=14$ ), com duplicação do número cromossômico. Formas tetraplóides de triticales ( $2n=4x=28$ ; AARR, BBRR, DDDR) também foram desenvolvidas experimentalmente, porém mostraram-se agronomicamente inferiores aos outros tipos de triticales com níveis de ploidia diferentes, apresentaram baixa qualidade protéica e alta esterilidade dos genótipos, características agronômicas inadequadas para utilização comercial.

Baum (1971) sugeriu a distinção entre os tipos de triticales hexaplóide, classificando-os em hexaplóide primário e hexaplóide secundário. Triticales hexaplóide primário é caracterizado como sendo um alopoliplóide recém sintetizado entre o trigo e o centeio, isto é, o produto imediato da duplicação dos cromossomos. Estudos sobre o comportamento de triticales hexaplóides primários mostraram que não apresentavam desempenho agronômico desejável. Os genomas do trigo e do centeio e a interação entre eles influenciam a expressão fenotípica dos caracteres em triticales primários, resultando em desempenho agronômico limitado. Desta forma, estes têm importância secundária nos programas de melhoramento (Oettler *et al.*, 1991; Lelley, 1992).

Triticale hexaplóide secundário é o termo utilizado para descrever todos os genótipos derivados de intercruzamentos entre os triticales primários ou de cruzamentos de triticales primários com trigo e centeio. O desenvolvimento dos triticales secundários teve por objetivo melhorar algumas características inferiores apresentadas pelos triticales primários, tais como: instabilidade citológica, baixa fertilidade e baixa produtividade (Wolski, 1990).

Os primeiros programas de melhoramento genético de triticale tinham como ênfase triticales octaplóides. Porém, devido a problemas apresentados por este tipo taxonômico, atualmente grande parte da área implantada com esta cultura utiliza triticales hexaplóides, sendo as formas octaplóides utilizadas em cruzamentos para a produção de tipos hexaplóides secundários. Citologicamente as formas hexaplóides mostraram-se superiores e com melhor estabilidade, quando comparadas com as demais formas. Conforme Oettler *et al.*, (1991), em um estudo comparativo entre triticales octaplóides e hexaplóides ficou evidenciado que os últimos apresentam rendimento de grãos superior.

### **2.1.2. Distribuição geográfica e importância econômica**

O triticale foi considerado como uma nova cultura potencial, sendo desenvolvido com a finalidade de combinar a produtividade e o valor energético do trigo com a qualidade protéica e rusticidade do centeio (Lun *et al.*, 1988).

A área cultivada com triticale no mundo expandiu-se consideravelmente em alguns países, onde há investimentos em pesquisa e demanda por alimentos. As maiores áreas cultivadas com triticale localizam-se na Europa Central, na Polônia e na Alemanha. Nesta região o triticale é cultivado principalmente em terras antes ocupadas com centeio e é utilizado mais intensamente para a fabricação de rações para suínos e aves (Oettler, 2005).

Triticales do tipo hexaplóides, por apresentarem características favoráveis, expandiram-se em todo o mundo e são os mais cultivados, exceto na China, onde o tipo

octaplóide é o mais cultivado por causa de sua alta qualidade na fabricação de pão cozido, que é um alimento tradicional naquele país (Bao & Yan, 1993).

No Brasil, o estudo com triticale teve início em 1961, com a introdução de cultivares de origens canadense e mexicana. Estas se mostravam resistentes a muitas moléstias, porém apresentavam porte alto, hábito tardio e baixa fertilidade. Os trabalhos de pesquisa e seu cultivo foram ampliados a partir de 1969 e a partir de 1982 o cultivo comercial expandiu-se, objetivando o uso para o consumo humano, através da produção de grãos panificáveis (Baier *et al.*, 1985). Com o fim da aquisição estatal do trigo, a partir de 1990 o fator qualidade passou a ser de fundamental importância no comércio do setor tritícola. Como a espécie apresentava qualidade panificável inferior, a produção de triticale passou a ser direcionada à alimentação animal (Rocha, 1998).

Por ser uma cultura de inverno, o triticale pode suprir a carência do milho nos períodos de entre safra, além de apresentar altos teores de lisina e de outros aminoácidos essenciais, o que permite uma redução considerável na incorporação de farelo de soja na alimentação de monogástricos (Coffey & Gerrits, 1988).

Conforme Haesaert *et al.*, (2002), *apud* Oettler, (2005), o triticale pode ser utilizado para o pastoreio ou para a produção de feno e silagem. Este cereal é ideal para programas de pastoreio direto, sendo que o hábito de crescimento, caracteres agrônômicos e nutritivos variam amplamente, dependendo do ambiente onde são cultivados, da variedade utilizada, da fertilidade do solo e do manejo da cultura. O interesse de utilização do triticale como forragem na alimentação animal está aumentando, principalmente nos países que tem déficit de alimento em alguns meses do ano ou onde a base da alimentação animal está na cultura do milho. Este é o caso dos países europeus, onde o cultivo intensivo do milho para silagem tem provocado sérios problemas ambientais, enquanto o triticale permite a rotação de culturas. Segundo Oettler (2005) o triticale apresenta boas características nutricionais, sendo adequado para uso na alimentação de animais. Os grãos de triticale são superiores a

grãos tradicionais como o trigo, a cevada e a aveia na alimentação de ruminantes devido à elevada digestibilidade do amido.

## **2.2. Comportamento meiótico e fertilidade em triticale**

Segundo Singh (1993), a efetividade do pareamento meiótico dos cromossomos depende fundamentalmente da similaridade estrutural e química entre os cromossomos, conhecida como homologia. O pareamento entre os cromossomos e a segregação mendeliana dos genes podem ser afetadas pela dissimilaridade entre os cromossomos e também pelo ambiente celular que predomina na meiose. O ambiente celular pode ser influenciado pelo ambiente externo, tais como temperatura e disponibilidade hídrica, ou por genes que controlam os mecanismos moleculares requeridos na meiose.

Avaliações realizadas em triticale revelaram três distúrbios reprodutivos, sendo elas: instabilidade meiótica, baixa fertilidade e sementes enrugadas. Muitas pesquisas com relação a estes distúrbios foram desenvolvidas a partir de 1911, para tentar esclarecer as possíveis causas destas anormalidades, bem como melhorar o desempenho dos cultivares de triticale (Oettler, 2005).

Segundo Lelley (1992), a instabilidade meiótica pode afetar o pareamento de cromossomos homólogos, a condensação cromossômica, a formação de quiasmas, a segregação dos cromossomos, entre outros. A instabilidade meiótica pode causar aneuploidia, sendo que o primeiro relato de plantas aneuplóides em triticale foi descrito por Lebedeff, em 1934, *apud* Falcão (1978) que encontrou plantas octaplóides com número de cromossomos inferiores a 56.

Em trabalho desenvolvido por Löve (1938), *apud* Falcão (1978), foram realizados testes de progênie em populações de trigo e, como resultado, foi verificado que plantas com comportamento cromossômico normal tendem a deixar descendência estável, enquanto que plantas com irregularidades meióticas originam tanto progênie estável quanto

instável, em termos de comportamento meiótico. Sisodia & McGinnis, (1970), em triticales, sugerem a existência de variação herdável para a estabilidade meiótica, onde a progênie, com raras exceções mostra frequências de anormalidades muito semelhantes às aquelas apresentadas pela planta-mãe.

Segundo Pagliarini (2000), as aderências cromossômicas são comuns em plantas e podem ser causadas por fatores genéticos ou ambientais, porém a causa e as bases bioquímicas são desconhecidas. Dependendo da intensidade das aderências cromossômicas a fertilidade do pólen pode ser parcial ou totalmente alterada.

Altas concentrações de alumínio no solo podem provocar distúrbios na divisão celular. Segundo Moraes-Fernandes (1982) há alta correlação entre os níveis de alumínio no solo e a elevada frequência de anormalidades cromossômicas na divisão celular e anormalidades citológicas em micrósporos de cultivares de trigo, principalmente naquelas com germoplasma introduzido do CIMMYT. Outras alterações foram observadas em estudos citológicos em genótipos de trigo como a ocorrência de instabilidade mitótica e meiótica, altos níveis de polimorfismo dos micrósporos, distúrbios de pareamento, aderências e micronúcleos nas células mitóticas quando submetidos a estresse com alumínio (Santos Guerra & Moraes-Fernandes, (1977); Del Duca, (1980); Bodaneze-Zanettini et al., (1993)).

Darlington em 1937 propõe um modelo para a diminuição do número básico de cromossomos e que este se daria através de uma translocação desigual com a perda ou o ganho de cromossomos (Stebbins, 1951).

Para o triticales Shkutina & Khvostova (1971) sugeriram que a duração do ciclo celular de ambos os parentais são distintos. Estes autores, através da observação da divisão celular em triticales octaplóides e hexaplóides, relataram que o ciclo de divisão dos cromossomos do centeio é mais longo do que o dos cromossomos do trigo, o que provoca o retardo na finalização do processo de divisão, desde a prófase até a anáfase, gerando

cromossomos retardatários e isolados. Estas diferenças podem ser claramente visualizadas na fase de prófase através de observações do nível de enrolamento dos cromossomos. Estes dados corroboram com os resultados obtidos por Riley (1960), o qual sugeriu que a instabilidade, no triticales, está associada à duração do ciclo meiótico.

Oettler *et al.* (1991) observaram que o ciclo meiótico em triticales octaplóide foi mais curto que nas espécies parentais, enquanto que em triticales hexaplóide foi intermediário a ambos os grupos. Por isso, triticales hexaplóides apresentam maior estabilidade do que triticales octaplóides. Conforme proposto por Oettler (2005), em triticales primários a diferença no tempo de duração do ciclo meiótico dos híbridos e de seus parentais foi considerada como uma das possíveis razões para a instabilidade meiótica.

A origem e as causas da presença de univalentes em triticales têm despertado interesses e diferentes hipóteses têm sido sugeridas, como a falha na sinapse, desinapse, falha da formação de quiasma e a disjunção prematura dos bivalentes, porém nada de concreto está evidenciado (Hohmann, 1993).

Em trabalho desenvolvido por Jung *et al.*, (1985), comparando a frequência de univalentes nos genótipos parentais de trigo e centeio e também nos híbridos obtidos pelo cruzamento dos parentais, observou-se maior frequência de univalentes nos híbridos. Esses autores desenvolveram um estudo para tentar entender os mecanismos que causam estas irregularidades meióticas. Através da técnica de coloração com Giemsa (coloração dos cromossomos), estes evidenciaram que as irregularidades no pareamento dos cromossomos em triticales ocorrem quase que exclusivamente dentro do genoma do centeio.

Lelley (1992) também afirma que as falhas no pareamento e geração de cromossomos univalentes ocorrem devido à presença dos cromossomos de centeio. Weimarck (1975) relatou que em triticales octaplóides e hexaplóides, durante a metáfase I, os cromossomos do centeio mostraram redução no pareamento, em comparação com os

cromossomos do trigo, e que isto estaria associado com as proporções mais elevadas de heterocromatina nos cromossomos do centeio. Este autor relatou também que os cromossomos do centeio, por possuírem grandes porções de heterocromatina, geravam mais univalentes. A causa principal da aneuploidia em triticales pode ser a grande presença de univalentes no período de metáfase do processo meiótico e devido a outras irregularidades meióticas que podem ocorrer pela incompatibilidade dos genomas e falta de homologia dos cromossomos que dão origem a espécie. Lukaszewski *et al.*, (1987) sugeriram que o alto nível de aneuploidia pode gerar flores estéreis, de baixo potencial produtivo e causar a redução da fertilidade.

Moraes-Fernandes (1978) ao analisar progênies de plantas estáveis e instáveis previamente selecionadas de diversas cultivares de trigo, observou alta correlação entre os resultados obtidos para a média das plantas mães comparados com as médias de cada progênie, em relação à ocorrência de univalentes. Resultado semelhante foi obtido por Falcão (1978), na cultura de triticales.

Outra anormalidade que pode ser observada em análises citogenéticas é a presença de pontes. Estudos desenvolvidos por Varghese & Lelley (1983), utilizando a técnica de coloração com Giemsa, indicaram que a origem destas pontes estaria associada com os cromossomos do centeio, sugerindo que a heterocromatina destes podem ser a causa principal da formação de pontes, bem como a não separação das cromátides nos telômeros.

A instabilidade meiótica apresentada por este cereal pode ter conseqüências diretas em sua fertilidade e a presença de aneuplóides pode ser uma das causas da esterilidade parcial de triticales (Jung *et al.*, 1985).

As irregularidades meióticas que ocorrem em triticales provocam a ocorrência de cromossomos retardatários na anáfase, conduzindo a formação de micronúcleos nas tétrades. Pozzobon (2005) descreveu que em *Capsicum* sp. os cromossomos retardatários que não se conjugaram em anáfase I, dão origem aos micrócitos, originando



posteriormente os micronúcleos observados nas tétrades. Shkutina & Khvostova (1971) sugeriram que a presença dos micronúcleos seja uma das possíveis causas da esterilidade dos grãos de pólen de triticale e por consequência, a sua baixa fertilidade. Também é sabido que em espécies do gênero *Capsicum* ocorre um tipo de eliminação cromossômica, onde os cromossomos que originaram micronúcleos nas diferentes fases da meiose foram eliminados do micrósporo na forma de micrócito (Pozzobon, 2005). Esta característica já havia sido descrita por Baptista-Giacomelli *et al.*, (2000) para *Avena sativa* L.. De acordo com Singh (1993), a eliminação cromossômica pode ser atribuída a diversos fatores, incluindo a fragmentação cromossômica, formação de micronúcleos, degradação da cromatina, cromossomos retardatários, pontes, não orientação dos cromossomos e falha na migração destes para os pólos na anáfase. Falcão (1981) também observou a eliminação cromossômica em um estudo de tétrades de triticale e caracterizou como uma possível distribuição errônea do material cromossômico nos micrósporos.

Os distúrbios apresentados pelo triticale também estão associados à presença de dois complementos cromossômicos de espécies distintas, e que estes apresentariam homeologia, provocando altos índices de esterilidade (Riley & Chapman, 1958). Shkutina & Khvostova (1971) consideram como sendo causa da esterilidade parcial e baixa fertilidade de triticales a incompatibilidade do genoma do centeio, no triticale, provocando anormalidades meióticas. Oettler *et al.* (1991) também concluíram que os caracteres relacionados com fertilidade são mais fortemente influenciados pelo genótipo do centeio, enquanto que os caracteres relacionados à morfologia da planta são mais afetados pelo genótipo parental do trigo.

Conforme Stebbins (1951), distúrbios citológicos representam um dos principais fatores condicionantes de esterilidade em plantas. Sisodia & Mcginnis (1970), ao avaliarem uma população de triticale hexaplóide, encontraram variações nos níveis de instabilidade meiótica, quando os genótipos foram avaliados em diferentes datas de

semeadura, demonstrando que o ambiente tem influência sobre esta característica. Segundo Boavida & McCormick (2007), em *Arabidopsis thaliana* a temperatura parece ser um dos principais fatores que afetam o processo de germinação dos grãos de pólen. Estes autores observaram que em temperatura de 22° a germinação foi de 80% e quando genótipos do mesmo ecótipo foram conduzidos em temperatura abaixo ou acima de 22°, a germinação dos grãos de pólen atingiu valores inferiores a 50%. Estudos com *Brassica napus* mostraram que a viabilidade e germinação dos grãos de pólen, e por conseqüência a fertilidade, são reduzidas em condições de temperaturas elevadas (Young *et al.*, 2004).

Portanto, há diversas interpretações sobre as causas da instabilidade meiótica e problemas de fertilidade na cultura do triticale, porém as causas ainda não foram completamente elucidadas e é possível que haja mais de uma causa para o problema.

Outra característica não desejável do triticale é o aspecto enrugado de suas sementes, que, segundo Klassen *et al.*, (1971), pode ser causado pela alta atividade da enzima  $\alpha$ -amilase durante o período de enchimento do grão. Hill (1990), em avaliações da atividade da enzima  $\alpha$ -amilase em grãos de triticale, observaram que os cultivares que apresentavam maior enrugamento dos grãos possuía níveis mais elevados de  $\alpha$ -amilase, tanto durante o desenvolvimento dos grãos quanto quando estão maduros.

Bennett (1977) sugeriu que o elevado teor de heterocromatina nos cromossomos do centeio pode intensificar características indesejáveis, tendo influência direta sobre o desenvolvimento e enrugamento do endosperma, refletindo na qualidade dos grãos de triticale, e que a redução dos teores de heterocromatina diminuiria esses efeitos. Com a técnica de bandeamento C, Naranjo & Lacadena (1980) conseguiram identificar as diferenças de concentração e localização da heterocromatina do centeio e do trigo no genoma da cultivar “Cachirulo” de triticale. Nos cromossomos do centeio a heterocromatina está localizada nos telômeros, enquanto nos cromossomos do trigo sua localização está mais concentrada na posição centromérica dos cromossomos. Também

ficaram evidenciadas diferenças na concentração dos teores de heterocromatina, sendo mais intensa nos cromossomos de centeio do que em trigo. Em relato de Jouve & Soler (1984), *apud* Oettler, (1985) é salientado que a presença de heterocromatina telomérica nos cromossomos de centeio está relacionada à características morfológicas e citológicas indesejáveis em híbridos produzidos entre trigo e centeio, causando aberrações nucleicas no endosperma dos híbridos levando à produção de grãos de pólen aberrantes, com formação de cavidade no endosperma e grãos murchos na maturidade. Para melhorar a qualidade dos grãos, uma das alternativas seria a seleção para diminuir a quantidade de heterocromatina do centeio e aumentar a quantidade de heterocromatina do trigo, proporcionando com isso maior estabilidade no desenvolvimento dos grãos de triticales (Seal, 1982). Em estudo desenvolvido por Varghese & Lelley (1983), os efeitos da heterocromatina na origem de aberrações nucleares foram avaliados em quatro genótipos de triticales, utilizando a técnica de coloração com Giemsa. Não foram observadas grandes diferenças nas concentrações de heterocromatina, porém os genótipos apresentavam variações significativas na produção de grãos enrugados. Estes autores não concordaram com a hipótese de que exista correlação entre a concentração de heterocromatina e o enrugamento dos grãos.

### **2.3. Poliploidia**

A poliploidia, ou seja, a existência de dois ou mais genomas no mesmo núcleo é de ocorrência comum nas plantas, tendo desempenhado um importante papel na origem e evolução das espécies vegetais (Otto & Whitton, 2000). Muitas espécies silvestres e cultivadas são poliplóides, tendo surgido na natureza através de gametas não reduzidos (Otto & Whitton, 2000).

A poliploidia é considerada como um dos processos evolutivos mais marcantes nas plantas superiores, representando o principal mecanismo de adaptação e especiação

(Ramsey & Schemske, 1998). Cerca de 80% das angiospermas são poliplóides, evidenciando que esta característica tem um papel relevante na evolução das mesmas (Leitch & Bennet, 1997). Segundo Otto & Whitton (2000), as razões que explicam a adaptação dos poliplóides revelam que estes têm uma maior chance de carregar novos alelos benéficos, que permitem melhor adaptação em diferentes condições ambientais.

Organismos poliplóides formados por conjuntos cromossômicos idênticos são referidos como autopoliplóides e aqueles que surgem por hibridação interespecífica, são denominados alopoliplóides (Ramsey & Schemske, 1998; Otto & Whitton, 2000). Embora muitos alopoliplóides silvestres e cultivados sejam férteis, bem adaptados e geneticamente estáveis, os alopoliplóides de origem mais recentes podem exibir alta instabilidade meiótica, apresentam anormalidades e também esterilidade (Leitch & Bennett, 1997), menor fertilidade do que as espécies parentais diplóides (Harlan & de Wet, 1975) exibem grande complexidade meiótica e alta frequência de aneuplóides em suas progênes (Ramsey & Schemske, 2002). Outras anormalidades, como deleções, translocações, inversões e duplicações, foram observadas por He *et al.*, (2003) em alopoliplóides recém sintetizados de trigo hexaplóide.

McClintock (1984) sugeriu que a fusão de dois genomas diferentes em um mesmo núcleo durante a formação de um alopoliplóide caracteriza-se por um “choque genômico”, apresentando diversas anormalidades e necessitando uma reestruturação genômica.

Em estudo desenvolvido por Ellneskog-Staam & Merker (2001) foram observadas altas incidências de anormalidades meióticas em alopoliplóides criados pelo cruzamento de *Triticum turgidum* X *Leymus racemosus*. As principais anormalidades evidenciadas foram o alto nível de aneuplóides, baixa fertilidade e sementes enrugadas.

Em estudos desenvolvidos por Comai (2000), comparando alopoliplóides artificiais obtidos pelo cruzamento entre *Arabidopsis thaliana* ( $2n=2x=10$ ) e *Cardaminopsis arenosa* ( $2n=4x=32$ ) e de *A. thaliana* com as espécies parentais de *C. arenosa*, foram observadas

alterações morfológicas e de fertilidade nos indivíduos aloploplóides, avaliados no mesmo ambiente. Estas anormalidades podem ter relação com o fato dos novos aloploplóides não terem tido tempo evolutivo suficiente, que permita a homologia completa dos cromossomos, impedindo seu pareamento. Qual seja sua causa, a maior instabilidade dos aloploplóides recentes, quando comparados com aqueles já estabelecidos, sugere que os últimos adquiriram mecanismos para manter seus fenótipos, garantindo sua perpetuação através da regularização da fertilidade.

A aloploplóidização, tanto sob condições naturais quanto sintéticas, muitas vezes é acompanhada por alterações epigenéticas, que podem incluir mudanças ao nível gênico, silenciamento, reestruturação cromossômica, ação de transposons e novos padrões de expressão gênica. Estas mudanças epigenéticas podem ser acompanhadas por uma ampla gama de fenômenos evolutivo-moleculares, que podem variar muito de acordo com os grupos taxonômicos e os constituintes genômicos envolvidos e serem distintos para cada indivíduo, o que pode torná-los mais adaptados ao ambiente (Liu *et al.*, 2001). A forma como estas alterações ocorrem ainda não está claramente entendida (Comai *et al.*, 2000; Liu & Wendel (2003). Contudo, os aloploplóides desenvolveram mecanismos para alcançar a fertilidade e manterem-se no ambiente.

Conforme citado por Leitch & Bennet (1997), o triticales foi o primeiro cereal aloploplóide criado de forma artificial que obteve sucesso parcial. Este sucesso parcial está associado a problemas de fertilidade, portanto, como o triticales é um aloploplóide recente, sua instabilidade durante o pareamento dos cromossomos poderia estar associada à falta de tempo evolutivo para sua estabilização, bem como, pelo fato deste cereal ser derivado da hibridação de duas espécies distintas, o que gera problemas na sua estabilidade.

## 2.4. Macho-esterilidade

A macho-esterilidade é uma condição em que o grão de pólen é inviável e não pode germinar e fertilizar normalmente para a produção de sementes. Em casos em que ocorre a macho-esterilidade, o sistema reprodutivo feminino geralmente não é alterado, enquanto que o sistema reprodutivo masculino sofre diversas alterações fenotípicas, sendo estas distintas dependendo da espécie em questão. As alterações podem provocar diversas mudanças, tais como: ausência completa dos órgãos masculinos, aborto dos grãos de pólen em diversas etapas do seu desenvolvimento, ausência de deiscência das anteras e incapacidade de germinação do pólen maduro sobre o estigma (Kerstin & Kempken (2006).

Em soja, estudos com plantas mutantes macho-estéreis *ms1* e *ms4* foram desenvolvidos para tentar entender o processo de macho-esterilidade. Análises meióticas em plantas férteis apresentaram processo meiótico regular, enquanto que plantas macho-estéreis apresentaram algumas anormalidades meióticas. Estas anormalidades foram então relacionadas com a segregação irregular dos cromossomos na metáfase I e II. Com relação à análise dos grãos de pólen, a primeira mitose pareceu prosseguir de forma normal, porém, após esta foi desencadeado um processo progressivo de degeneração e encolhimento citoplasmático contínuo. A segunda mitose do pólen falhou ocorrendo a esterilidade completa do pólen, sendo este fato atribuído a defeitos no processo de citocinese, que ocorrem logo após a telófase, afetando o desenvolvimento dos micrósporos (Bione *et al.*, 2003).

Goetz *et al.*, (2001) reportaram o papel crítico dos carboidratos no desenvolvimento da antera e dos grãos de pólen. Avaliações em linhagens macho-estéreis de fumo foram caracterizadas por apresentar alterações no metabolismo de carboidratos. Os açúcares assimiláveis são produzidos fotossinteticamente e transportado até as anteras. Alterações

na sua produção ou transporte podem comprometer as células do tapeto e conduzir à esterilidade do pólen (Alcochete, 2005).

O fenômeno da macho-esterilidade em plantas tem sido muito explorado, principalmente em programas de melhoramento que tem por objetivo a produção de sementes híbridas, sendo uma característica muito importante, pois evita o processo de autofecundação, forçando a polinização cruzada (Chase, 2006).

O sistema de macho-esterilidade é muito vantajoso, principalmente nos casos em que há presença de genes nucleares restauradores da fertilidade, os quais podem suprimir a esterilidade masculina na planta híbrida.

A literatura descreve diversos tipos de macho-esterilidade e os principais são a macho-esterilidade genética e a macho-esterilidade citoplasmática.

A macho-esterilidade genética é um tipo de macho-esterilidade governada por um ou mais genes nucleares, porém, na maioria dos casos é governada por apenas um gene recessivo (*ms*). A herança deste tipo obedece às leis de Mendel (Kaul, 1988).

A macho-esterilidade genética pode ser obtida através de diferentes formas, como mutações espontâneas, aplicação de produtos químicos mutagênicos ou através de radiações ionizantes. Muitas alterações podem ocorrer em plantas que apresentam macho-esterilidade do tipo genética, principalmente mudanças nas proteínas que atuam no processo de produção dos grãos de pólen (Ke *et al.*, 2005; Glover *et al.*, 1998).

Este tipo de macho-esterilidade pode ser dividido em dois tipos: dominante e recessiva. A macho-esterilidade genética dominante é raramente encontrada em programas de produção de semente híbrida, por causa das dificuldades em manter-se as linhagens macho-estéreis e as linhagens restauradoras da macho-fertilidade. Por outro lado, a macho-esterilidade genética recessiva atraiu a atenção por causa da alta disponibilidade de restauradores e possibilidade de desenvolver linhagens mantenedoras para este sistema.

Diversos mutantes apresentando macho-esterilidade genética recessiva foram descobertos e estão sendo utilizados para a produção de sementes híbridas (Ke *et al.*, 2005).

A macho-esterilidade genética recessiva é utilizada para a produção de sementes híbridas, porém apresenta algumas limitações, como a necessidade de serem mantidas linhagens genitoras femininas heterozigotas e a segregação de plantas férteis e estéreis que ocorre em cada geração, havendo a necessidade de manutenção das plantas até o estágio de floração onde é realizada a caracterização da esterilidade e descarte dos indivíduos indesejados.

A macho-esterilidade citoplasmática é um tipo de macho-esterilidade controlada por um fator citoplasmático conduzindo a esterilidade dos grãos de pólen. Esta característica é herdada da planta mãe na maioria das espécies vegetais, ou seja, toda a progênie oriunda de uma planta com macho-esterilidade citoplasmática apresenta a característica de esterilidade. A herança deste tipo de macho-esterilidade não têm herança mendeliana (Kaul, 1988).

A macho-esterilidade citoplasmática é conhecida há mais de 100 anos, sendo a mais utilizada desde 1962. Sua ocorrência é descrita atualmente em mais de 150 espécies vegetais (Chen, 2003).

Segundo Ku *et al.*, (2003), um dos primeiros sinais visíveis da macho-esterilidade citoplasmática é a degeneração prematura das células do tapeto na antera, comprometendo a formação e a viabilidade dos grãos de pólen. Conforme Patrick & Wise (1998), na cultura do milho, no citoplasma-T, foi observado que a primeira lesão morfológica ocorre logo após a meiose, quando as células do tapeto e a antera começam a degenerar-se.

Em estudo desenvolvido por Luo *et al.*, (2006) em *Capsicum annuum* L. foi constatado que o processo meiótico ocorre de forma normal e que as alterações iniciam no estágio após a formação das tétrades, ocorrendo a degeneração das células do tapeto, comprometendo a nutrição e o desenvolvimento dos grãos de pólen e levando ao aborto



dos mesmos. Resultados semelhantes foram obtidos em *Arabidopsis thaliana* (Ku *et al.*, 2003; Coimbra *et al.*, 2004).

Conforme Chase (2006) o sistema de macho esterilidade citoplasmática é um modelo excelente para os estudos da interação entre fatores nucleares e citoplasmáticos, pois a restauração da fertilidade ocorre devido a inserção de genes nucleares que suprimem a disfunção citoplasmática e restauram a fertilidade em campos de produção comercial.

A macho-esterilidade pode ser induzida através do uso de produtos químicos denominados gametocidas, os quais apresentam vantagens como rapidez e facilidade na indução à macho-esterilidade. Estes produtos em sua maioria visam interferir no desenvolvimento e metabolismo das células do tapeto (Hernould *et al.*, 1998) ou pólen (Worrall *et al.*, 1992). O tapeto desempenha um papel crucial no desenvolvimento do pólen produzindo inúmeras proteínas que atuam na nutrição e maturação dos grãos (Ku *et al.*, 2003), porém este sistema apresenta variações no nível de esterilidade, em função das condições ambientais, podendo ocorrer formação de quantidades variáveis de pólen e, como consequência, autopolinização dos genótipos. Ainda, demanda certos investimentos, apresenta problemas ambientais potenciais como poluentes e também provoca alterações negativas no metabolismo das plantas, como redução da fertilidade feminina e de outros componentes de rendimento (Rao *et al.*, 1990), o que pode, em muitos casos, limitar seu uso em espécies agrícolas (Krishna & Uma Devi, 1983).

A macho-esterilidade também pode ser provocada por efeitos ambientais, tais como altas e baixas temperaturas, déficit hídrico, fotoperíodo, entre outros.

A temperatura é o gatilho para a expressão da macho-esterilidade genética termo-sensível, que é um sistema onde a fertilidade das plantas está associada às condições de temperatura e umidade sob as quais estão submetidas.

A principal causa da esterilidade induzida pela temperatura elevada no florescimento é a inibição da intumescência dos grãos de pólen e estes atuam como força

motora da deiscência das anteras, resultando na sua indeiscência. Assim, estas não abrem durante o florescimento e o pólen não é liberado para polinizar o estigma, ocorrendo a esterilidade (Matsui *et al.*, 1999; 2000).

A macho-esterilidade também pode estar associada à variação das condições ambientais, causando falhas no desenvolvimento dos grãos do pólen e por conseqüência afetando sua viabilidade. Em um estudo desenvolvido por Ku *et al.*, (2003) foi avaliado o desenvolvimento dos grãos de pólen na cultura do arroz em condições de temperatura acima da considerada ideal. Foi verificado que em linhagens macho-estéreis ocorreu a morte celular programada das células do tapeto ainda na fase inicial do desenvolvimento do pólen, provocando um colapso dos grãos de pólen e resultando na esterilidade dos mesmos.

Conforme Nishiyama (1984, *apud* Alcochete, 2005), em experimento conduzido com arroz em temperaturas abaixo das condições ideais para a cultura, observou-se a interrupção do desenvolvimento do pólen, no estágio de tétrades ou de micrósporos jovens, resultando em sua esterilidade. As anteras ficaram pequenas e as células do tapeto, que envolvem os grãos de pólen e são responsáveis pela transferência de nutrientes para os mesmos, sofreram hipertrofia e morte. Como resultado, não ocorreu o desenvolvimento normal do pólen e esses grãos, contendo pouco ou nenhum amido, ficaram funcionalmente estéreis. Sisodia & Mcginnis (1970) também descrevem que os fatores ambientais, tais como temperatura baixa, tem forte influência sobre a macho-esterilidade em triticales hexaplóide.

A temperatura, além de estar relacionada em muitos casos com a esterilidade, também atua na expressão de alguns genes responsáveis pela restauração da fertilidade. Este sistema foi evidenciado por Engelke *et al.*, (2002) em um estudo desenvolvido com *Allium* (*Allium schoenoprasum*).

Em condições de déficit hídrico, alterações na esterilidade puderam ser observadas nos estádios iniciais da meiose em *Oryza sativa* L., causando diversas alterações, tais como interrupção precoce do desenvolvimento da flor, comportamento anormal dos cromossomos, inibição da deiscência das anteras, redução da viabilidade e germinação do pólen e, por conseqüência, redução no rendimento de grãos (Namuco & O'Toole, 1986).

Em trigo, um experimento avaliando a macho-esterilidade causada por estresse hídrico mostrou que um pequeno período de seca durante a fase de meiose foi suficiente para comprometer a esporogênese masculina, conduzindo à esterilidade dos grãos de pólen (Morgan, 1980).

As causas da esterilidade dos grãos de pólen provocadas pelo déficit de água nos tecidos da inflorescência não são bem entendidas, porém há evidências que não ocorre acúmulo de amido e que isto comprometeria a germinação do tubo polínico (Dembinska *et al.*, 1992).

Mutações gênicas, que podem ser provocadas por estresse de temperatura e déficit hídrico, podem levar ao bloqueio de vias biossintéticas e tornar as plantas deficientes em alguns metabólitos vitais para o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos masculinos das plantas, como o camferol e o jasmonato, tornando-as macho-estéreis (Alcochete, 2005).

Ainda existe a macho-esterilidade sensível ao fotoperíodo. Esta foi descrita pela primeira vez na cultura do arroz e passou a ser intensamente estudada a partir de então (Shi, 1985).

Em trigo, originado do cruzamento de *Triticum aestivum* com *Aegilops taushii*, foi observada a esterilidade citoplasmática fotossensível. A presença deste tipo de esterilidade foi associada ao citoplasma do *Aegilops taushii*, sendo induzida por maior incidência luminosa em um período de aproximadamente 15 horas durante a diferenciação da inflorescência e do florescimento. O sistema de macho-esterilidade fotossensível no trigo requer linhas restauradoras da fertilidade com genes *Rf*. Em muitos casos, o nível de

restauração da fertilidade em híbridos  $F_1$  é influenciado pelo genótipo e pelo ambiente, sendo de caráter insatisfatório para o uso prático em programas de melhoramento. Considera-se que pelo menos dois e geralmente três genes são requeridos para a restauração completa da fertilidade em trigo (Murai & Tsunewaki, 1993).

Em arroz, a caracterização da esterilidade masculina genética fotossensível levou a identificação de dois genes nucleares recessivos que governam o mecanismo, além da identificação da necessidade de homozigose dos alelos recessivos em ambos os locos para a expressão da esterilidade masculina (Shi, 1985).

A morfologia floral de plantas macho-estéreis pode ser diferenciada quando comparada com plantas macho-férteis. Avaliações foram realizadas quanto à morfologia floral de plantas macho-estéreis e parcialmente macho-estéreis, como o trabalho desenvolvido por Singh (2001) que identificou uma planta possivelmente macho-estéril em uma população  $F_3$  de trigo (*Triticum aestivum*). Esta planta deu origem a sementes que geraram quatro plantas viáveis que produziram sementes. Quando avaliadas morfológicamente estas plantas se assemelhavam às plantas de trigo normais, porém apresentavam maturação tardia. Observações microscópicas nas inflorescências mostraram um grande número de anteras com grãos de pólen com coloração diferenciada e tamanho reduzido. As inflorescências permaneciam abertas, expondo o estigma por mais tempo que o normal.

Em soja, plantas macho-estéreis portadoras do gene *rmsp* produzem morfologia floral alterada. Em *Sesamum* sp., planta típica africana, foram observadas alterações fenotípicas em plantas macho-estéreis, em que essas apresentavam anteras verdes enquanto que plantas macho-férteis possuíam anteras de cor amarela. Já em *Cucumis* sp., flores masculinas em plantas férteis abrem de 10-14 dias mais cedo do que aquelas oriundas de plantas estéreis (Rao *et al.*, 1990).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho foi desenvolvido durante os anos de 2006 e 2007, na Estação Experimental Agronômica (EEA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e no Laboratório de Citogenética Vegetal do Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia - UFRGS. A EEA/UFRGS está localizada na região ecoclimática da Depressão Central do estado do Rio Grande do Sul (30°05' S, 51°40' W, 46m altitude), no Município de Eldorado do Sul. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido, predominante na região Sul do Brasil, e o solo utilizado foi classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Típico (EMBRAPA, 1999).

#### **3.1. Germoplasma**

A seguir é descrito a origem da população de triticales sobre a qual foram realizados os estudos de caracterização fenotípica e citogenética da macho-esterilidade. Nesta dissertação, essa população será chamada de população macho-estéril. No ano de 2001 uma fonte de macho-esterilidade foi detectada na EEA/UFRGS, originada possivelmente por uma mutação natural que ocorreu no cultivar de triticales IAPAR 54 – OCEPAR 4, conduzida no Ensaio Brasileiro de Triticales.

As parcelas semeadas com o cultivar IAPAR 54 – OCEPAR 4 apresentaram falhas de germinação, sendo constatado o desenvolvimento de apenas duas plantas em uma das parcelas. Uma das duas plantas que atingiram o estágio adulto apresentava o fenótipo

macho-estéril, caracterizado pela presença de antécios bem abertos no estágio de antese. Esse mesmo tipo de fenótipo de macho-esterilidade já é bem conhecido para trigo e está associado com a expressão da macho-esterilidade nessa espécie, ou seja, a produção de pólen inviável ou não produção de pólen (Federizzi, 2008, comunicação Pessoal). A planta identificada por apresentar fenótipo macho-estéril foi marcada e colhida separadamente. A polinização ocorreu de forma cruzada, não sendo possível identificar quais foram às fontes doadoras de pólen, uma vez que 11 genótipos estavam sendo conduzidos no Ensaio Brasileiro de Triticale, incluindo o cultivar IAPAR 54 – OCEPAR 4.

No ano de 2002 as sementes descendentes da planta macho-estéril foram semeadas a campo, através de semeadura mecânica, em uma parcela constituída por quatro linhas de 3 metros de comprimento. Não houve controle da fecundação, sendo que a única fonte disponível de pólen de triticale era das plantas da própria parcela. Houve segregação para fenótipo macho-fértil, ou seja, sem abertura de antécios por ocasião da antese, e fenótipo macho-estéril. Seis plantas, que apresentavam fenótipo macho-estéril, tiveram seus colmos marcados com barbante e suas sementes foram colhidas de modo individual.

Em 2003, as sementes obtidas das seis plantas selecionadas em 2002, por apresentarem fenótipo macho-estéril, foram semeadas em parcelas individuais. Cada parcela foi constituída por duas linhas de 2 metros de comprimento, sendo registrada a genealogia de cada planta. As plantas de cada parcela que apresentaram fenótipo macho-estéril, por ocasião da antese, foram marcadas com fita isolante. De cada parcela foi selecionado e colhido individualmente, um número variável de plantas com fenótipo macho-estéril e fenótipo macho-fértil, apresentado na Tabela 1.

No ano de 2004 as sementes das plantas selecionadas em 2003, fenótipos macho-fértil e macho-estéril foram semeadas de forma individual, em parcelas de duas linhas com 2 metros de comprimento. O registro da genealogia foi mantido. Um número variável de plantas que apresentaram fenótipo macho-estéril foram marcadas e selecionadas, bem

TABELA 1. Número de plantas de triticale com fenótipo macho-estéril e macho-fértil selecionadas em 2003 na EEA/UFRGS. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2003.

| Número da<br>parcela | Número de plantas selecionadas |               |
|----------------------|--------------------------------|---------------|
|                      | Macho-estéreis                 | Macho-férteis |
| 115                  | 3                              | 8             |
| 116                  | 5                              | 4             |
| 117                  | 2                              | 5             |
| 118                  | 5*                             | 6             |
| 119                  | 2                              | 0             |
| 120                  | 3                              | 4             |

\* Na parcela 118 uma das cinco plantas selecionadas como de fenótipo macho-estéril foi considerada como dúvida e seu registro foi assim mantido.

como foram selecionadas plantas com fenótipo macho-fértil. Ainda em 2004, linhagens com fenótipo macho-fértil, e que apresentavam uniformidade fenotípica e bom tipo agrônomo, foram colhidas em massa e deram origem a um ensaio preliminar de rendimento de grãos em 2005.

As espigas das plantas selecionadas em 2004 foram implantadas no campo em 2005. Observou-se que a grande maioria das plantas de cada linhagem eram macho-férteis, porém todas as linhagens apresentaram alguma frequência de plantas estéreis em 2005. Plantas com características fenotípicas de macho-esterilidade tiveram o colmo marcado com fita isolante. Algumas espigas, de algumas linhas, foram protegidas contra a fecundação, cobrindo-se as mesmas com sacos de papel-manteiga antes da antese. Plantas que não apresentavam o fenótipo de macho-esterilidade não foram marcadas em 2005. Por ocasião da maturação, as espigas de cada planta marcada foram colhidas, de modo individual por planta. Plantas não marcadas, com características agrônomicas superiores e espigas que aparentavam conter um grande número de sementes também foram selecionadas. Um desenho esquemático da seleção realizada nesta população, entre os anos

de 2001 e 2005, pode ser observado na Figura 1 e da metodologia adotada na condução do experimento em 2006 e 2007 na Figura 2.

Nesta dissertação será adotada a seguinte nomenclatura para designar o fenótipo de macho-esterilidade das plantas selecionadas em 2005 e a existência ou não de proteção de suas espigas:

- NP Me - espigas não protegidas e marcadas com fita, ou seja, com fenótipo macho-estéril;

- NP Ind – espigas não protegidas e não marcadas com fita, ou seja, o fenótipo de macho-esterilidade foi considerado indefinido. Considera-se que a maioria das plantas desse grupo tenham sido macho-férteis, mas não há como ter certeza, já que havia grande diferença nas datas de antese das espigas e as espigas macho-estéreis permanecem com as espiguetas abertas por um período relativamente curto após a antese, 4 a 7 dias, necessitando de acompanhamento freqüente e continuado de cada planta, para definir com certeza seu fenótipo de fertilidade;

- Protegida – espiga protegida contra a fecundação cruzada, cujo fenótipo de macho-esterilidade era indefinido, embora tenha sido registrado que três espigas protegidas provinham de plantas macho-estéreis, para as demais esse fenótipo era desconhecido.

Em 2006, uma amostra de 956 espigas, selecionadas em 2005, teve o número de espiguetas e o número de sementes por espiga contadas manualmente, a fim de estimar, a fertilidade dessas espigas. Foi mantido o registro da genealogia de cada espiga, assim como, o registro da informação se a espiga pertencia à planta marcada como macho-estéril em 2005 ou se a espiga havia sido protegida contra a polinização cruzada. Espigas não protegidas contra a fecundação cruzada, e com número de grãos igual ou inferior ao número de espiguetas, foram consideradas como macho-estéreis ou macho-estéreis



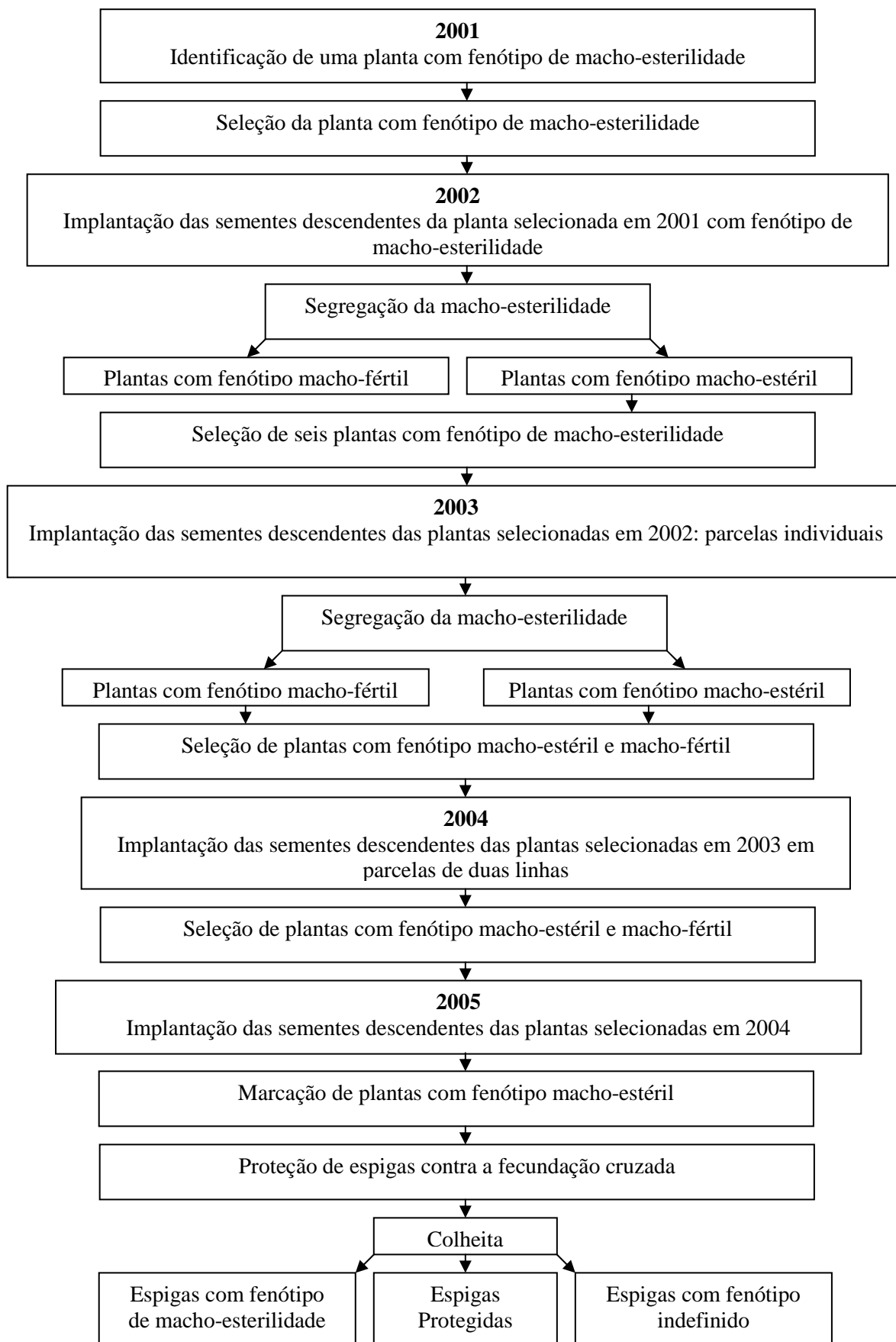


FIGURA 1. Desenho esquemático do sistema de segregação e seleção dos genótipos da população macho-estéril nos anos de 2001 a 2005 conduzidos na EEA/UFRGS.

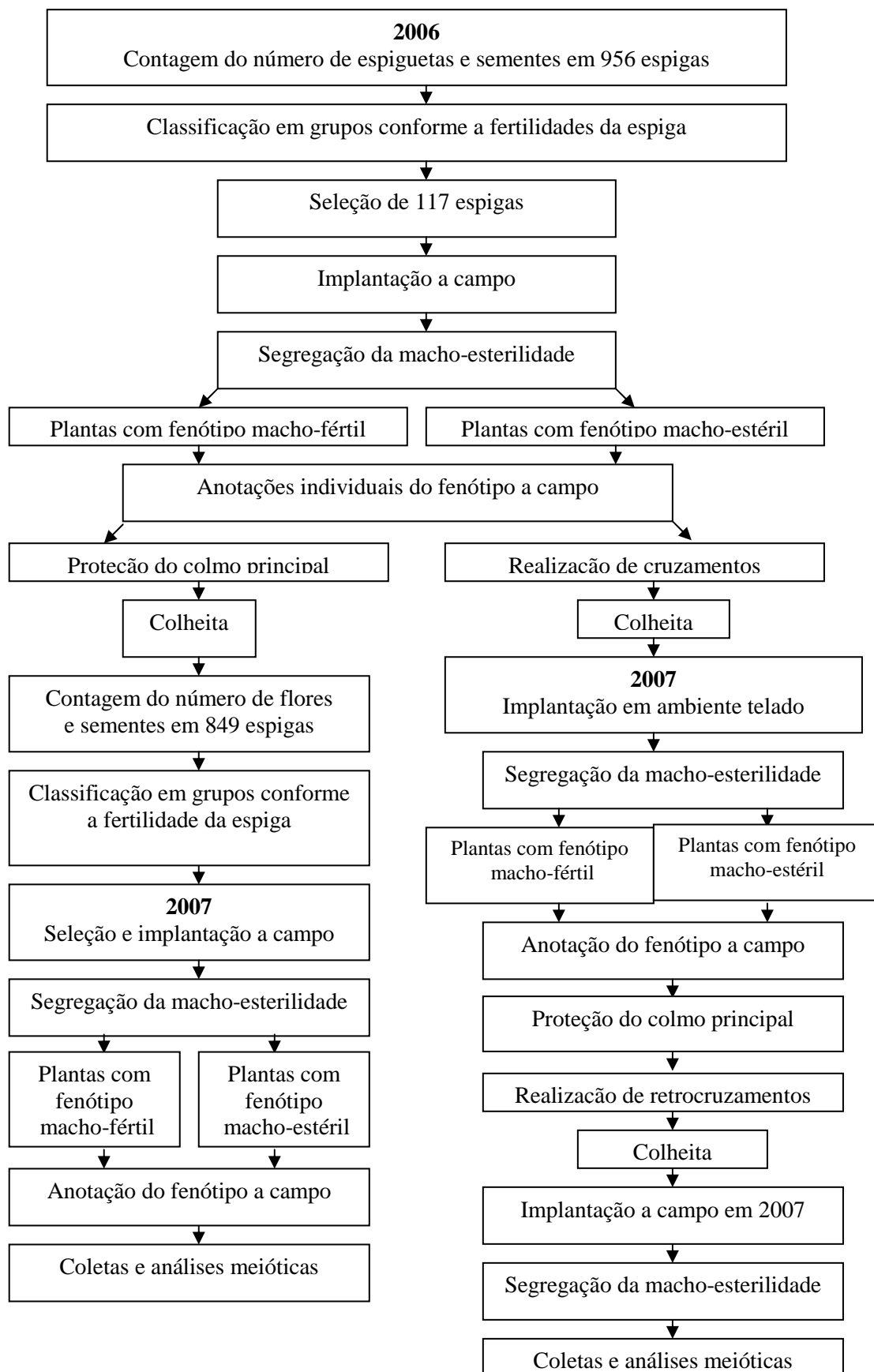


FIGURA 2. Desenho esquemático do sistema de condução dos genótipos da população macho-estéril nos anos de 2006 e 2007 na EEA/UFRGS.

parciais. Plantas com número de grãos duas a três vezes maiores que o número de espiguetas foram consideradas como macho-férteis.

É esperado que o número de flores férteis de uma espiga seja, no mínimo, duas vezes o número total de espiguetas. Porém em triticales, assim como em trigo, não é incomum que o número de flores férteis em uma espiguetas seja igual a três ou mais. Desta forma, espera-se que uma planta fértil produza um número de grãos em torno do dobro do número de espiguetas, ou mais. Um índice de fertilidade foi criado considerando um número médio de três flores por espiguetas. A percentagem de semente por flor foi obtida pela seguinte fórmula:

$$\% \text{ de sementes/flores} \left\{ \frac{\text{Número de sementes}}{(\text{Número de espiguetas} \times 3)} \right\} \times 100$$

Esta fórmula foi utilizada baseada na experiência de que na cultura de triticales há três flores férteis por espiga, desta forma, fez-se uma estimativa, utilizando para tanto, o potencial máximo de produção. Falcão (1978) em trabalho desenvolvido com a cultura de triticales utilizou a fórmula proposta por Sears (1941) para estimar a fertilidade das plantas, através da divisão do número total de sementes das flores primárias de uma espiga pelo número total de flores primárias por espigas, onde o valor obtido foi multiplicado por 100, obtendo assim a estimativa da fertilidade. Contudo neste trabalho, o método proposto por Sears (1941) não foi adotado, devido ao seu desconhecimento por ocasião da debulha e contagem das espiguetas e grãos de cada espiga, realizado em 2006.

Algumas plantas protegidas contra polinização cruzada produziram pequeno número de sementes, indicando possuírem macho-esterilidade parcial, sendo incluídas entre as plantas selecionadas para o estudo de caracterização da macho-esterilidade.

### 3.2. Análise do rendimento de grãos

Os ensaios de rendimento de grãos, de linhagens de triticale derivadas da população macho-estéril, foram instalados nos anos de 2005, 2006 e 2007. Em 2005, a semeadura ocorreu em 10 de junho e a emergência das plântulas foi em 17 de junho. Em 2006 a semeadura e a emergência ocorreram em 13 e 21 de junho, respectivamente. O ensaio em 2007 foi instalado em 19 de junho e a emergência ocorreu em 01 de julho. Os experimentos foram instalados conforme o desenho experimental de blocos completamente casualizados com quatro repetições. Nos anos de 2005 e 2006 foram testadas 33 linhagens de triticale, selecionadas em 2004, a partir de linhagens com fenótipo macho-fértil e características agrônômicas superiores, e colhidas em massa. Em 2007 foram testadas 25 linhagens de triticale, sendo nove linhagens já testadas nos dois anos anteriores e 16 novas linhagens, selecionadas em 2006, a partir de linhagens com fenótipo macho-fértil, pertencentes à população segregante macho-estéril. Os cultivares testemunhas BRS 148 e CEP 28 - Guará foram também conduzidos nos três anos de ensaio, e o cultivar IAPAR 54 – OCEPAR 4 foi adicionado aos ensaios em 2006 e 2007. Outras testemunhas foram utilizadas em 2005 ou em 2006, mas os resultados para as mesmas não são apresentados nesta dissertação, pois não foram utilizados nos três anos de ensaio.

No ano de 2005, as parcelas foram constituídas de cinco linhas de 3 m de comprimento cada, espaçadas 0,20 m entre si, com área igual a 3 m<sup>2</sup>. Em 2006 e 2007 as parcelas possuíam cinco linhas de 5 m de comprimento cada, mantendo-se o mesmo espaçamento entre linhas do ano anterior, resultando em área de 5 m<sup>2</sup>. O espaçamento entre parcelas foi de 0,40 m. A densidade de semeadura foi de 350 sementes/m<sup>2</sup> em todos os anos. Em 2005, a adubação de base foi de 400 kg/ha da fórmula 10-30-15 de N-P-K, e a adubação de cobertura consistiu de duas aplicações de 22,5 kg de N cada, na forma de uréia, nas datas de 01 e 31 de julho. Em 2006 e 2007 a adubação de base consistiu de 300 kg da fórmula 10-30-15 de N-P-K, e a adubação de cobertura foi realizada em duas épocas, na quantidade correspondente a 22,5 kg/ha de N na forma de uréia, em cada época. As

datas de aplicação de N em cobertura em 2006 foram 07 de julho e 04 de agosto. Em 2007 o N em cobertura foi aplicado em 17 de julho e 04 de agosto. Em nenhum dos anos foi aplicado fungicida para controle de moléstias, apenas houve aplicação de inseticidas para controle de pulgões ou lagartas, quando necessário. O controle de plantas daninhas foi realizado quimicamente, com o uso dos herbicidas Bentazon (produto comercial Basagran, dose de 1 litro/ha) e Metsulfuron-metil (produto comercial Ally, dose de 4 g/ha). Por ocasião da maturação dos grãos, foi realizada colheita mecanizada de toda a unidade experimental.

Neste trabalho são apresentados os resultados de rendimento de grãos para os três anos de cultivo, através da análise conjunta dos dados. Foram utilizados os dados dos cultivares testemunha BRS 148, CEP 28 - Guará e IAPAR 54 – OCEPAR 4, e das nove linhagens conduzidas nos três anos de experimentos, a saber: URSTc 0406-2, URSTc 0407-2, URSTc 0407-4, URSTc 0407-7, URSTc 0433-2, URSTc 0435-6, URSTc 0436-3, URSTc 0438-2 e URSTc 0444-3.

Foi realizada análise de variância dos dados, considerando o modelo linear:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \rho(\alpha_i)_j + \gamma_l + \alpha_i * \gamma_l + \varepsilon_{ijkl}$$

Onde:  $Y_{ijkl}$  representa o rendimento de grãos,  $\mu$  é media geral,  $\alpha_i$  corresponde aos anos de teste,  $\rho(\alpha_i)_j$  representa o efeito do  $j^{\text{th}}$  bloco aninhado dentro do  $i^{\text{th}}$  ano,  $\gamma_l$  representa o efeito do  $l^{\text{th}}$  genótipo,  $\alpha_i * \gamma_l$  representa a interação entre anos e genótipos, e  $\varepsilon_{ijkl}$  representa o erro experimental.

As médias dos genótipos foram comparadas, através do teste de comparação de médias de Duncan, ao nível de significância de 5%.

Análises de variância para anos individuais também foram realizadas com a modificação no modelo linear, onde não estão incluídos os parâmetros: anos de teste ( $\alpha_i$ ); bloco aninhado dentro de anos [ $\rho(\alpha_i)_j$ ]; e a interação entre anos e genótipos ( $\alpha_i * \gamma_l$ ). E foi adicionado o parâmetro blocos ( $\rho_i$ ). Testes de comparação de médias foram também

realizados para anos individuais, através do teste de comparação de médias de Duncan, ao nível de probabilidade de 5%. As análises de variância foram realizadas através do procedimento PROC GLM do pacote estatístico SAS (SAS Institute, Inc., 2000).

### 3.3. Caracterização da macho-esterilidade

Para realizar a caracterização fenotípica da macho-esterilidade foi utilizada uma amostra de 117 espigas selecionadas em 2005, onde, procurou-se representar todas as classes fenotípicas encontradas em 2005, quanto à produção de sementes relativa ao número de espiguetas por espiga. Também foram utilizados 11 cultivares de triticales como genótipos testemunha, incluindo o cultivar IAPAR 54 – OCEPAR 4, chamado de agora em diante de IAPAR 54 apenas (Tabela 2).

TABELA 2. Cultivares macho-férteis de triticales utilizados como genótipos testemunhas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2006.

| Nº de ordem | Genótipo            | Ano de Lançamento* |
|-------------|---------------------|--------------------|
| 1           | Triticale BR 4      | 1992               |
| 2           | Embrapa 53          | 1996               |
| 3           | BRS 148             | 1998               |
| 4           | BRS 203             | 2000               |
| 5           | BRS Minotauro       | 2005               |
| 6           | CEP 28 - Guará      | 1996               |
| 7           | Fundacep 48         | 2004               |
| 8           | IAPAR 23 - Arapoti  | 1987               |
| 9           | IAPAR 38 - Araruna  | 1990               |
| 10          | IAPAR 54 – Ocepar 4 | 1992               |
| 11          | IPR 111             | 2003               |

\* Resultados obtidos de acordo com as reuniões brasileiras de triticales.

A associação, entre a fertilidade de espigas, observada nas plantas analisadas em 2005 e a fertilidade da sua progênie, em 2006, foi realizada através da correlação de

Pearson. Para as espigas da mesma planta que foram guardadas em um único saco de papel previamente identificado, considerou-se a fertilidade como a média de todas as espigas da planta. Já para as plantas que, em 2005, foram selecionadas de modo individual, para as espigas protegidas contra a fecundação cruzada e espigas que não foram protegidas contra a fecundação cruzada e foram selecionadas em massa por linha, ou seja, num mesmo saco de papel foram acondicionadas espigas de diferentes plantas selecionadas na parcela, a fertilidade do indivíduo analisado foi considerada como a fertilidade da própria espiga individual.

Em 2006, as plantas foram todas colhidas de modo individual e a fertilidade foi medida para as espigas do colmo principal, que permaneceram protegidas por saco de papel-manteiga, até a maturação dos grãos.

As correlações foram calculadas a partir dos pares de dados de fertilidade de espiga da planta ou espiga-mãe analisada em 2005 e a média de fertilidade de todas as suas plantas-filhas em 2006. As correlações entre a fertilidade de espiga observada em 2005 e 2006, foram calculadas para todo o grupo de plantas de 2006, e para subgrupos de plantas, descritos a seguir. As linhagens de 2006 foram divididas em dois grupos principais, plantas com fenótipo macho-fértil e plantas com fenótipo macho-estéril, de acordo com a identificação ou não de inflorescência com espiguetas abertas no estágio de antese, típicas de plantas macho-estéreis. Cada grande grupo foi dividido em três subgrupos, de acordo a classificação das plantas-mães de cada linhagem de 2006. Esses subgrupos foram: a) protegida, ou seja, planta ou espiga-mãe protegida contra a auto-fecundação; b) NP Me, ou seja, planta ou espiga-mãe não protegida contra a fecundação cruzada e com inflorescência com fenótipo macho-estéril; c) NP ind, ou seja, planta ou espiga-mãe não protegida contra a fecundação cruzada e com inflorescência com fenótipo indefinido. Os pares de médias, dentro e entre grupos e subgrupos, foram comparadas entre si, através do Teste *T* de Student, sendo a hipótese de nulidade de que as médias não diferiam entre si, e a hipótese

alternativa de que as médias diferiam entre si. Para o teste  $T$  de Student utilizou-se a seguinte fórmula:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Onde:  $t$  é o teste  $T$ ;  $X_1$  é a média da população;  $X_2$  é a média da amostra;  $S$  é o erro padrão;  $n_1$  é o número de observações da população; e  $n_2$  é o número de observações da amostra.

As correlações de Pearson foram realizadas através do procedimento PROC CORR do pacote estatístico SAS (SAS Institute, Inc., 2000), de acordo com a fórmula apresentada abaixo (Steel et al., 1997):

$$r = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y}) / (n - 1)}{(\sum (X - \bar{X})^2 / (n - 1))^{1/2} (\sum (Y - \bar{Y})^2 / (n - 1))^{1/2}}$$

Onde:  $r$  é o coeficiente de correlação;  $X$  é a informação individual da variável  $X$ ;  $\bar{X}$  é a média da variável  $X$ ;  $Y$  é a observação individual da variável  $Y$ ;  $\bar{Y}$  é a média da variável  $Y$ ; e  $n$  é o número de observações.

A significância do coeficiente de correlação foi testado pelo teste  $t$  de Student, com graus de liberdade igual a  $n - 2$  (Steel et al., 1997):

$$t = r / ((1 - r^2) / (n - 2))^{1/2}$$

### **3.3.1. Implantação e condução a campo das populações de triticales em 2006**

A semeadura foi realizada em 25 de junho de 2006, de forma manual, sob sistema de plantio direto, em área previamente preparada através de dessecação e marcação das linhas de semeadura com implemento agrícola. A adubação de base foi de 300 kg por hectare da fórmula 10-30-15 de N-P-K.



De cada uma das 117 espigas previamente selecionadas foram semeadas 20 sementes, ou menos, dependendo da sua disponibilidade, em parcelas constituídas de duas linhas de três metros de comprimento, espaçadas 30 cm entre si utilizando-se igual espaçamento entre parcelas. O espaçamento entre plantas na linha também foi de 30 cm. Os genótipos testemunhas foram semeados de forma aleatória, a intervalos de quatro parcelas dos genótipos da população macho-estéril, obedecendo aos mesmos espaçamentos utilizados para aquela população, sendo que cada genótipo testemunha foi repetido três vezes ao longo do experimento. No total foram semeadas 150 parcelas de triticales, distribuídos em cinco blocos, de 30 parcelas cada.

Após a emergência, que ocorreu em 02 de julho de 2006, todas as parcelas foram numeradas de modo crescente, de 1 a 150, e as plantas dentro de cada parcela foram mapeadas, com numeração de 1 a 20. A genealogia adotada a partir de 2001 foi mantida, sendo que todas as parcelas, dentro de cada ano, receberam numeração de forma crescente (Tabela 3).

A aplicação de nitrogênio em cobertura foi realizada em três épocas distintas, aplicando-se a dose de 30 kg de Nitrogênio por hectare, por época, na forma de uréia.

Evitou-se o uso de produtos químicos no controle de insetos e de plantas daninhas, para evitar qualquer efeito sobre a macho-esterilidade, em especial sobre a meiose das plantas. Para tanto, o controle de ervas daninhas foi realizado através de capinas.

Para fins de caracterização da macho-esterilidade alguns trabalhos foram desenvolvidos nos genótipos a campo, tais como: marcação do colmo principal com fita, anotação da data do espigamento, proteção do colmo principal contra a polinização cruzada, anotação das plantas com fenótipo macho-estéril.

O colmo principal de cada planta foi marcado com fita isolante no estágio de alongação, para que fosse facilmente identificado posteriormente (Figura 3b). Anotações da data do espigamento foram realizadas em todas as plantas das parcelas, sendo da data do

espigamento foram realizadas em todas as plantas das parcelas, sendo considerada como a data em como a data em que 50% da espiga do colmo principal estava exposta para fora da bainha da folha bandeira.

TABELA 3. Genealogia adotada para os genótipos nos anos de 2003 a 2005. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2003.

| Genealogia<br>2003 | Genealogia<br>2004 | Genealogia<br>2005 |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| 115-3-E            | 3-6-F              | 05-TcMS-13         |
| 115-5-F            | 5-5-E              | 05-TcMS-23         |
| 115-10-F           | 10-4-E             | 05-TcMS-33         |
| 116-1-E            | 12-3-F             | 05-TcMS-38         |
| 116-1-E            | 12-3-E             | 05-TcMS-39         |
| 116-2-F            | 13-5-E             | 05-TcMS-47         |
| 116-3-E            | 16-3-E             | 05-TcMS-59         |
| 116-3-E            | 16-4-E             | 05-TcMS-60         |
| 116-6-F            | 17-1-F             | 05-TcMS-61         |
| 116-7-E            | 18-1-E             | 05-TcMS-66         |
| 116-7-E            | 18-3-E             | 05-TcMS-67         |
| 116-7-E            | 18-5-E             | 05-TcMS-69         |
| 117-1-F            | 21-5-E             | 05-TcMS-89         |
| 117-1-F            | 21-7-F             | 05-TcMS-91         |
| 117-3-F            | 23-3-F             | 05-TcMS-101        |
| 117-3-F            | 23-3-E             | 05-TcMS-102        |
| 117-3-F            | 23-4-F             | 05-TcMS-110        |
| 118-1-F            | 28-3-E             | 05-TcMS-125        |
| 118-3-E            | 30-1-E             | 05-TcMS-128        |
| 118-3-E            | 30-4-E             | 05-TcMS-131        |
| 118-3-E            | 30-4-E             | 05-TcMS-132        |
| 120-4-F            | 44-4-F             | 05-TcMS-175        |
| 120-4-F            | 44-5-E             | 05-TcMS-176        |
| 120-4-F            | 44-5-E             | 05-TcMS-176        |

F= Fenótipo macho-fértil; E= Fenótipo macho-estéril.

Por ocasião do florescimento, quando a espiga apresentava-se completamente exposta, porém antes da antese, o colmo principal previamente marcado, foi protegido com saco de papel manteiga para evitar a polinização cruzada (Figura 3a e 3c). As aristas de todas as espigas que seriam protegidas foram cortadas devido ao seu comprimento longo, que dificultava proteção da espiga (Figura 3b). Quando as plantas encontravam-se no estágio de antese, observações visuais foram feitas com relação ao fenótipo das flores, onde, foram observados os afilhos de cada planta, uma vez que a espiga principal encontrava-se coberta com saco de papel. As avaliações dos afilhos de cada planta permitiram realizar a caracterização do fenótipo de macho-esterilidade, onde as plantas que apresentavam espigas com fenótipo normal, ou seja, com flores fechadas no período de antese, foram caracterizadas como sendo de fenótipo macho-fértil (Figura 4a), e as plantas cujas espigas apresentavam suas flores bem abertas durante o estágio de antese foram caracterizadas como de fenótipo macho-estéril (Figura 4b). Estas avaliações foram realizadas duas vezes por semana em um período de três semanas e a cada avaliação todas as plantas de cada linha eram novamente avaliadas, a fim de certificar-se de que não havia erro na anotação do fenótipo, uma vez que é comum em triticales a ocorrência tardia da antese, quando o pedúnculo da espiga já encontra-se bastante alongado.

Quando as plantas estavam no final do ciclo, medições individuais da estatura das plantas foram realizadas, sendo medida a estatura da base da planta até o final da espiga, desconsiderando-se as aristas.

Após a maturação, as espigas protegidas foram identificadas e colhidas individualmente. As espigas restantes de cada planta também foram colhidas e identificadas individualmente, servindo como fonte de sementes para aqueles genótipos.



FIGURA 3. Aspecto geral das plantas de triticale no campo no ano de 2006. a) Vista parcial das plantas de triticale. b) Colmo principal marcado com fita e aristas cortadas rente às flores. c) Proteção do colmo principal identificado previamente com fita.

### 3.3.2. Classificação da macho-fertilidade

Apesar de terem sido protegidas espigas de todas as plantas conduzidas a campo em 2006, houve queda dos pacotes de proteção de parte das plantas, devido à ocorrência de chuvas e ventos fortes. No total, 849 espigas permaneceram protegidas e tiveram o número de flores e de sementes contados manualmente. Baseado na distribuição de fertilidade observada na população macho-estéril e na fertilidade dos genótipos testemunhas, as plantas foram divididas em classes de fertilidade, conforme a percentagem de produção de sementes/flores, de acordo com a Tabela 4.

TABELA 4. Classificação da fertilidade conforme a percentagem de produção de semente por flor nas espigas protegidas contra a fecundação cruzada. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2006.

| Classe de fertilidade      | % sementes/flores |
|----------------------------|-------------------|
| Completamente Estéril      | 0 %               |
| Altamente estéril          | 1 a 10 %          |
| Esterilidade intermediária | 11 a 25 %         |
| Fertilidade intermediária  | 26 a 45 %         |
| Fértil                     | 46 a 65 %         |
| Altamente férteis          | 66 a 100 %        |

### 3.3.3. Desenvolvimento de populações segregantes

Em 2006, utilizando as plantas conduzidas para realizar a caracterização fenotípica da macho-esterilidade foram realizados cruzamentos entre plantas da população macho-estéril e as cultivares testemunhas para a obtenção da geração F<sub>1</sub> (Figura 4c e 4d). Algumas plantas caracterizadas fenotipicamente como macho-estéreis, por apresentarem flores bem abertas durante a antese, tiveram uma ou mais espigas de afilhos, em estágio anterior à

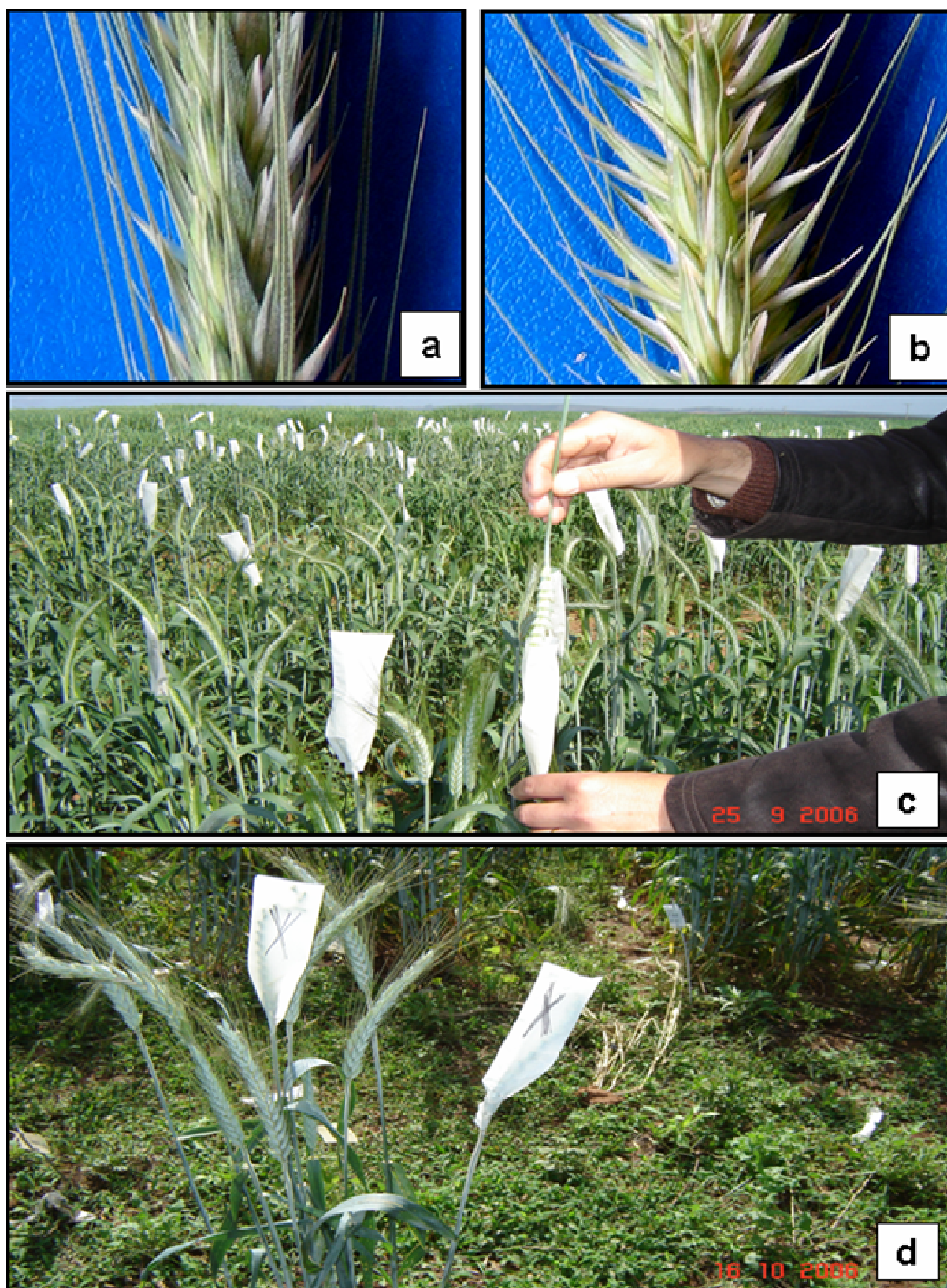


FIGURA 4. Aspecto geral das plantas de triticale no campo no ano de 2006. a) Caracterização fenotípica de uma espiga com fenótipo macho-fértil. b) Caracterização fenotípica de uma espiga com fenótipo macho-estéril c) Cruzamentos a campo. d) Identificação das plantas onde foram realizados cruzamentos no ano de 2006.

antese, emasculadas. Cerca de 3 a 4 dias após a emasculação, essas espigas foram polinizadas com pólen oriundo de genótipos testemunhas férteis.

Também foram emasculadas plantas dos genótipos testemunhas e polinizadas com pólen de plantas da população macho-estéril, tanto daquelas caracterizadas como macho-estéreis como de plantas com fenótipo macho-fértil.

Alguns dos cruzamentos realizados foram selecionados para produção de sementes da geração  $F_2$  e de retrocruzamentos durante o período de verão de 2006/2007. Desta forma, foram semeados em ambiente telado na EEA/UFRGS sementes  $F_1$  e sementes dos respectivos genitores. A primeira semeadura ocorreu em dezembro de 2006, com sementes previamente vernalizadas, porém todas as plantas foram perdidas, devido à ocorrência de temperaturas extremamente elevadas, próximas a 40° C. Nova semeadura foi realizada em 22 de fevereiro de 2007 e, devido ao ataque de insetos, praticamente todas as plantas emergidas foram perdidas. Uma terceira ressemeadura, com as sementes remanescentes, foi realizada em 15 de março de 2007. Esta última data de semeadura foi bem sucedida, com a obtenção de plantas vigorosas.

Na terceira data de semeadura realizada em telado, no verão/outono de 2007, cada genótipo foi semeado em uma linha de três metros de comprimento, com espaçamento entre linhas de 30 cm e entre plantas na linha de cerca de 10 a 15 cm. Para garantir o desenvolvimento das plantas, doses elevadas de Nitrogênio foram aplicadas semanalmente e o controle de insetos foi realizado em intervalos de 10 a 15 dias nos dois primeiros meses de cultivo, assim como as plantas foram mantidas sob irrigação. Na população estabelecida, foram realizadas anotações do fenótipo de macho-esterilidade.

A realização dos retrocruzamentos consistiu na emasculação de plantas receptoras de pólen oriundas das plantas caracterizadas a campo pelo fenótipo de macho-esterilidade, onde as plantas  $F_1$  serviram como genitores femininos e as testemunhas como plantas doadoras de pólen. Fez-se a emasculação, proteção das espigas e polinização de 3 a 4 dias

após a emasculação, contudo a realização dos retrocruzamentos foi limitada devido a problemas de sincronismo no florescimento. Nas plantas conduzidas em telado foi realizada a proteção da espiga do colmo principal no maior número possível de plantas, para evitar a fecundação cruzada para a obtenção da geração F<sub>2</sub> (Figura 5a). Porém, devido à maturação tardia das plantas conduzidas em telado em 2007, devido às elevadas doses de nitrogênio aplicadas em cobertura e a ocorrência de chuvas frequentes, após a interrupção da irrigação, poucas plantas conduzidas em telado produziram sementes em tempo suficiente para implantação a campo no inverno de 2007.

### **3.4. Análises citogenéticas**

Observações anteriores ao início deste trabalho evidenciaram que a população macho-estéril de triticales apresentava certa instabilidade fenotípica para este caráter, porém plantas com fenótipo macho-estéril ocorriam em todas as gerações, mesmo que descendendo de genótipos selecionados que apresentavam fenótipo macho-fértil. Desta forma, optou-se por realizar análises citogenéticas da população macho-estéril, assim como das cultivares testemunhas e de populações segregantes oriundas do cruzamento entre genótipos da população macho-estéril e genótipos testemunhas.

#### **3.4.1. Análise meiótica e da viabilidade dos grãos de pólen**

Análises meióticas e de viabilidade de pólen foram realizadas com os genótipos conduzidos a campo no ano de 2007.

Sementes oriundas de espigas protegidas, de plantas conduzidas a campo, no ano de 2006 e sementes dos genótipos testemunhas, foram semeados na EEA/UFRGS no dia 03 de agosto e a germinação ocorreu no dia 13 de agosto de 2007. A seleção dos genótipos da população macho-estéril, implantados a campo em 2007, foi baseada no tipo de fenótipo da inflorescência, macho-fértil ou macho-estéril, e na percentagem de sementes/flores, ou



seja, na fertilidade da espiga, usando a mesma escala de fertilidade previamente estabelecida (Tabela 5).

Sementes  $F_2$  e de retrocruzamentos, obtidas em telado no verão/outono de 2007, além dos genótipos testemunhas, foram semeados a campo, na EEA/UFRGS, no dia 23 de agosto e a germinação ocorreu no dia 30 agosto de 2007.

TABELA 5. Divisão em subgrupos conforme o fenótipo apresentado e percentagem de semente produzida por flor. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2006.

| Subgrupo | Fenótipo MF* | Fenótipo ME" | % de Produção de sementes |
|----------|--------------|--------------|---------------------------|
| 1        | Fen. MF 1    | Fen. ME 1    | 0                         |
| 2        | Fen. MF 2    | Fen. ME 2    | 1-10                      |
| 3        | Fen. MF 3    | Fen. ME 3    | 11-25                     |
| 4        | Fen. MF 4    | Fen. ME 4    | 26-45                     |
| 5        | Fen. MF 5    | Fen. ME 5    | 46-65                     |
| 6        | Fen. MF 6    | Fen. ME 6    | 66-100                    |

\*Fen. MF: Fenótipo macho-fértil; "Fen. ME: Fenótipo macho-estéril.

Conforme descrito acima, os cultivares testemunhas utilizados neste experimento, foram semeados em duas datas distintas. A primeira data corresponde à implantação das sementes da população macho-estéril, oriundas de espigas protegidas, sendo chamada nesta dissertação de “testemunhas da primeira semeadura”. A segunda data de implantação corresponde à semeadura dos genótipos  $F_2$  e retrocruzamentos, sendo utilizada a denominação “testemunhas da segunda semeadura” para caracterizar essa segunda data de semeadura dos cultivares testemunhas.

A implantação do experimento, em ambas as datas, ocorreu em parcelas constituídas de duas linhas de três metros de comprimento, espaçadas 30 cm entre si e



FIGURA 5. Aspecto geral dos experimentos. a) Vista parcial das plantas de tritcale implantadas em telado no verão/outono de 2007. b) Vista parcial das plantas de tritcale implantadas a campo no inverno de 2007.

utilizando-se igual espaçamento entre parcelas; o espaçamento entre plantas na linha foi de 30 cm. Após a emergência, todas as plantas de cada parcela foram mapeadas, sendo numeradas de 1 a 20. Foi registrado o fenótipo de macho-fertilidade e macho-esterilidade individualmente nas plantas dentro de cada parcela no campo em 2007 (Figura 5b).

A aplicação de nitrogênio em cobertura foi realizada em três épocas, aplicando-se a dose de 30 kg de Nitrogênio por hectare, por época, na forma de uréia e o controle de plantas daninhas ocorreu através de capinas.

As inflorescências jovens, em vários estádios de desenvolvimento, dos três grupos de genótipos, ou seja, população macho-estéril, populações  $F_2$  e retrocruzamentos, e dos genótipos testemunhas, foram coletadas em duas datas. Coletou-se a maior quantidade de inflorescências por genótipo possível (2 a 3 espigas), visando garantir a coleta do material no estágio adequado para as avaliações citogenéticas. Procurou-se caracterizar o estágio adequado de coleta de espigas para análises citogenéticas, que normalmente ocorre quando a espiga apresenta as aristas ainda dentro da bainha da folha bandeira, porém, o mesmo pode variar, conforme as condições ambientais e época de semeadura. Para as análises da viabilidade do pólen foi realizada apenas uma coleta de inflorescências.

Para todas as análises citogenéticas de viabilidade do pólen, as espigas coletadas foram fixadas ainda a campo, em solução de álcool (PA) e ácido acético (PA) na proporção de 3:1, e armazenadas em recipientes com cerca de 70% do seu volume ocupado por essa solução. O material coletado foi mantido em temperatura ambiente e aproximadamente 6 a 8 horas após a coleta das espigas, a solução de 3 álcool : 1 ácido acético era substituída por nova solução para retirar o excesso de clorofila liberado.

O material foi mantido por 24 horas em temperatura ambiente e posteriormente transferido para álcool 70% e armazenado em congelador para preparação das lâminas.

As avaliações foram realizadas no Laboratório de Citogenética Vegetal do Departamento de Plantas de Lavoura e no Laboratório de Citogenética Vegetal do

Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e tendo como objetivo a caracterização citogenética da macho-esterilidade derivada do cultivar IAPAR 54.

Para as análises citogenéticas, as lâminas foram preparadas com flores retiradas das inflorescências coletadas. De cada flor eram separadas somente as anteras, que eram cortadas e maceradas com bastão de vidro, sendo retirado da lâmina o excesso de tecido vegetal remanescente, sobre o qual era colocada uma gota do corante carmim propiônico na concentração de 2%. Posteriormente era adicionada uma lamínula sobre a lâmina e esta era pressionada com a extremidade mais larga de uma agulha histológica para obter um bom espalhamento das células.

Depois de confeccionadas as lâminas, estas eram seladas com luto (breu e cera de abelha, na proporção de 3:1). As lâminas eram então identificadas e imediatamente observadas ao microscópio ou então guardadas sob refrigeração em caixas especiais para análise no dia seguinte. As lâminas preparadas para análise dos grãos de pólen eram analisadas no mesmo dia.

#### **3.4.1.1. Análise do comportamento meiótico**

Estudos do comportamento meiótico foram realizados através de avaliações de todas as células mãe-de-pólen (CMP) possíveis em cada lâmina e em todas as fases da meiose. Foram avaliadas todas as fases meióticas do material: diacinese, metáfase, anáfase e telófase I, além de metáfase, anáfase e telófase II, como forma de melhor documentar a divisão meiótica. Foi observado, quando possível, a disjunção dos cromossomos, sendo registradas às células que apresentavam disjunção e migração normal, bem como as células que apresentavam irregularidades, como cromossomos retardatários e pontes cromossômicas.

Para tentar obter melhor espalhamento dos cromossomos durante a confecção das lâminas, a forma de maceração foi testada, sendo avaliados diversas intensidades de força de maceração das anteras, bem como, o aquecimento da lâmina previamente confeccionada utilizando para tanto uma lamparina, e também, o uso de uma agulha enferrujada para intensificar a coloração dos cromossomos. Porém a análise do comportamento meiótico desta população foi dificultada, em parte, pelo grande número de cromossomos na espécie e pela sobreposição dos cromossomos e dificuldade na identificação das associações cromossômicas.

Quando as células apresentavam todos os seus cromossomos em associações de bivalentes eram consideradas como normais ou de comportamento regular e as células que apresentavam algum tipo de alteração na placa equatorial, mesmo não sendo possível a contagem das associações, foi considerada como células irregulares.

As análises foram realizadas diretamente em microscópio óptico, acoplado com câmera digital e com o auxílio de um programa computacional para capturação de imagens. As imagens foram capturadas em aumento de 40 X, com exceção da Figura 7e que foi capturada em aumento de 10 X e a Figura 7f que foi capturada em um aumento de 20 X. Lâminas que apresentaram diversas irregularidades meióticas em todas as fazes foram selecionadas e fotografadas em filme preto e branco Tri-X 400.

#### **3.4.1.2. Índice meiótico**

Como alternativa a análise de comportamento meiótico Löve (1949) sugeriu a avaliação do índice meiótico, que representa a percentagem de quartetos de micrósporos normais, e servindo como um indicativo das irregularidades meióticas. Neste trabalho o índice meiótico foi calculado conforme sugerido por Löve (1949), dividindo-se o número de tétrades normais pelo número total de tétrades observadas, valor este, multiplicado por 100.

As tétrades foram consideradas normais quando apresentavam os quatro micrósporos sem presença de micronúcleos e anormais aquelas com número diferente de quatro ou com presença de micronúcleos. Boff (2000) analisou duas lâminas por indivíduo sendo contados aleatoriamente 200 tétrades. Enquanto Conterato (2004) realizou a contagem de 400 tétrades por indivíduo, porém para as plantas conduzidas neste estudo, em muitos casos o número de 200 células não foi obtido, sendo estabelecido como regra neste estudo à contagem por varredura de todas as células possíveis nas lâminas e de duas lâminas por indivíduo.

#### **3.4.1.3. Estimativa da viabilidade dos grãos de pólen**

A viabilidade dos grãos de pólen foi estimada de acordo com a capacidade de coloração dos grãos de pólen com o corante carmim propiônico em concentração de 2%.

Para cada indivíduo foram analisadas três lâminas, contando 200 grãos de pólen aleatoriamente por lâmina, perfazendo um total de 600 grãos de pólen por indivíduo. Os grãos de pólen foram considerados viáveis quando se apresentavam bem corados e inviáveis quando estavam vazios ou incolores.

A viabilidade do pólen foi estimada dividindo-se o número de grãos de pólen corados pelo número total de grãos observados e multiplicando-se o resultado por 100, obtendo-se assim o percentual de grãos de pólen viáveis.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Caracterização da macho-esterilidade em 2006**

Em 2005 foram colhidas 956 espigas, das quais, 117 foram selecionadas e semeadas a campo em 2006 juntamente com 11 cultivares testemunhas de triticales. Para a caracterização do fenótipo de macho-esterilidade, em 2006, foram avaliadas 1383 plantas da população macho-estéril. Os resultados para a proporção de plantas com fenótipo macho-estéril e com fenótipo macho-fértil, em relação ao número total de plantas de cada linhagem, avaliados em 2006 são apresentados na Tabela 6. Do total de plantas avaliadas em 2006, 539 apresentaram o fenótipo macho-estéril, com flores bem abertas durante o estágio de antese, perfazendo 39,90% da população. Estas plantas estavam distribuídas dentro de 95 linhagens, em 2006, sendo que cada linhagem correspondia ao conjunto de plantas oriundas da mesma planta-mãe selecionada em 2005.

Na média de todas as 95 linhagens, a maioria das plantas apresentava fenótipo macho-fértil (60,10%), sendo que houve linhagens que continham apenas plantas macho-estéreis ou macho-férteis. Quando as linhagens foram classificadas em grupos, de acordo o fenótipo de macho-esterilidade da planta ou espiga que lhe deu origem e se a espiga-mãe havia sido protegida contra a polinização cruzada ou não em 2005, pode ser verificado que ambos os grupos de linhagens oriundas de espigas protegidas e de espigas não protegidas com fenótipo macho-estéril apresentavam cerca de 55% de plantas macho-férteis, enquanto que linhagens oriundas de espigas não protegidas, com fenótipo macho-fértil indefinido, mostraram proporção de 81,40% de plantas-férteis. É importante lembrar que é esperado

que a grande maioria das plantas-mãe do último grupo tenham sido macho-férteis, embora não se possa afirmar certeza.

TABELA 6. Médias, mínimos (Mín.), máximos (Máx.), desvios padrões da proporção, em percentagem, de plantas com fenótipo macho-férteis e macho-estéreis nas linhagens avaliadas em 2006, classificadas de acordo com o fenótipo de macho-esterilidade e o tipo de proteção contra fecundação cruzada da planta-mãe ou espiga que deu origem a cada linhagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.

| Planta-mãe<br>2005        | % plantas com fenótipo Macho-fértil<br>na média das linhagens 2006 |       |      |                  |                 | % plantas com fenótipo Macho-estéril na média das linhagens 2006 |      |       |                  |                 |
|---------------------------|--|-------|------|------------------|-----------------|--|------|-------|------------------|-----------------|
|                           | Média  | Mín.  | Máx. | Desvio<br>Padrão | Nº<br>linhagens | Média  | Mín. | Máx.  | Desvio<br>Padrão | Nº<br>linhagens |
| Proteg.                   | 54,94  | 0,00  | 100  | 38,98            | 16              | 45,06  | 0,00 | 100,0 | 38,98            | 16              |
| NPMe                      | 55,17  | 7,14  | 100  | 19,94            | 61              | 44,83  | 0,00 | 92,86 | 19,94            | 61              |
| NP Ind                    | 81,40  | 52,94 | 100  | 15,77            | 18              | 18,60  | 0,00 | 47,06 | 15,77            | 18              |
| Proteg.+ NP<br>Me +NP Ind | 60,10  | 0,00  | 100  | 25,47            | 95              | 39,90  | 0,00 | 100   | 25,47            | 95              |

Proteg. = Protegida; NPMe = Não protegida com fenótipo macho-estéril; NP Ind = Não protegida com fenótipo indefinido. Mín. = Mínimo; Máx = Máximo.

As plantas que permaneceram com a espiga principal protegida até a maturação dos grãos tiveram o número de flores e o número de sementes contadas de forma manual e individual, a fim de avaliar a fertilidade da espiga. No total, foram avaliadas 849 espigas, sendo observada uma variação na produção de 0 a 114 sementes por espiga.

Os resultados obtidos para a fertilidade dos genótipos testemunha são apresentados na Tabela 7. Foram calculadas duas médias diferentes para a fertilidade de espiga do conjunto dos cultivares testemunha, a média geral, onde foram consideradas todas as plantas analisadas em conjunto, e uma média das médias de cada testemunha. As duas formas de cálculo resultaram em valores praticamente iguais para a fertilidade dos genótipos testemunha, que foi de 61%, ou seja, do total de flores produzidas, 61% continham sementes. Por outro lado, a média das médias de fertilidade escondeu a variação



observada nas plantas individuais, quando observados os valores máximos e mínimos para fertilidade de espiga, já que refletem apenas a maior e menor média das testemunhas respectivamente. Desta forma, pode ser considerado que a média geral representa melhor a variação de fertilidade dos genótipos cultivados no Brasil. A média geral, e o desvio padrão geral, da fertilidade das testemunhas foram utilizados para comparação dos resultados obtidos para a fertilidade de espiga da população macho-estéril avaliada em 2006 (Tabela 8).

TABELA 7. Médias da porcentagem de produção de sementes por flor das testemunhas conduzidas a campo em 2006. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2006.

| Genótipo                              | Média | Mínimo | Máximo | Desvio Padrão | Número de observações |
|---------------------------------------|-------|--------|--------|---------------|-----------------------|
| Triticale BR 4                        | 51,42 | 15,96  | 74,56  | 14,59         | 14                    |
| Embrapa 53                            | 61,13 | 0,00   | 80,00  | 18,46         | 29                    |
| BRS 148                               | 64,85 | 0,00   | 77,97  | 19,00         | 16                    |
| BRS 203                               | 40,86 | 3,86   | 74,14  | 25,19         | 14                    |
| BRS Minotauro                         | 65,19 | 0,00   | 83,84  | 17,62         | 20                    |
| CEP 28 - Guará                        | 67,05 | 37,96  | 89,52  | 12,25         | 24                    |
| Fundacep 48                           | 62,78 | 2,13   | 84,26  | 17,63         | 30                    |
| IAPAR 23 - Arapoti                    | 68,35 | 53,40  | 83,50  | 7,31          | 20                    |
| IAPAR 38 - Araruna                    | 65,33 | 0,00   | 86,15  | 17,85         | 19                    |
| IAPAR 54                              | 69,71 | 65,63  | 78,26  | 5,78          | 4                     |
| IPR 111                               | 54,32 | 31,91  | 72,00  | 10,33         | 24                    |
| Testemunhas<br>(todas as observações) | 61,17 | 0,00   | 89,52  | 17,47         | 214                   |
| Testemunhas<br>(valores médios)       | 61,00 | 40,86  | 69,71  | 8,74          | 11                    |

Dentre os genótipos testemunha, foi verificada uma variação de fertilidade entre 40,86 e 69,71% de sementes/flores. A menor fertilidade foi apresentada pelo cultivar BRS 203 e a maior fertilidade pelo cultivar IAPAR 54. Infelizmente, o número de espigas protegidas de IAPAR 54, as quais tiveram o número de flores e sementes contados, foi de

apenas 4, impedindo que possa ser inferido que a IAPAR 54 era o genótipo com maior fertilidade de fato. Por outro lado, outros genótipos do Instituto Agrônomo do Paraná, também tiveram alta fertilidade. Seguindo a classificação de fertilidade, proposta na Tabela 4, somente três testemunhas são classificadas como altamente férteis (66% de sementes/flores), a saber: CEP 28 - Guará, IAPAR 23 - Arapoti e IAPAR 54. Outros três genótipos testemunhas mostraram médias de fertilidade muito próximas ao estabelecido para alta fertilidade e na prática poderiam ser consideradas com tal, que foram BRS 148, BRS Minotauro e IAPAR 38 - Araruna. No grupo de testemunhas férteis (46 a 65% de espigas/flor) encontram-se os cultivares Triticale BR 4, Embrapa 53, Fundacep 48 e IPR 111. Enquanto que o cultivar BRS 203 é classificado como de fertilidade intermediária (26 a 45% de sementes/flores) (Tabela 7).

A fertilidade média dos genótipos macho-estéreis avaliados em 2006 e a comparação destes com o cultivar IAPAR 54 e as testemunhas na média geral é apresentada na Tabela 8. Para a população avaliada no ano de 2006, na média geral da fertilidade das espigas, quando estas foram avaliadas conforme a classificação das plantas-mãe, conduzidas em 2005, ou seja, protegidas, não protegidas com fenótipo macho-estéril e não protegida com fenótipo indefinido, foram observadas variações em termos de percentagem de produção de sementes. A maior fertilidade de espiga foi registrada para as plantas com fenótipo de macho-esterilidade indefinido, com 65,02%, seguida pelas plantas marcadas com fenótipo macho-estéril (51,08%), e a menor fertilidade foi observada nas plantas que foram protegidas contra a fecundação cruzada (39,85%). Na média geral, a produção de sementes foi de 43,16%. Porém, quando a população foi dividida em grupos, conforme o fenótipo de macho-esterilidade, apresentado a campo no ano de 2006, foi observado que a fertilidade foi 53,77% para as plantas com fenótipo macho-fértil e de 24,38% para as plantas com fenótipo macho-estéril.

TABELA 8. Percentagens médias de sementes/flores das linhagens de 2006, classificadas de acordo com o fenótipo de fertilidade, das plantas dentro das linhagens, e do tipo de proteção contra a fecundação cruzada da espiga ou planta que deu origem as linhagens de 2006 e análises das médias entre os genótipos e em comparação com a testemunha IAPAR 54 e com a média das testemunhas de todas as observações. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

|  | Fertilidade Média das Espigas (ME + MF) |            |   | Fenótipo MF 2006 |            |            |             | Fenótipo ME 2006 |             |             |             | Média       |             |
|--|---|------------|---|------------------|------------|------------|-------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|  | Planta Mãe 2005                         |            |   | Planta Mãe 2005  |            |            |             | Planta Mãe 2005  |             |             |             | Geral       |             |
|  | Prot.                                   | NP Me      | NP ind.   | Prot.            | NP Me      | NP ind.    | Média MF    | Prot.            | NP Me       | NP ind.     | Média ME    | (MF + ME)   |             |
| Média  | 39,85                                   | 51,08      | 65,02   | 56,39            | 53,07      | 54,34      | 53,77       | 40,88            | 21,43       | 24,52       | 24,38       | 43,16       |             |
| D.P.   | 20,83                                   | 13,51      | 18,95   | 20,05            | 16,97      | 8,40       | 15,98       | 16,79            | 18,03       | 28,59       | 20,23       | 15,72       |             |
| N. Obs.                                      | 55                                      | 265        | 104   | 12               | 60         | 18         | 90          | 8                | 54          | 11          | 73          | 92          |             |
| Planta mãe 2005                              |   |            | Comparação de Médias pelo Teste <i>t</i> de student |                  |            |            |             |                  |             |             |             |             |             |
| Fenótipo MF 2006                             | Prot.                                   | ---        | -5,06<br>NS   | -7,68<br>NS      | ---        | 0,58<br>NS | 0,39<br>NS  | 0,52<br>NS       | 1,83<br>NS  | 5,99<br>**  | 3,15<br>**  | 5,11<br>**  | 2,67<br>*   |
|  | NPMe                                    |            | ---   | -7,92<br>NS      |            | ---        | -0,30<br>NS | -0,03<br>NS      | 1,92<br>NS  | 9,76<br>**  | 4,57<br>**  | 8,85<br>**  | 3,73<br>**  |
|  | NP ind.                                 |            |   | ---              |            |            | ---         | 0,15<br>NS       | 2,80<br>*   | 7,52<br>**  | 4,27<br>**  | 6,37<br>**  | 3,06<br>**  |
|  | Média MF                                |            |   |                  |            |            |             | ---              | 2,19<br>*   | 11,43<br>** | 5,21<br>**  | 10,61<br>** | 4,63<br>**  |
| Fenótipo ME 2006                             | Prot.                                   | ---        |   |                  |            |            |             |                  | ---         | 2,87<br>*   | 1,44<br>NS  | 2,22<br>NS  | -0,39<br>NS |
|  | NPMe                                    |            | ---   |                  |            |            |             |                  |             | ---         | -0,47<br>NS | -0,86<br>NS | -7,70<br>NS |
|  | NP ind.                                 |            |   | ---              |            |            |             |                  |             |             | ---         | 0,02<br>NS  | -3,37<br>NS |
|  | Média ME                                |            |   |                  |            |            |             |                  |             |             |             | ---         | -7,45<br>NS |
| IAPAR 54                                     | 2,83<br>NS                              | 2,75<br>NS | 0,49<br>NS  | 1,28<br>NS       | 1,94<br>NS | 3,45<br>** | 1,98<br>NS  | 3,27<br>*        | 5,30<br>**  | 3,07<br>*   | 4,40<br>**  | 3,36<br>**  |             |
| Média das testemunhas (todas as observações) | 7,75<br>**                              | 7,16<br>** | -1,79<br>NS   | 0,93<br>NS       | 3,58<br>** | 1,70<br>NS | 4,04<br>**  | 3,28<br>*        | 16,42<br>** | 6,70<br>**  | 17,03<br>** | 10,17<br>** |             |

\* \*significativo a 1%; \* significativo a 5%; NS: Não significativo; Prot: Protegido; NPMe: Não protegido com fenótipo macho-estéril; NP ind: Não protegido fenótipo indefinido.

Para as plantas, caracterizadas como de fenótipo macho-fértil e macho-estéril em 2006, observaram-se diferenças na produção de sementes entre as espigas protegidas, não protegidas com fenótipo macho-estéril e não protegidas com fenótipo indefinido. Para as plantas caracterizadas como de fenótipo macho-fértil em 2006, a fertilidade de espiga ficou em torno de 55%, e não foram observadas diferenças significativas entre os subgrupos formados pela classificação da planta-mãe em 2005, ou seja, espigas protegidas, NPMe e NP ind em 2005. Para as plantas classificadas como de fenótipo macho-estéril em 2006, foram observadas maiores variações de fertilidade de espigas entre subgrupos. A maior fertilidade foi verificada para as plantas de fenótipo macho-estéril derivadas de plantas protegidas em 2005 (40,88%), enquanto a menor fertilidade foi observada em plantas de fenótipo macho-estéril derivadas de plantas não-protegidas e de fenótipo macho-estéril em 2005 (21,43%), sendo que somente esses dois subgrupos mostraram diferenças significativas entre si. As demais comparações de fertilidade de espiga, entre subgrupos de plantas com fenótipo macho-estéril em 2006, não foram significativas (Tabela 8). De acordo com a classificação adotada na Tabela 4, os genótipos caracterizados como de fenótipo macho-fértil em 2006, obtiveram fertilidade entre 53,07 e 56,39%, sendo classificados como macho-férteis. Já para os genótipos macho-estéreis, a produção de sementes variou de 21,43 a 40,88%, sendo classificados como de macho-esterilidade intermediária a macho-fertilidade intermediária.

A fertilidade de espiga das plantas com fenótipo macho-fértil em 2006 foi significativamente maior que aquela apresentada pelas plantas de fenótipo macho-estéril, tanto na média geral dos grupos, como nas médias entre e dentro de subgrupos. Fez-se exceção a fertilidade das plantas com fenótipo macho-estéril em 2006, derivadas de espigas protegidas em 2005, que não diferiu da fertilidade das plantas de fenótipo macho-fértil, em 2006, derivadas de espigas protegidas e de plantas não protegidas e de fenótipo macho-estéril em 2005 (NPMe) (Tabela 8).

A fertilidade de espiga do cultivar IAPAR 54 não diferiu da fertilidade das plantas com fenótipo macho-fértil em 2006, com exceção daquelas derivadas de plantas não protegidas e com fenótipo macho-estéril indefinido em 2005. Enquanto a fertilidade média da IAPAR 54 foi significativamente superior à fertilidade das plantas com fenótipo macho-estéril em 2006, assim como foi superior a média geral de fertilidade de espiga da população macho-estéril (Tabela 8). É importante ressaltar que a significância das diferenças, medidas pelo teste *T* de Student, dependem do número de observações e dos desvios padrões, sendo que o número pequeno de observações e desvios padrões elevados não permitem detectar diferenças de médias como significativas, mesmos quando os valores observados são muito diferentes.

Comparando-se a fertilidade média dos cultivares testemunhas com a fertilidade da população macho-estéril, é possível observar que, na média, as testemunhas apresentam maior fertilidade que as plantas com fenótipo macho-estéril em 2006. Já a comparação da média da fertilidade das testemunhas com as plantas com fenótipo macho-fértil em 2006 revela que as testemunhas foram mais férteis do que a média das plantas macho-férteis em 2006, porém quando analisados os seus subgrupos, as testemunhas foram mais férteis apenas que as plantas de fenótipo macho-fértil derivadas de plantas não protegidas de fenótipo macho-estéril em 2005 (Tabela 8).

Foram realizadas análises de correlação de Pearson entre a percentagem de semente/flor (fertilidade observada para as linhagens da população macho-estéril) e a fertilidade da respectiva planta-mãe ou espiga-mãe, selecionada em 2005, que deu origem a cada linhagem avaliada em 2006, cujos resultados são apresentados na (Tabela 9). A correlação entre a fertilidade média geral das plantas em 2006 com a fertilidade média geral das plantas-mãe, em 2005, foi positiva e significativa, embora de baixo valor (0,27), apontando para a tendência de que plantas com maior fertilidade em 2005 produziram progênie de maior fertilidade em 2006, embora essa associação seja tênue. Quando as

médias gerais de fertilidade são analisadas os grupos de plantas com fenótipo macho-fértil e macho-estéril em 2006, nota-se que não há qualquer associação entre a fertilidade de espigas de plantas com fenótipo macho-estéril em 2006 e a fertilidade das suas plantas-mãe, em 2005. Por outro lado, a média geral de fertilidade de espiga para as plantas com fenótipo macho-fértil em 2006 foi similar a da média geral da população, ou seja, 0,278, mostrando que a fertilidade das plantas com fenótipo macho-fértil em 2006 foi em algum grau associado com a fertilidade das suas plantas-mãe (Tabela 9).

Analisando-se as correlações de fertilidade de espiga dentro dos subgrupos de plantas-mãe de 2005, pode ser notado que não houve associação significativa entre a fertilidade das espigas protegidas em 2005 e suas progênes em 2006; sendo provável que a falta de correlação significativa para esse subgrupo deva-se ao pequeno número de espigas protegidas em 2005. Já a fertilidade de espigas das plantas-mãe não protegidas e com fenótipo macho-estéril, em 2005, foi correlacionada positiva e significativamente (0,297) apenas com as progênes de fenótipo macho-fértil em 2006. Surpreendentemente, a fertilidade de espiga das plantas não protegidas e de fenótipo indefinido em 2005 apresentaram correlação negativa elevada e significativa (-0,719) com a fertilidade das suas progênes de fenótipo macho-estéril em 2006 (Tabela 9). A interpretação da causa desse último resultado é difícil, porém pode estar indicando que o a expressão do fenótipo macho-estéril, e da fertilidade de espiga de plantas com fenótipo macho-estéril, não depende diretamente do fenótipo da planta-mãe que lhe deu origem.

O total de 49 linhagens de triticales, da população macho-estéril, que apresentavam fenótipo macho-fértil e alta uniformidade foi testado quanto ao desempenho do rendimento de grãos entre 2005 e 2007 na EEA/UFRGS. Dessas, nove linhagens foram testadas durante os três anos e os resultados do rendimento de grãos dos genótipos e das testemunhas, incluindo o cultivar IAPAR 54, são apresentados na Tabela 10.

TABELA 9. Correlações entre a percentagem de semente por flor produzidas por plantas macho-estéreis e macho-férteis em 2006 de acordo com a classificação de macho-esterilidade e tipo de proteção contra a fecundação cruzada da planta-mãe ou da espiga utilizada para semear cada linha de plantas em 2006. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Espiga ou planta de 2005 que deu origem as plantas de 2006   |                                    |           | 2006                       |      |       |        |                             |      |       |        |                        |      |       |
|--|------------------------------------|-----------|----------------------------|------|-------|--------|-----------------------------|------|-------|--------|------------------------|------|-------|
|  |                                    |           | Plantas Macho-Férteis (MF) |      |       |        | Plantas Macho-Estéreis (ME) |      |       |        | Média Geral (MF + ME)  |      |       |
|  |                                    |           | Espiga/Planta-Mãe 2005     |      | Geral |        | Espiga/Planta-Mãe 2005      |      | Geral |        | Espiga/Planta-Mãe 2005 |      | Geral |
|  |                                    |           | Proteg.                    | NPMe | NPInd | MF     | Proteg.                     | NPMe | NPInd | ME     | Proteg.                | NPMe | NPInd |
| 2005   | Protegida (Proteg)                 | corr.     | 0,403                      |      |       |        | 0,529                       |      |       |        | 0,509                  |      |       |
|  |                                    | Prob.     | 0,194                      |      |       |        | 0,177                       |      |       |        | 0,076                  |      |       |
|  |                                    | N.Observ. | 12                         |      |       |        | 8                           |      |       |        | 13                     |      |       |
|  | Não-Protegida Macho-Estéril (NPMe) | corr.     | 0,297                      |      |       |        | 0,140                       |      |       |        | 0,221                  |      |       |
| Prob.  |                                    | 0,021     |                            |      |       | 0,313  |                             |      |       | 0,087  |                        |      |       |
| N.Observ.  |                                    | 60        |                            |      |       | 54     |                             |      |       | 61     |                        |      |       |
| Não-Protegida Fenótipo Macho-Esterilidade Indefinido (NPInd) | corr.                              | 0,40      |                            |      |       | -0,719 |                             |      |       | -0,059 |                        |      |       |
|  | Prob.                              | 0,10      |                            |      |       | 0,013  |                             |      |       | 0,817  |                        |      |       |
|  | N.Observ.                          | 18        |                            |      |       | 11     |                             |      |       | 18     |                        |      |       |
| Proteg + NPMe + NPInd  | corr.                              | 0,278     |                            |      |       | -0,023 |                             |      |       | 0,271  |                        |      |       |
|  | Prob.                              | 0,008     |                            |      |       | 0,846  |                             |      |       | 0,009  |                        |      |       |
|  | N.Observ.                          | 90        |                            |      |       | 73     |                             |      |       | 92     |                        |      |       |

Proteg = Protegida; NP Me = Não protegida com fenótipo macho-estéril; NP Ind = Não protegida com fenótipo indefinido; Corr = valor da correlação; Prob = probabilidade; N. Observ = número de observações; MF = macho-fértil; ME = macho-estéril.

TABELA 10. Análise conjunta do rendimento de grãos de linhagens derivadas da população macho estéril e de cultivares testemunhas testadas por três anos em Ensaios de Rendimento de Grãos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Genótipo                 | ANO                 |         |         | Média   | Média    | % Rend                | % Rend               |
|--------------------------|---------------------|---------|---------|---------|----------|-----------------------|----------------------|
|                          | 2005                | 2006    | 2007    | 06-07   | 05-07    | Melhor T <sup>‡</sup> | Média T <sup>†</sup> |
| BRS 148                  | 2410 e <sup>§</sup> | 2202 b  | 2035 c  | 2091 c  | 2197 f   | 78,3                  | 87,8                 |
| CEP28 - Guará            | 3284 cd             | 2492 ab | 2608 ab | 2569 ab | 2807 de  | 100,0                 | 112,2                |
| IAPAR 54                 | -----               | 2792 ab | 2778 a  | 2782 a  | ----     | ----                  | ----                 |
| Média Test.              | 2566                | 2373    | 2357    | 2481    | 2502     | 89,1                  | 100,0                |
| URSTc0406-2              | 3153 cd             | 2553 ab | 2245 bc | 2399 bc | 2651 e   | 94,4                  | 105,9                |
| URSTc0407-2              | 3266 cd             | 2919 ab | 2703 ab | 2811 a  | 2962 cd  | 105,5                 | 118,4                |
| URSTc0407-4              | 2872 de             | 3128 ab | 2735 ab | 2931 a  | 2911 cde | 103,7                 | 116,3                |
| URSTc0407-7              | 3186 cd             | 3166 a  | 2773 a  | 2969 a  | 3041 bcd | 108,3                 | 121,5                |
| URSTc0433-2              | 4134 ab             | 2935 a  | 2870 a  | 2903 a  | 3313 ab  | 118,0                 | 132,4                |
| URSTc0435-6              | 4303 a              | 2923 a  | 2945 a  | 2934 a  | 3390 a   | 120,8                 | 135,5                |
| URSTc0436-3              | 4033 ab             | 2602 a  | 2823 a  | 2712 ab | 3152 abc | 112,3                 | 126,0                |
| URSTc0438-2              | 3678 bc             | 2872 a  | 2920 a  | 2896 a  | 3157 abc | 112,4                 | 126,1                |
| URSTc0444-3              | 4282 a              | 2854 a  | 2975 a  | 2915 a  | 3370 a   | 120,0                 | 134,1                |
| Média Linha              | 3656                | 2883    | 2776    | 2830    | 3019     | 110,6                 | 124,1                |
| Média geral              | 3541                | 2828    | 2701    | 2743    | 2739     | 107,2                 | 120,7                |
| Coefficiente de variação | 9,90                | 19,16   | 11,74   |         | 11,22    |                       |                      |

<sup>§</sup>Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de comparação de médias de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade

\* Médias ajustadas dessas linhagens diferem da média ajustada da testemunha IAPAR 54, na análise conjunta, pelo teste t ajustado, ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>‡</sup> rendimento de grãos relativo ao desempenho da melhor testemunha, em percentagem.

<sup>†</sup> rendimento de grãos relativo ao desempenho médio das testemunhas, em percentagem.

Para as linhagens testadas nos ensaios de rendimento no ano de 2005, observou-se que algumas linhagens apresentaram rendimento superior ao apresentado pela melhor testemunha conduzida, ou seja, o cultivar CEP 28 – Guará. Nos anos de 2006 e 2007 também foi utilizado como testemunha o cultivar IAPAR 54, sendo observado que praticamente todas as linhagens apresentaram rendimento de grãos equivalente às duas melhores testemunhas conduzidas nos dois anos de ensaios (CEP 28 – Guará e IAPAR 54). Quando são comparadas as médias de rendimento de grãos, observados entre os anos de



2005 e 2007, é possível observar que cinco, das nove linhagens, foram superiores as duas testemunhas utilizadas nos três anos de ensaio (BRS 148 e CEP 28 – Guará). Por outro lado, nenhuma linhagem foi superior à testemunha IAPAR 54, na média dos anos de 2006 e 2007. Quando as linhagens foram comparadas, através do rendimento de grãos médio, dos anos de 2005, 2006 e 2007, relativo ao desempenho da melhor testemunha (CEP 28 – Guará), em percentagem, apenas uma das linhagens apresentou valor inferior à melhor testemunha, enquanto as demais apresentaram rendimento de grãos entre 3,7% a 20,8% superior à melhor testemunha (Tabela 10).

Para a caracterização fenotípica da macho-esterilidade, foram realizadas anotações do fenótipo que as plantas apresentavam durante o estágio de antese, no inverno de 2006. Esta avaliação também foi feita na população segregante conduzida em ambiente telado no verão/outono de 2007, bem como nos genótipos estabelecidos a campo no inverno de 2007. Para as plantas conduzidas em telado em 2007, poucas apresentavam o fenótipo de macho-esterilidade, porém após intensas geadas ocorridas no local, a esterilidade foi observada na maioria dos genótipos. Com isso, pode-se dizer que o ambiente tem grande influência sobre a manifestação do caráter da esterilidade. Outra observação feita, no ambiente telado em 2007, foi que uma planta apresentava a primeira espiga com fenótipo macho-estéril, enquanto as demais espigas (duas) apresentavam fenótipo macho-fértil. Esta planta, após a maturação fisiológica, foi cuidadosamente arrancada do solo e constatou tratar-se de apenas uma planta, descartando a hipótese de implantação de duas sementes distintas na mesma superfície. A campo, em 2007, novamente esta observação foi feita e algumas plantas que apresentaram o fenótipo macho-estéril em uma das espigas e fenótipo macho-fértil nas demais, sendo marcadas com fita. Seu desenvolvimento foi acompanhado e não foi observada mudança de fenótipo das espigas, ficando evidenciado que o ambiente exerce forte influência sobre o fenótipo de macho-esterilidade na população conduzida neste estudo.

Os resultados obtidos através da avaliação fenotípica da macho-esterilidade a campo nos anos de 2006 e 2007 e a segregação desta característica nos genótipos de acordo com a nomenclatura adotada no ano de 2005 podem ser observados na Tabela 11. Ocorreu segregação para o fenótipo de macho-esterilidade nos dois anos, sendo que tanto as plantas que mostraram fenótipo macho-fértil como aquelas que apresentaram fenótipomacho-estéril em 2006 segregaram para o fenótipo de macho-fertilidade em 2007. O fato de que desde 2001 terem sido observados uma proporção, mais ou menos elevada, de plantas com fenótipo macho-estéril, indica que a ocorrência do fenótipo de macho-esterilidade não foi um fato isolado, mas é herdável, embora o ambiente pareça ter influência relativamente grande na expressão desse fenótipo. De modo geral, foi observada uma redução na proporção de plantas com fenótipo macho-estéril em 2007, em relação ao ano de 2006 (Tabela 11). Uma das possíveis causas dessa mudança pode ter sido o fato das plantas terem sido protegidas contra a fecundação cruzada e ter havido seleção para maior fertilidade do pólen, devido ao ambiente estressante para polinização que ocorre dentro do saco de papel-manteiga, utilizado para proteção das espigas contra a fecundação cruzada. Por outro lado, as progênies das plantas que apresentaram fenótipo macho-estéril em 2006 mostraram maior proporção de plantas com fenótipo macho-estéril, do que as progênies de plantas com fenótipo macho-fértil em 2006 (Tabela 11). Esta observação evidencia ainda mais que o fenótipo macho-estéril é herdável.

Também foram realizadas análises de correlação, entre a fertilidade (semente/flor) da espiga protegida em 2006 e a proporção de plantas macho-estéreis na progênie, avaliada em 2007, de cada planta que deu origem a uma nova parcela de plantas no ano de 2007 (Tabela 12). Nenhuma correlação foi significativa, provavelmente devido ao pequeno número de progênies avançadas no ano de 2007. Por outro lado, a correlação entre a fertilidade de plantas com fenótipo macho-estéril em 2006, e derivadas de plantas macho-estéreis em 2005, teve significância marginal (0,076) e valor de -0,386, considerando-se o

TABELA 11. Proporção de plantas com fenótipo macho-fértil e macho-estéril na população macho-fértil conduzida a campo nos anos de 2006 e 2007, de acordo com a classificação da planta selecionada em 2005. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Ano  | População Macho-Estéril |       |       |       |             |       |       |       |                |       |       |       |       |       |       |       |            |       |  |
|------|-------------------------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|--|
|      | Protegidos (2005)       |       |       |       | NPMe (2005) |       |       |       | NP ind. (2005) |       |       |       | Média |       |       |       | Média 2007 |       |  |
|      | MF                      | ME    |       |       | MF          | ME    |       |       | MF             | ME    |       |       | MF    | ME    |       |       | MF         | ME    |  |
| 2006 |                         |       |       |       |             |       |       |       |                |       |       |       |       |       |       |       |            |       |  |
|      | 54,94                   | 45,06 |       |       | 55,17       | 44,83 |       |       | 81,40          | 18,60 |       |       | 60,10 | 39,90 |       |       |            |       |  |
| 2007 | MF                      | ME    | MF    | ME    | MF          | ME    | MF    | ME    | MF             | ME    | MF    | ME    | MF    | ME    | MF    | ME    | MF         | ME    |  |
|      | 86,45                   | 13,58 | 60,72 | 39,28 | 72,06       | 27,92 | 68,94 | 31,06 | 76,96          | 23,02 | 61,04 | 38,96 | 78,49 | 21,51 | 63,57 | 36,43 | 71,03      | 28,97 |  |

NPMe = Não protegida com fenótipo macho-estéril; NP Ind = Não protegida com fenótipo indefinido; MF = macho-fértil; ME = macho-estéril.

nível de significância de 5% de probabilidade. Esse resultado indica que quanto menor a fertilidade de espiga da planta com fenótipo macho-estéril, em 2006, maior a probabilidade de a sua progênie apresentar fenótipo macho-estéril em 2007. Tendência semelhante foi verificada para as demais progênies de 2007 derivadas de plantas com fenótipo macho-estéril em 2006, embora sem haver significância das correlações (Tabela 12).

TABELA 12. Correlação entre a fertilidade de espiga em 2006 e a percentagem de plantas com fenótipo macho-estéril das progênies em 2007. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| % sementes/flores | População Macho-Estéril em 2006 |        |         |                    |        |         |
|-------------------|---------------------------------|--------|---------|--------------------|--------|---------|
|                   | 2006 MF                         |        |         | 2006 ME            |        |         |
|                   | Classificação 2005              |        |         | Classificação 2005 |        |         |
|                   | Protegidos                      | NPMe   | NP ind. | Protegidos         | NPMe   | NP ind. |
| Corr.             | --                              | 0.0033 | 0.604   | -0.587             | -0.386 | -0.265  |
| Prob.             | --                              | 0.991  | 0.203   | 0.220              | 0.076  | 0.489   |
| N° Obs.           | --                              | 14     | 6       | 6                  | 23     | 9       |

NPMe = Não protegidos com fenótipo macho-estéril; NP ind = Não protegidos com fenótipo indefinido; Corr= Valor da correlação; P= Probabilidade; N°O= Número de observações; MF= Macho-fértil; ME= Macho-estéril.

## 4.2. Análises citogenéticas

As análises citogenéticas foram realizadas com o material oriundo de espigas protegidas da população macho-estéril, sementes das populações F<sub>2</sub>, retrocruzamentos e cultivares testemunhas implantadas a campo em 2007.

### 4.2.1. Análises citogenéticas das testemunhas

Análises meióticas foram realizadas em espigas de plantas testemunhas, onde as células que apresentavam divisão regular foram consideradas normais e as células que apresentavam alterações, como presença de pontes, cromossomos ou cromátides retardatárias foram consideradas irregulares. O número cromossômico observado nos cultivares testemunhas foi de 2n=42. Os resultados obtidos na análise meiótica podem ser vistos na Tabela 13, onde foram identificadas diversas anormalidades. Para as testemunhas

da primeira semeadura foi observado que o cultivar BRS 203 apresentou a maior proporção de células normais (65,08%), enquanto o cultivar BRS 148 apresentou a menor proporção de células normais (31,33%). Para as testemunhas do segundo plantio foi verificado que o cultivar CEP 28 - Guará apresentou a maior proporção de células normais (65,25%) e o cultivar IPR 111 apresentou a menor proporção (43,11%).

Quando foram avaliadas a média das testemunhas entre as duas épocas de semeadura, o cultivar que apresentou maior percentagem de células normais foi o cultivar CEP 28 – Guará, com 61,14%, e o menor valor foi obtido com o cultivar BR 4, com 40,80%.

Com relação ao índice meiótico das testemunhas, as plantas foram avaliadas individualmente, sendo analisadas duas lâminas por indivíduo. Para as testemunhas da primeira semeadura, o maior índice meiótico foi observado no cultivar BRS Minotauro com 79,30%, enquanto o menor índice meiótico foi observado no cultivar IAPAR 54 com 45,45%. Para as testemunhas da segunda semeadura, foi observado que o cultivar IPR 111 apresentou o maior índice com 69,33%, enquanto o mais baixo valor foi observado no cultivar IAPAR 54 com 50,68%. Quando as avaliações do índice meiótico são feitas na média das duas épocas de semeadura, pode-se observar que o cultivar BRS 203 apresentou melhor índice meiótico, com 72,78%, e o cultivar IAPAR 54 apresentou o menor valor, com 48,06% (Tabela 13).

A estimativa da viabilidade dos grãos de pólen também foi realizada para as testemunhas e demais genótipos. Para as testemunhas de primeira semeadura a maior proporção de grãos de pólen viáveis foi observada no cultivar Embrapa 53, com 98,67%, enquanto a menor percentagem foi obtida no cultivar CEP 28 – Guará, com 81,82% (Tabela 13). Para as testemunhas de segunda época de semeadura, o maior percentual de grãos de pólen viáveis foi verificado no cultivar Embrapa 53 (96,36%), enquanto o menor

TABELA 13. Análise meiótica viabilidade dos grãos de pólen dos cultivares testemunhas de Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Genótipo       | Sem | Diacinese | Metáfase<br>I | Anáfase<br>I | Telófase<br>I | Metáfase<br>II | Anáfase<br>II | Telófase<br>II | N. total<br>Células | % cel.<br>Normais | IM<br>(%) | %<br>Pólen<br>viável |
|----------------|-----|-----------|---------------|--------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------------|-------------------|-----------|----------------------|
| Triticale BR 4 | 1   | 2(2)      | 10(15)        | 58(60)       | 54(116)       | 1(4)           | 2(8)          | 18(36)         | 145(241)            | 37,56             | 51,74     | 86,84                |
|                | 2   | 0(0)      | 3(5)          | 14(12)1*     | 42(54)        | 3(2)           | 4(10)         | 8(10)          | 74(94)              | 44,05             | 54,04     | 83,81                |
| Embrapa 53     | 1   | 0(0)      | 1(3)          | 2(7)         | 14(16)        | 19(15)         | 17(22)        | 36(40)         | 89(103)             | 46,35             | 63,99     | 98,67                |
|                | 2   | 0(0)      | 0(0)          | 6(8)         | 12(12)        | 14(14)         | 14(26)        | 104(91)        | 150(151)            | 49,83             | 55,72     | 96,36                |
| BRS 148        | 1   | 0(0)      | 0(6)          | 4(9)         | 7(23)         | 8(16)          | 23(49)        | 36(68)         | 78(171)             | 31,33             | 77,18     | 93,07                |
|                | 2   | 0(0)      | 16(14)        | 48(46)1*     | 88(24)        | 6(18)          | 6(8)          | 55(23)         | 219(133)            | 62,22             | 60,89     | 92,56                |
| BRS 203        | 1   | 1(2)      | 2(6)          | 54(10)       | 14(11)        | 12(7)          | 30(16)        | 10(14)         | 123(66)             | 65,08             | 77,20     | 94,86                |
|                | 2   | 2(0)      | 8(7)          | 30(14)       | 17(20)        | 9(7)           | 30(21)        | 23(28)         | 119(97)             | 55,09             | 68,37     | 94,68                |
| BRS Minotauro  | 1   | 0(3)      | 1(6)          | 20(8)1*      | 20(6)         | 2(1)           | 8(4)          | 10(7)          | 61(36)              | 62,89             | 79,30     | 97,24                |
|                | 2   | 0(0)      | 2(0)          | 4(8)         | 16(20)        | 12(14)         | 22(26)        | 52(70)         | 108(138)            | 43,90             | 53,82     | 95,40                |
| CEP 28 - Guará | 1   | 1(0)      | 1(2)          | 14(8)        | 23(15)        | 9(5)           | 17(21)        | 12(7)          | 77(58)              | 57,04             | 77,16     | 81,82                |
|                | 2   | 1(2)      | 1(10)         | 58(30)       | 16(8)         | 6(4)           | 8(3)          | 4(0)           | 94(57)              | 65,25             | 66,51     | 80,03                |

... continuação.

TABELA 13. Análise meiótica viabilidade dos grãos de pólen dos cultivares testemunhas de Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Genótipo             | Sem | Diacinese | Metáfase<br>I | Anáfase<br>I | Telófase<br>I | Metáfase<br>II | Anáfase<br>II | Telófase<br>II | N. total<br>Células | %<br>células<br>Normais | IM<br>(%) | % Pólen<br>viável |
|----------------------|-----|-----------|---------------|--------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------------|-------------------------|-----------|-------------------|
| Fundacep 48          | 1   | 0(0)      | 1(2)          | 4(2)         | 22(8)         | 12(10)         | 47(32)        | 60(26)         | 146(80)             | 64,60                   | 76,06     | 95,21             |
|                      | 2   | 3(1)      | 1(8)          | 6(5)         | 19(13)        | 20(16)         | 36(29)        | 40(34)         | 125(106)            | 54,11                   | 67,28     | 96,03             |
| IAPAR 23-<br>Arapoti | 1   |           |               |              |               |                |               |                |                     | 48,75                   | 51,12     | 91,32             |
|                      | 2   | 1(0)      | 3(1)          | 12(10)       | 6(7)          | 3(5)           | 4(6)          | 10(12)         | 39(41)              |                         |           |                   |
| IAPAR 38-<br>Araruna | 1   | 0(0)      | 1(0)          | 14(9)        | 20(8)         | 4(6)           | 12(8)         | 10(5)          | 61(36)              | 62,89                   | 51,20     | 95,60             |
|                      | 2   | 0(0)      | 1(3)          | 4(6)         | 15(11)        | 9(10)          | 14(17)        | 35(28)         | 78(75)              | 50,98                   | 52,63     | 90,50             |
| IAPAR 54             | 1   | 2(3)      | 11(17)        | 76(70)1*     | 64(48)        | 10(8)          | 12(6)         | 3(3)           | 178(156)            | 53,29                   | 45,45     | 91,90             |
|                      | 2   | 0(0)      | 2(5)          | 23(18)       | 38(35)        | 17(12)         | 20(16)        | 9(10)          | 109(96)             | 53,17                   | 50,68     | 90,69             |
| IPR 111              | 1   | 2(2)      | 7(5)          | 8(6)         | 16(4)         | 1(4)           | 12(18)        | 40(48)         | 86(87)              | 49,71                   | 64,09     | 86,36             |
|                      | 2   | 0(0)      | 3(6)          | 16(52)       | 94(96)        | 5(12)          | 16(20)        | 10(4)          | 144(190)            | 43,11                   | 69,33     | 85,46             |
| Média Geral          | 1   |           |               |              |               |                |               |                |                     | 52,68                   | 64,95     | 92,08             |
| Média Geral          | 2   |           |               |              |               |                |               |                |                     | 52,23                   | 58,24     | 91,07             |

Sem. = Semeadura; 1= primeira semeadura; 2 = segunda semeadura; ( ) = Células com algum tipo de irregularidade; \* = Número de pontes registradas.

percentual foi obtido no cultivar CEP 28 - Guará (80,03%). O cultivar IAPAR 54 mostrou proporção de pólen viável similar à média de todos os genótipos, tanto na primeira como na segunda época de semeadura, apresentando valores entre 91 e 92% de pólen viável. Analisando-se a média da viabilidade dos grãos nas duas épocas de semeadura, a maior percentagem de pólen viável foi observada no cultivar Embrapa 53 (97,51%), enquanto a menor proporção foi encontrada em CEP 28 – Guará (80,92%). A viabilidade dos grãos de pólen não apresentou variação entre as épocas de semeadura, sendo que na média das duas épocas alguns cultivares apresentaram menores valores de viabilidade sendo estas: Triticale BR 4, CEP 28 - Guará, e IPR 111, apresentando índices de viabilidade inferiores a 90%, enquanto os melhores genótipos, que apresentaram valores médios de fertilidade acima de 90%, sendo elas: Embrapa 53, BRS 148, BRS 203, BRS Minotauro, Fundacep 48, IAPAR 38 - Araruna e IAPAR 54 (Tabela 13).

De maneira geral, os melhores resultados de percentagem de células normais, índice meiótico e viabilidade dos grãos de pólen, foram obtidos nos cultivares testemunhas da primeira época de semeadura. Esse resultado deve estar associado às condições ambientais mais favoráveis na primeira época de semeadura, quando comparado com o segundo plantio, que foi realizado cerca de trinta dias mais tarde, indicando o efeito do ambiente sobre a viabilidade do pólen.

#### **4.2.2. Análises citogenéticas da população macho-estéril**

Genótipos da população macho-estéril conduzidos em 2006 e que mantiveram suas espigas protegidas até a maturação dos grãos, foram selecionados para implantação a campo em 2007. No estágio de antese foram avaliados conforme o fenótipo de macho-esterilidade ou macho-fertilidade apresentado. Das 611 plantas estabelecidas em 2007, 177 plantas, apresentaram o fenótipo de macho-esterilidade, ou seja, 28,97% (Tabela 11).



O número cromossômico observado nos genótipos foi de  $2n=42$  e os resultados obtidos na avaliação das fases da meiose podem ser observados na Tabela 14. Nas plantas avaliadas, em algumas células em diacinese e/ou metáfases I foram observadas configurações cromossômicas, porém para a grande maioria, devido à sobreposição dos cromossomos, não foi possível realizar a identificação. Diversas anormalidades foram observadas, como univalentes e sobreposição de cromossomos (Figura 6a, 6b e 6c). Nas demais fases da meiose foram observadas, além de células normais, várias irregularidades como, presença de ponte cromossômica (Figura 6d), univalentes e células com cromossomos retardatários (Figura 6d, 6e, 6f, 6g e 6h).

A média geral de células normais na meiose para os genótipos da população macho-fértil foi de 35,97%. Quando estes genótipos foram divididos em grupos, conforme o fenótipo de macho-esterilidade em 2006, a média foi de 37,40% de células normais para as progênes derivadas de plantas com fenótipo macho-fértil em 2006. Já as progênes derivadas de plantas com fenótipo macho-estéril em 2006 mostraram 34,64% de células normais na meiose (Tabela 14). Considerando-se os subgrupos das progênes derivadas de plantas com fenótipo macho-fértil, em 2006, a maior percentagem de células normais (47,89%) foi obtida no subgrupo caracterizado por apresentar fertilidade de espiga entre 66-100%. Já a menor percentagem de células normais (26,61%) foi observada no subgrupo com fertilidade de espiga entre 26-45%. Na análise meiótica das progênes derivadas de plantas com fenótipo macho-estéril, em 2006, observou-se que a maior percentagem de células normais (47,29%) foi obtida no subgrupo cuja fertilidade de espiga foi caracterizada entre 66-100%, e a menor percentagem de células normais (29,03%) foi obtida no subgrupo com fertilidade de espiga entre 1-10% (Tabela 14).

Foram observadas diversas irregularidades em todas as fases do processo meiótico de triticale e estas tiveram conseqüências diretas na formação irregular das tétrades e do

TABELA 14. Análises meióticas viabilidade dos grãos de pólen das progênes da população macho-estéril que apresentaram fenótipo macho-fértil em 2006. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Fenótipo 2006 | % fertilidade espiga | Fenótipo" 05/07 | N. | Diacinese | Metáfase I | Anáfase I | Telófase I | Metáfase II | Anáfase II | Telófase II | N.Total Células | % Células Normais | N. | I.M. (%) | N. | % Pólen Viável |
|---------------|----------------------|-----------------|----|-----------|------------|-----------|------------|-------------|------------|-------------|-----------------|-------------------|----|----------|----|----------------|
| Fen. MF 1     | 0                    | NPMe/F          | 2  | 1(2)      | 14(20)     | 56(54)1*  | 22(32)     | 11(22)      | 4(15)      | 12(23)      | 289             | 41,52             | 3  | 36,57    | 2  | 50,70          |
| Fen. MF 1     | 0                    | NPMe/E          | -  | -         | -          | -         | -          | -           | -          | -           | -               | -                 | -  | -        | 2  | 20,16          |
| Fen. MF 3     | 11-25                | NPMe/E          | 1  | 3(3)      | 14(34)     | 9(15)     | 3(7)       | 1(13)       | 2(8)       | 9(8)        | 129             | 31,78             | 1  | 42,75    | 1  | 84,14          |
| Fen. MF 3     | 11-25                | NPMe/F          | 1  | 0(2)      | 7(26)      | 19(33)    | 22(14)     | 13(11)      | 6(12)      | 15(22)      | 202             | 40,59             | 1  | 71,90    | -  | -              |
| Fen. MF 4     | 26-45                | NPMe/E          | 1  | 0(3)      | 5(6)       | 6(38)4*   | 26(47)     | 5(21)       | 2(8)       | 14(33)      | 218             | 26,61             | 1  | 31,70    | 3  | 32,25          |
| Fen. MF 4     | 26-45                | NPind/F         | 1  | 0(0)      | 6(4)       | 7(16)     | 20(41)     | 4(9)        | 0(4)       | 5(12)       | 128             | 32,81             | -  | -        | -  | -              |
| Fen. MF 5     | 46-65                | NPind/E         | 2  | 0(1)      | 3(12)      | 28(88)6*  | 33(83)     | 3(9)        | 63(72)     | 54(74)      | 529             | 34,78             | 2  | 67,22    | -  | -              |
| Fen. MF 5     | 46-65                | NPMe/F          | 2  | 1(5)      | 5(16)      | 18(35)    | 40(65)     | 13(21)      | 34(48)     | 41(53)      | 395             | 38,48             | 2  | 49,58    | -  | -              |
| Fen. MF 6     | 66-100               | P/F             | 3  | 0(1)      | 5(31)      | 9(51)     | 30(35)     | 40(66)      | 11(27)     | 143(134)    | 583             | 40,82             | 1  | 71,99    | -  | -              |
| Fen. MF 6     | 66-100               | P/E             | 1  | 2(1)      | 8(3)       | 24(30)    | 48(56)     | 14(9)       | 17(22)     | 12(15)      | 261             | 47,89             | 1  | 42,41    | -  | -              |
| Fen. MF 6     | 66-100               | NPMe/E          | -  | -         | -          | -         | -          | -           | -          | -           | -               | -                 | -  | -        | 2  | 1,08           |
| Média MF      |                      |                 |    |           |            |           |            |             |            |             |                 | 37,40             | -  | 47,70    | -  | 32,48          |

... Continuação.

TABELA 14. Análises meióticas e da viabilidade dos grãos de pólen das progênes da população macho-estéril que apresentaram fenótipo macho-estéril em 2006. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Fenótipo 2006 | % fértil. espiga | Fenótipo" 05/07 | N. | Diacinese | Metáfase I | Anáfase I | Telófase I | Metáfase II | Anáfase II | Telófase II | N.Total Células | % Células Normais | N. | I.M. (%) | N.    | % Pólen Viável |   |
|---------------|------------------|-----------------|----|-----------|------------|-----------|------------|-------------|------------|-------------|-----------------|-------------------|----|----------|-------|----------------|---|
| Fen. ME 1     | 0                | NPMe/F          | 7  | 3(7)      | 17(44)1*   | 68(283)   | 151(248)   | 88(74)      | 95(131)    | 132(110)    | 1452            | 38,48             | 7  | 36,56    | 3     | 47,71          |   |
| Fen. ME 1     | 0                | P/E             | -  | -         | -          | -         | -          | -           | -          | -           | -               | -                 | -  | -        | 1     | 52,30          |   |
| Fen. ME 1     | 0                | P/F             | -  | -         | -          | -         | -          | -           | -          | -           | -               | -                 | -  | -        | 3     | 49,99          |   |
| Fen. ME 2     | 1-10             | P/E             | 1  | 2(5)      | 13(26)     | 4(12)     | 6(6)       | 1(12)       | 1(5)       | 0(0)        | 93              | 29,03             | 1  | 30,10    | 1     | 0              |   |
| Fen. ME 2     | 1-10             | NPind/E         | 1  | 0(0)      | 3(4)       | 13(28)    | 4(6)       | 13(16)      | 24(64)     | 12(16)      | 203             | 33,99             | 1  | 43,21    | -     | -              |   |
| Fen. ME 3     | 11-25            | NPMe/F          | 1  | 0(0)      | 0(0)       | 8(22)     | 9(14)      | 4(11)       | 18(26)     | 10(42)      | 164             | 29,88             | 1  | 20,95    | -     | -              |   |
| Fen. ME 3     | 11-25            | NPMe/E          | -  | -         | -          | -         | -          | -           | -          | -           | -               | -                 | -  | -        | 4     | 55,22          |   |
| Fen. ME 3     | 11-25            | NPind/E         | -  | -         | -          | -         | -          | -           | -          | -           | -               | -                 | -  | -        | 3     | 19,75          |   |
| Fen. ME 4     | 26-45            | NPMe/F          | 2  | 0(3)      | 7(10)      | 17(69)6*  | 37(67)     | 19(37)      | 14(15)     | 21(40)      | 362             | 31,77             | 1  | 47,45    | 1     | 94,88          |   |
| Fen. ME 4     | 26-45            | NPMe/E          | -  | -         | -          | -         | -          | -           | -          | -           | -               | -                 | -  | -        | 1     | 19,40          |   |
| Fen. ME 6     | 66-100           | NPind/F         | 2  | 6(6)      | 11(50)     | 54(93)    | 98(86)     | 15(31)      | 12(21)     | 16(40)      | 539             | 39,33             | -  | -        | -     | -              |   |
| Fen. ME 6     | 66-100           | P/F             | 1  | 6(2)      | 5(16)      | 6(14)     | 59(32)     | 2(7)        | 8(12)      | 36(53)      | 258             | 47,29             | 6  | 59,10    | 1     | 74,36          |   |
| Fen. ME 6     | 66-100           | P/E             | -  | -         | -          | -         | -          | -           | -          | -           | -               | -                 | -  | -        | 1     | 71,10          |   |
| Fen. ME 6     | 66-100           | NPind/E         | -  | -         | -          | -         | -          | -           | -          | -           | -               | -                 | -  | 2        | 58,20 | -              | - |
| Média ME      |                  |                 |    |           |            |           |            |             |            |             |                 | 34,64             | -  | 43,21    | -     | 46,60          |   |
| Média Geral   |                  |                 |    |           |            |           |            |             |            |             |                 | 35,97             | -  | 45,13    | -     | 41,73          |   |

Fen. MF = Fenótipo macho-fértil; Fen. ME = Fenótipo macho-estéril; ( ) = Células com algum tipo de irregularidade; \* = Número de pontes registradas; N = Número de plantas avaliadas. P = Protegido; NPMe = Não protegido com fenótipo macho-estéril; NP ind = Não protegido com fenótipo indefinido; F = Fértil; E = Estéril; Fenótipo" = Fenótipo que as plantas apresentavam no campo em 2005/2007.

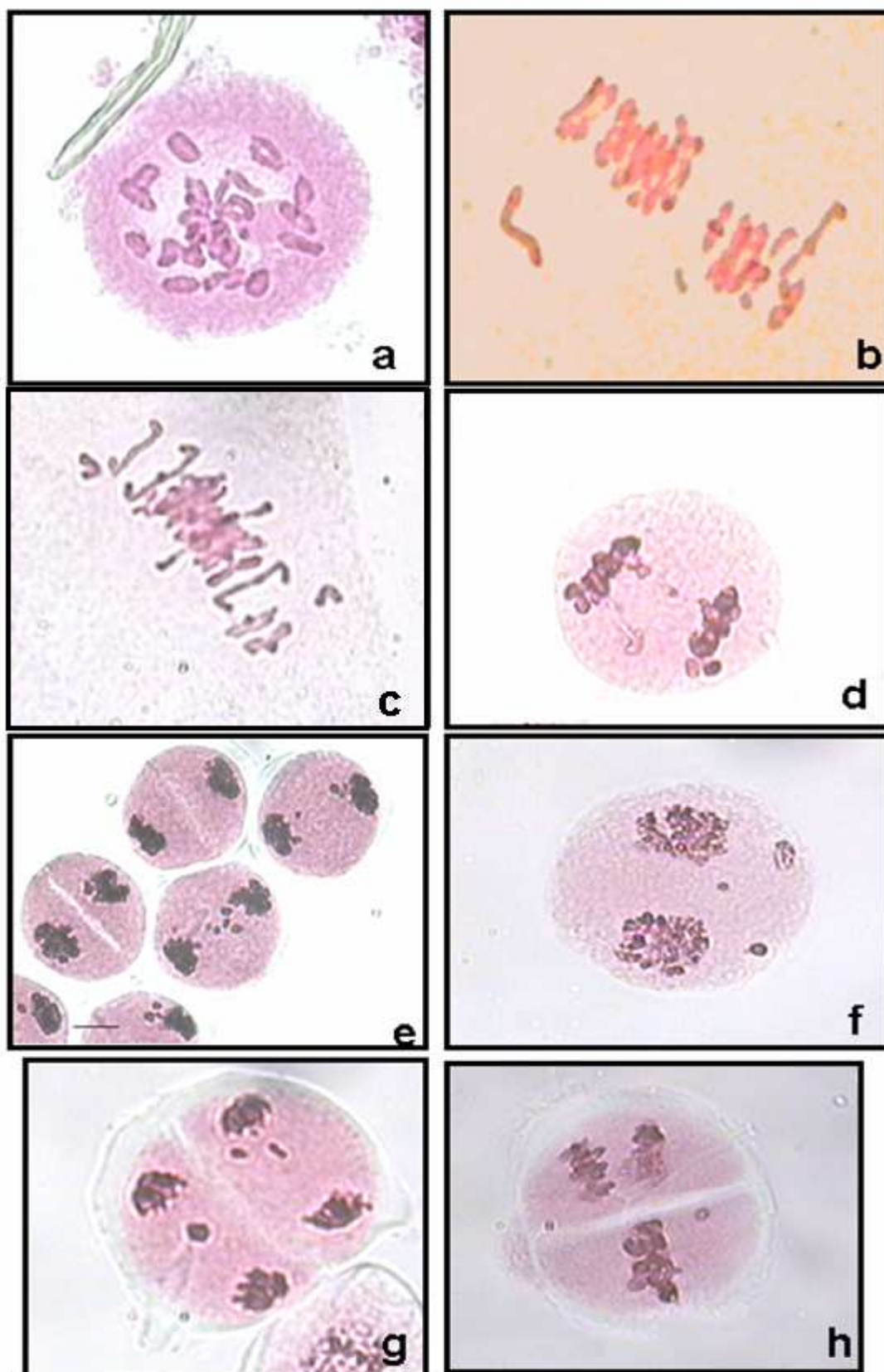


FIGURA 6. Células mãe-de-pólen em meiose de triticale na população macho-estéril. a) Diacinese (6I e 19II). b e c) Metáfase I com irregularidades (univalentes e quebras). d) Telófase I com ponte cromossômica. e) Telófase I com células normais e células com retardatários. f) Telófase I com cromossomos retardatários. g) Telófase II com cromossomos retardatários. h) Metáfase II com separação desigual e retardatários.

pólen. Para o índice meiótico foram observadas tétrades normais (Figura 7a), bem como diversas irregularidades e alta frequência de tétrades com micronúcleos (Figura 7b, 7c e 7d), gerando baixos valores de índice meiótico. O índice meiótico da população macho-estéril apresentou média geral de 45,13% (Tabela 14). Para o grupo de plantas derivadas de plantas com fenótipo macho-fértil, em 2006, a média do índice meiótico foi de 47,70%; o maior índice meiótico foi obtido no subgrupo da fertilidade de espiga entre 66-100% de sementes/flor, com valor de 71,99 %, e o menor índice meiótico foi observado no subgrupo de fertilidade de espiga entre 26-45%, com valor de 31,70%. Para o grupo de plantas derivadas de plantas com fenótipo macho-estéril, em 2006, a média do índice meiótico foi de 43,21%; o maior índice meiótico (59,10 %) foi obtido no subgrupo de fertilidade da espiga entre 66-100% e o menor valor (20,95%) foi observado no subgrupo com fertilidade de espiga entre 11-25%. Os resultados mostram que há maior índice meiótico quando há maior fertilidade da espiga, tanto para progênies de plantas macho-férteis como para progênies de plantas macho-estéreis. Segundo Löve (1949), somente plantas com índice meiótico acima de 90% podem ser consideradas citologicamente estáveis e, portanto, passíveis de fazerem parte de um programa de melhoramento. Todas as plantas analisadas neste estudo apresentaram índice meiótico abaixo de 90% (Tabela 14).

Estudos da viabilidade dos grãos de pólen constituem um indicativo da fertilidade masculina. Para a estimativa da viabilidade dos grãos de pólen avaliaram-se, em 2007, progênies de plantas que apresentaram fenótipo macho-esteril e fenótipo macho-fértil em 2006. Foi observado que as plantas caracterizadas por apresentarem fenótipo macho-esteril, em 2007, apresentaram alta incidência de grãos de pólen não corados (Figura 7e), enquanto que plantas caracterizadas fenotipicamente como macho-férteis, em 2007, apresentaram maior número de grãos corados e maiores índices de viabilidade dos grãos de pólen (Figura 7f). A média geral de viabilidade dos grãos foi de 41,73%. O grupo de progênies derivadas de plantas com fenótipo macho-fértil, em 2006, apresentou média de

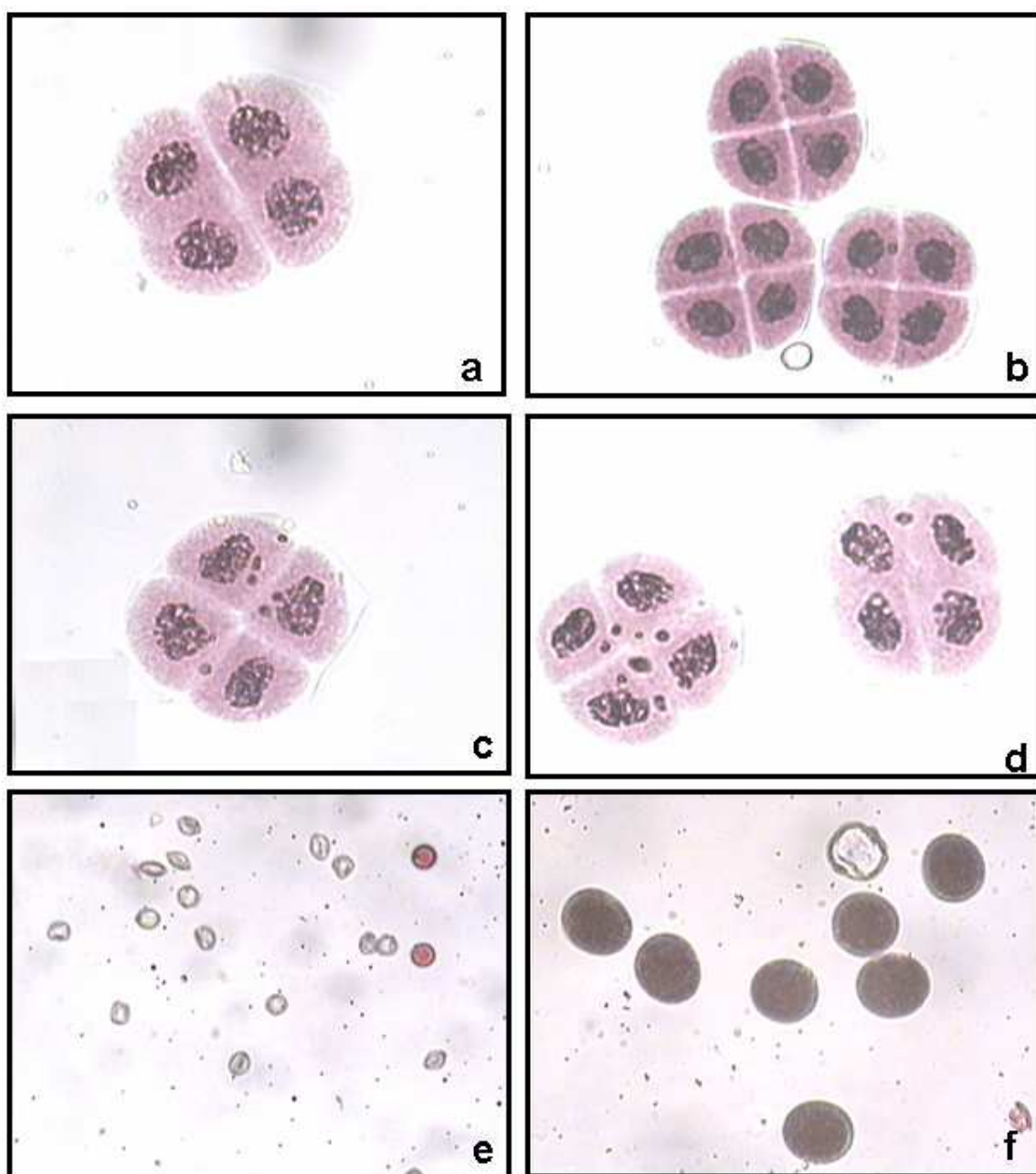


FIGURA 7. Tétrades e grãos de pólen na população macho-estéril de triticales. a) Tétrade normal. b, c, d) Tétrades com micronúcleos. e) Grãos de pólen viáveis e inviáveis em planta com fenótipo macho-estéril. f) Viabilidade dos grãos de pólen em planta com fenótipo macho-fértil.

viabilidade de grãos de pólen (32,48%) inferior ao grupo de progênes derivadas de plantas com fenótipo macho-estéril, em 2006, o qual apresentou média de viabilidade de grãos de pólen igual a 46,60% (Tabela 14).

Para o grupo de progênes derivadas de plantas com fenótipo macho-fértil, em 2006, a maior percentagem de grãos viáveis (84,14%) foi observada no subgrupo com fertilidade de espiga entre 11-25%, e o menor percentual de grãos viáveis (1,08%) foi observado no subgrupo com fertilidade de espiga entre 66-100%. Para o grupo de progênes derivadas de plantas com fenótipo macho-estéril, em 2006, o maior valor de grãos viáveis (94,88%) foi obtido no subgrupo com fertilidade de espiga entre 26-45%, enquanto o menor valor (0 %) foi observado no subgrupo com fertilidade da espiga entre 1-10% (Tabela 14). Esse conjunto de resultados da viabilidade do pólen indicam não haver associação entre a viabilidade do pólen em uma geração e o fenótipo de macho-fertilidade da planta-mãe na geração anterior; assim como parece não haver associação entre viabilidade do pólen das plantas da progênie e a fertilidade de espiga das plantas-mãe. Por outro lado, a percentagem de células normais na meiose e o índice meiótico foi superior para o grupo de progênes derivadas de plantas macho-férteis em 2006, em relação aquelas derivadas de plantas macho-estéreis em 2006. Os resultados completos das análises meióticas da população macho-estéril podem ser observados nos Apêndices 3, 4 e 5.

#### **4.2.3. Análises citogenéticas das populações F<sub>2</sub>**

Na segunda época de semeadura a campo em 2007 foram implantadas as sementes das plantas F<sub>2</sub>, produzidas em telado no verão/outono de 2007. O fenótipo de macho-fertilidade foi avaliado nas plantas da população F<sub>2</sub>. Foi observado que das 204 plantas estabelecidas a campo, apenas 13 (6,37%) apresentavam o fenótipo de macho-esterilidade. Esses dados indicam uma possível restauração do fenótipo de macho-fertilidade nas plantas F<sub>2</sub>.

Na análise meiótica foi observado sobreposição de cromossomos (Figura 8a e 8b), células normais, (Figura 8c) e outras irregularidades, como a presença de univalentes e não orientação dos cromossomos na placa equatorial (Figura 8d, 8e, 8f, 8g e 8h).

Os resultados obtidos na avaliação das fases da meiose podem ser observados na Tabela 15, onde a média geral de células normais para todos os genótipos foi de 48,75%. Os resultados obtidos para indivíduos de igual genealogia foram agrupados, sendo apresentada a média dos mesmos. A maior percentagem de células normais foi observada na média de três plantas codificadas como 05-66-67(1)(3) x Fundacep 48-70(15)(2)(4) com 61,95% e a menor percentagem foi a média de cinco plantas codificadas como 05-61-61(12)(10) x Triticale BR 4-01(01)(8)(2) com 43,01%.

Para o índice meiótico foi observada a presença de elevadas proporções de células com micronúcleos (Figura 9a e 9d), células em estágio de tétrades com formação estrutural normal, porém com a ausência de um dos micrósporos (Figura 9b e 9c), células em estágio de tétrades com formação estrutural normal, porém com a ausência de dois micrósporos (Figura 9c). A ausência de micrósporos nas tétrades poderia ter ocorrido devido a problemas na técnica de confecção das lâminas, onde os micrósporos ausentes poderiam ter sido desintegrados da célula e extravasado para a lâmina. Desta forma, a ausência de micrósporos nas tétrades poderiam representar artefatos, porém foram realizadas observações minuciosas nas proximidades destas células e não foi observada a presença do micrósporo isolado, o que permite descartar a hipótese de ser um problema de rompimento basal da célula, podendo-se supor que ocorreu uma possível degeneração de um dos micrósporos.

Com relação ao índice meiótico (Tabela 15), observou-se que a média geral da população F<sub>2</sub> foi de 39,06%, onde o maior índice (47,47%) foi obtido na média de três genótipos caracterizados como 05-66-67(2)(1) x FUNDACEP 48-70(15)(2)(4), enquanto que o menor índice meiótico (35,43%) foi obtido na média de cinco genótipos



caracterizados como 05-61-61(12)(10) x Triticale BR 4-01(01)(8)(2). Valores bem abaixo dos 90% proposto por Löve (1949).

A média geral da estimativa da viabilidade dos grãos de pólen das plantas da população  $F_2$  foi igual a 79,82%. A maior viabilidade média do pólen foi obtida na planta 05-91-88(4)(7) X BRS 148-130(4)(2)(1), com 92,27% de pólen viável. A menor viabilidade média do pólen foi obtida para o conjunto de seis plantas oriundas do cruzamento 05-66-72(3)(3) X FUNDACEP 48-115(17)(2), que apresentou 74,96% de viabilidade do pólen (Tabela 15). Foram observados nestes genótipos, grãos corados (Figura 9e) bem como, grãos não corados (Figura 9f).

A análise das populações  $F_2$  maior regularidade dos processos citogenéticos analisados, quando comparados com os resultados obtidos pela análise das plantas da população macho-estéril, demonstrando que a restauração da estabilidade meiótica pode ser rápida e facilmente obtida, através do cruzamento de plantas da população macho-estéril com cultivares macho-férteis. Os resultados completos da análise meiótica das populações  $F_2$  podem ser observados nos Apêndices 6, 7 e 8.

#### **4.2.4. Análises citogenéticas dos retrocruzamentos**

As sementes obtidas por retrocruzamentos, no telado em 2007, foram implantadas a campo na segunda data de semeadura no inverno do mesmo ano. As plantas estabelecidas foram avaliadas conforme o fenótipo das flores quanto a macho-fertilidade e foi observado que das 111 plantas estabelecidas, apenas 3 apresentavam o fenótipo macho-estéril, ou seja, 2,70%.

Durante as avaliações meióticas foram observadas células normais e células com sobreposição dos cromossomos (Figura 10a e 10b), univalentes e com sobreposição de cromossomos (Figura 10c, 10d, 10f, 10g e 10h).

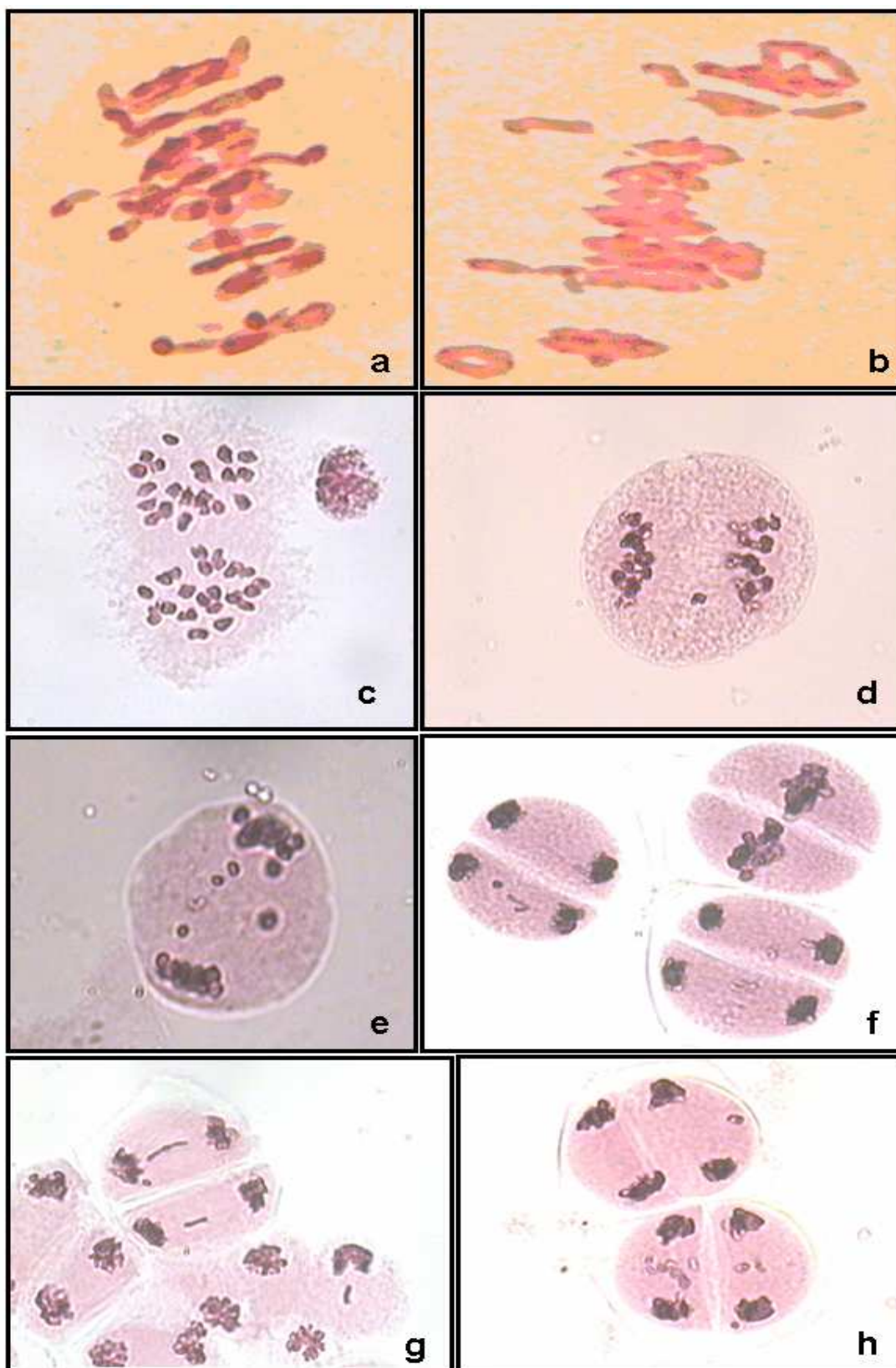


FIGURA 8. Células mãe-de-pólen em meiose de triticales nas populações F<sub>2</sub>. a e b) Metáfase I com irregularidades. c) Anáfase I com 21 cromossomos em cada pólo. d e e) Telófase I com cromossomos retardatários. f) Telófase II com cromossomo retardatário e metáfase II com cromossomos não orientados na placa e sobreposição de cromossomos. g e h) Telófase II com cromossomos retardatários e fragmentos.

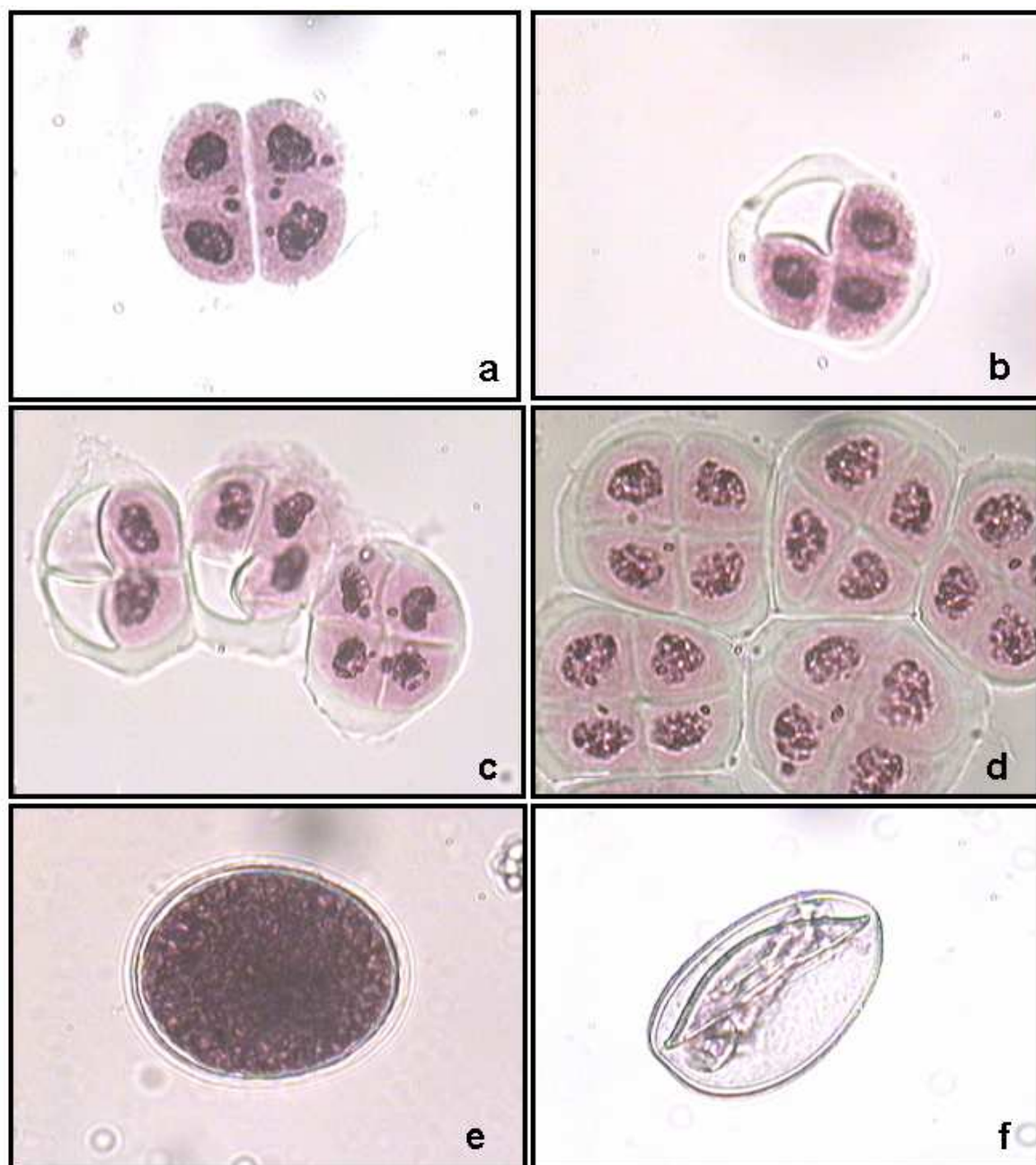


FIGURA 9. Tétrades e grãos de pólen nas populações  $F_2$  de triticales. a) Tétrade com micronúcleos. b) Tétrades apresentando apenas três micrósporos. c) Tétrades com micronúcleos, três e dois micrósporos. d) Tétrades com micronúcleos. e) Grão de pólen viável. f) Grão de pólen inviável.

TABELA 15. Análise meiótica e de viabilidade dos grãos de pólen das populações F<sub>2</sub> em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Genealogia                      | Fenótipo " Esterilidade 05/06/07 | N | Diacinese | Metáfase I | Anáfase I | Telófase I | Metáfase II | Anáfase II | Telófase II | N.Total Células | % células Normais | N | I M (%) | N | % Pólen Viável |
|---------------------------------|----------------------------------|---|-----------|------------|-----------|------------|-------------|------------|-------------|-----------------|-------------------|---|---------|---|----------------|
| 05-23-04(4) (1)                 | NPMe/E/F                         | - | -         | -          | -         | -          | -           | -          | -           | -               | -                 | - | -       | 1 | 91,36          |
| x                               |                                  |   |           |            |           |            |             |            |             |                 |                   |   |         |   |                |
| Embrapa 53-(15)(11)(1)          |                                  |   |           |            |           |            |             |            |             |                 |                   |   |         |   |                |
| 05-61-61(12) (10)               | NPMe/E/F                         | 5 | 12        | 29         | 72        | 111        | 42          | 67         | 147         | 480             | 43,01             | 5 | 35,43   | 2 | 81,47          |
| x                               |                                  |   | (19)      | (21)       | (98)3*    | (153)      | (82)        | (99)       | (161)       | (636)           |                   |   |         |   |                |
| BR 4-01(01) (8)(2)              |                                  |   |           |            |           |            |             |            |             |                 |                   |   |         |   |                |
| 05-66-67(1) (3)                 | NPind/E/F                        | 3 | 5         | 13         | 20        | 57         | 14          | 21         | 33          | 163             | 61,95             | 3 | 47,47   | 3 | 80,01          |
| x                               |                                  |   | (3)       | (12)       | (92)1*    | (73)       | (18)        | (28)       | (41)        | (268)           |                   |   |         |   |                |
| Fundacep 48-70(15)(2)(4)        |                                  |   |           |            |           |            |             |            |             |                 |                   |   |         |   |                |
| 05-66-72(3)(3)                  | NPMe/F/F                         | - | -         | -          | -         | -          | -           | -          | -           | -               | -                 | - | -       | 6 | 74,96          |
| x                               |                                  |   |           |            |           |            |             |            |             |                 |                   |   |         |   |                |
| Fundacep 48-115(17)(2)          |                                  |   |           |            |           |            |             |            |             |                 |                   |   |         |   |                |
| 05-66-72(3) (7)                 | NPMe/E/F                         | - | -         | -          | -         | -          | -           | -          | -           | -               | -                 | 3 | 36,71   | - | -              |
| x                               |                                  |   |           |            |           |            |             |            |             |                 |                   |   |         |   |                |
| Fundacep48115(17)(1)(1)         |                                  |   |           |            |           |            |             |            |             |                 |                   |   |         |   |                |
| 05-66-72(3) (7)                 | NPMe/F/F                         | 3 | 3         | 8          | 41        | 69         | 16          | 37         | 82          | 256             | 45,15             | - | -       | - | -              |
| x                               |                                  |   | (3)       | (5)        | (33)3*    | (52)       | (18)        | (57)       | (140)       | (311)           |                   |   |         |   |                |
| Fundacep48115(17)(1)(9)         |                                  |   |           |            |           |            |             |            |             |                 |                   |   |         |   |                |
| 05-91-88(4) (7)                 | NPMe/E/F                         | - | -         | -          | -         | -          | -           | -          | -           | -               | -                 | - | -       | 1 | 92,27          |
| x                               |                                  |   |           |            |           |            |             |            |             |                 |                   |   |         |   |                |
| BRS 148-130(4) (2)(1)           |                                  |   |           |            |           |            |             |            |             |                 |                   |   |         |   |                |
| 05-102-98(5)(1)                 | NPMe/E/F                         | - | -         | -          | -         | -          | -           | -          | -           | -               | -                 | - | -       | 1 | 81,16          |
| x                               |                                  |   |           |            |           |            |             |            |             |                 |                   |   |         |   |                |
| IAPAR 54-55(3)(2) (4)           |                                  |   |           |            |           |            |             |            |             |                 |                   |   |         |   |                |
| Média populações F <sub>2</sub> |                                  |   |           |            |           |            |             |            |             |                 | 48,75             | - | 39,06   | - | 79,82          |

( ) = Células com algum tipo de irregularidade;\* = Número de pontes registradas; N = Número de plantas avaliadas; P = Protegidos; NPMe = Não protegidos com fenótipo macho-estéril; NP ind = Não protegidos com fenótipo indefinido; F = Fértil; E = Estéril; Fenótipo" = Fenótipo que as plantas apresentavam no campo em 2005/2006/2007.

Os resultados obtidos na avaliação do comportamento meiótico das populações de retrocruzamentos podem ser observados na Tabela 16. A média geral de células normais das plantas dos retrocruzamentos foi igual a 42,45%. Na média obtida entre genótipos igual genealogia, a maior percentagem de células normais (51,25%) foi observada na média de três plantas do retrocruzamento [(05-102-98(5)(1)) X (IAPAR 54-55(3)) X (IAPAR 54-55(3))(2)(1))] e a menor percentagem (38,37%) foi obtida na média de sete plantas oriundas do retrocruzamentos [(05-66-67(2) (1)) X (Fundacep 48-70(15)) X (Fundacep 48-70(15))(4)(3)].

O índice meiótico foi realizado por varredura onde foram observadas diversas irregularidades como tétrades apresentando apenas três micrósporos (Figura 11a), células com presença de micronúcleos (Figura 11b), células em estágio de tétrades com formação estrutural normal, porém com a ausência de dois micrósporos (Figura 11c) e tétrades com três micrósporos aparentando degeneração (Figura 11d).

Com relação ao índice meiótico, a média geral da população foi de 58,07%. O maior índice meiótico (63,96%) foi observado na média de seis plantas obtidas pelo retrocruzamento [(05-66-72(3)(1)) X (Fundacep 48-115(17)) X (Fundacep 48-115(17))(2)(1))]. O menor índice meiótico (51,84%) foi obtido na média de sete plantas oriundas do retrocruzamento [(05-66-67(2)(1)) X (Fundacep 48-70(15)) X (Fundacep 48-70(15))(2)(4))]. Estando bem abaixo dos 90% proposto por Löve (1949).

Para a estimativa da viabilidade média dos grãos de pólen, a média geral dos retrocruzamentos foi de 89,59%. O maior índice (92,89%) foi obtido em uma planta do retrocruzamento [(05-23-04(4)(1)) X (Embrapa 53-5(15)) X (Embrapa 53-5(15)) (11)(2))]. A menor viabilidade de pólen (84,26%) foi observada na média de quatro plantas do retrocruzamento [(05-102-98(5)(1)) X (IAPAR 54-55(3)) X (IAPAR 54-55(3))(2)(2))]. Foram observados nestes genótipos grãos não corados (Figura 11e) e grãos corados (Figura 11f).

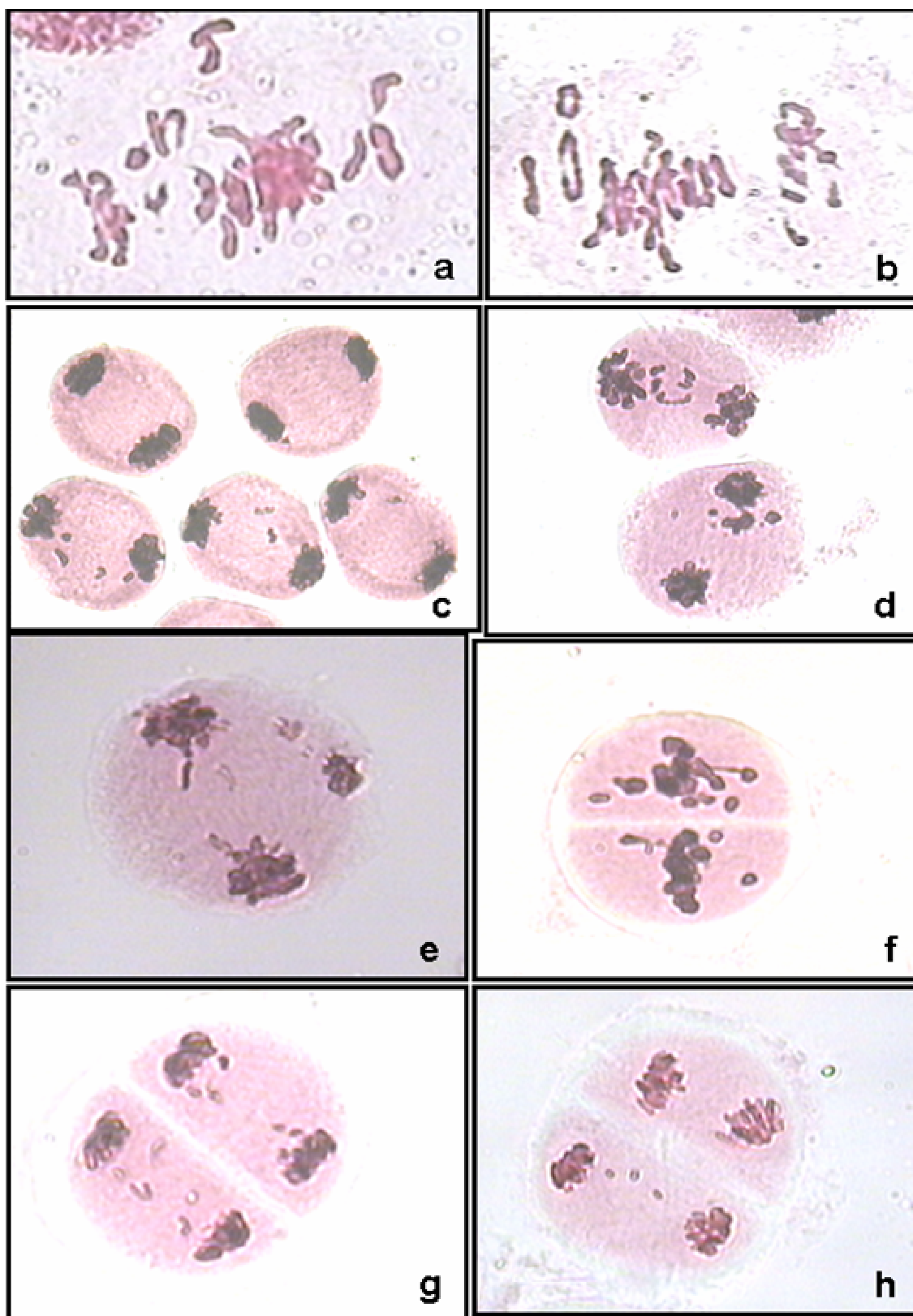


FIGURA10. Células mãe-de-pólen em meiose de tritcale nos retrocruzamentos. a e b) Metáfase I com irregularidades. c) Telófase I apresentando células normais e células com retardatários. d e e) Telófase I com cromossomos retardatários. f) Metáfase II com cromossomos não orientados na placa equatorial e sobreposição de cromossomos. g e h) Telófase II com cromossomos retardatários.

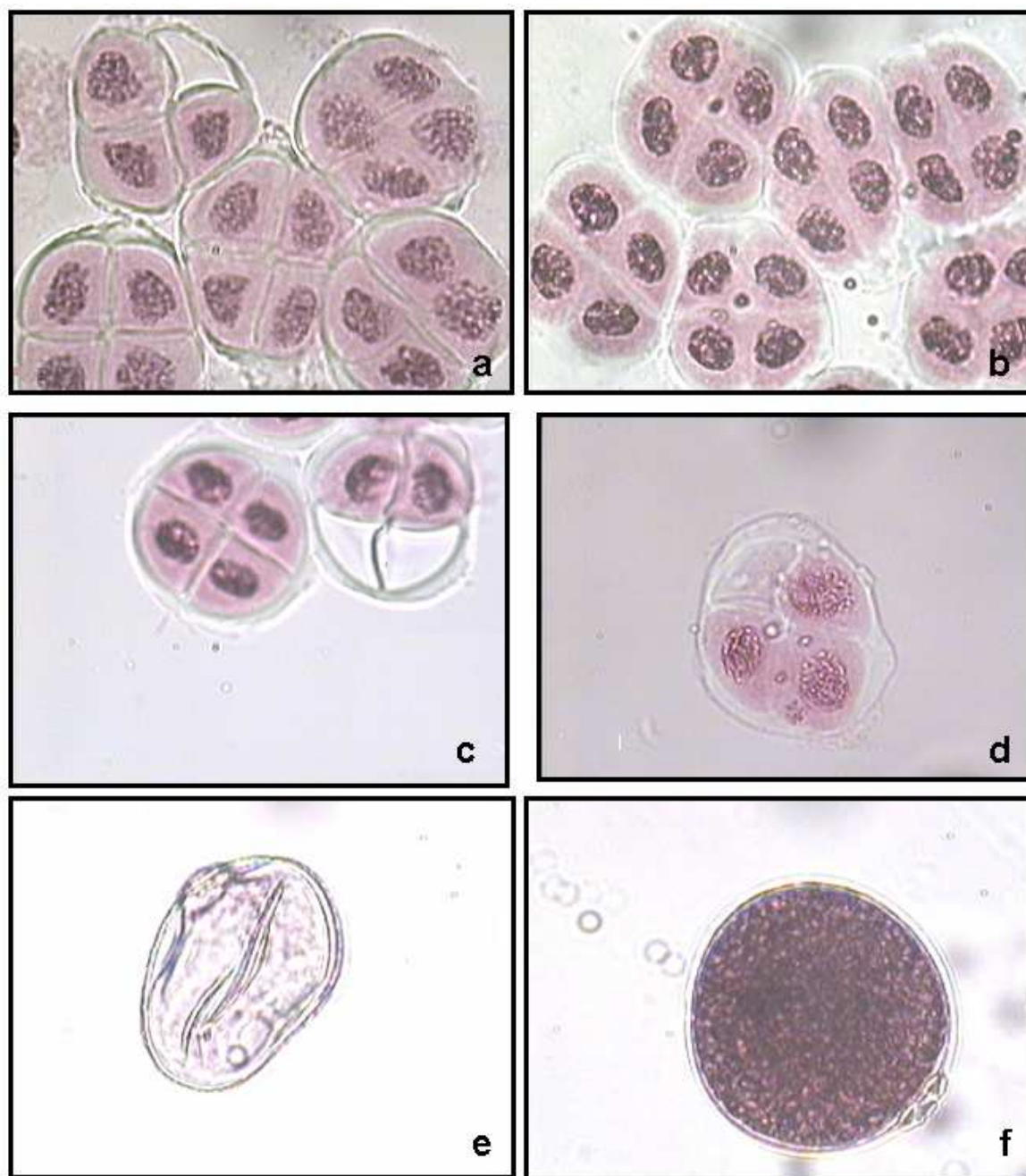


FIGURA 11. Tétrades e grãos de pólen dos retrocruzamentos de triticales. a) Tétrades apresentando apenas três micrósporos. b) Tétrade com micronúcleos. c) Tétrade normal e tétrade com dois micrósporos. d) Tétrade com três micrósporos aparentando degeneração. e) Grão de pólen não corado. f) Grão de pólen corado.

TABELA 16. Análise meiótica viabilidade dos grãos de pólen dos retrocruzamentos em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Genealogia   | Fenótipo " Esterilidade 05/06/07 | N | Diacinese  | Metáfase I | Anáfase I          | Telófase I   | Metáfase II | Anáfase II  | Telófase II  | N.Total Células | %células Normais | N | I M (%) | N | % Pólen Viável |
|--|----------------------------------|---|------------|------------|--------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-----------------|------------------|---|---------|---|----------------|
| [(05-23-04(4) (1))<br>X<br>(Embrapa 53-(15))<br>X<br>(Embrapa 53-5(15)(11)(5))]      | NPMe/E/F                         | 2 | 0<br>(0)   | 1<br>(0)   | 7<br>(17)          | 12<br>(12)   | 5<br>(9)    | 23<br>(40)  | 50<br>(64)   | 98<br>(142)     | 40,83            | 2 | 62,77   | 1 | 92,89          |
| [(05-61-61(12)(10))<br>X<br>(BR4-01(01))<br>X<br>(BR4-01 (01))(8)(4)]                | NPMe/E/F                         | - | -          | -          | -                  | -            | -           | -           | -            | -               | -                | - | -       | 1 | 92,56          |
| [(05-66-67(2) (1))<br>X<br>(Fundacep48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15))(4)(3)]   | NPind/E/F                        | 7 | 11<br>(11) | 25<br>(43) | 116<br>(203)<br>2* | 150<br>(297) | 39<br>(98)  | 82<br>(126) | 255<br>(309) | 678<br>(1089)   | 38,37            | 7 | 51,84   | 7 | 92,02          |
| [(05-66-72(3) (7))<br>X<br>(Fundacep48-115(17))<br>X<br>(Fundacep 48-115(17))(1)(6)] | NPMe/E/F                         | 6 | 12<br>(4)  | 18<br>(18) | 110<br>(132)       | 148<br>(179) | 27<br>(46)  | 77<br>(137) | 85<br>(104)  | 477<br>(620)    | 43,36            | 6 | 63,96   | 4 | 84,26          |
| [(05-102-98(5)(1))<br>X<br>(IAPAR 54-55(3))<br>X<br>(IAPAR 54-55(3))(2)(1)]          | NPMe/E/F                         | 3 | 5<br>(4)   | 8<br>(12)  | 33<br>(33)         | 60<br>(42)   | 9<br>(5)    | 18<br>(23)  | 11<br>(18)   | 144<br>(137)    | 51,25            | 4 | 58,18   | - | -              |
| Média dos retrocruzamentos   |                                  |   |            |            |                    |              |             |             |              |                 | 42,45            | - | 58,07   | - | 89,59          |

( ) = Células com algum tipo de irregularidade; \* = Número de pontes registradas; N = Número de plantas avaliadas; P = Protegidos; NPMe = Não protegidos com fenótipo macho-estéril; NP ind = Não protegidos com fenótipo indefinido; F = Fértil; E = Estéril; Fenótipo" = Fenótipo que as plantas apresentavam no campo em 2005/2006/2007.



As plantas dos retrocruzamentos apresentaram índices meióticos e viabilidade do pólen mais elevada do que aqueles observados para as plantas  $F_2$ , embora tenham exibido menor proporção de células normais na meiose, em relação também à  $F_2$ . Esses resultados indicam que a maior contribuição genética dos cultivares macho-férteis nos retrocruzamentos contribuiu para a maior estabilidade dessas plantas nas fases de formação de tétrade e de formação de pólen viável, embora não tenha resultado em maior estabilidade meiótica nas fases da meiose I e II, em relação às plantas da geração  $F_2$ .

Os resultados completos da análise meiótica dos retrocruzamentos podem ser observados nos Apêndices 9, 10 e 11

#### **4.2.5. Análises citogenéticas conforme a classificação das plantas em 2005**

Comparações dos resultados das análises meióticas e de viabilidade dos grãos de pólen, obtidos para a população macho-estéril, populações  $F_2$  e retrocruzamentos, foram realizadas nos genótipos conforme a classificação adotada no ano de 2005 para as plantas-mãe selecionadas para dar origem à população macho-estéril em 2006, ou seja, espigas protegidos, não protegidos com fenótipo macho-estéril e não protegidos com fenótipo indefinido. Os resultados médios desta análise podem ser observados na Tabela 17.

Para a média das plantas da população macho-estéril, o maior valor de células normais na meiose foi de 47,89%, os quais foram obtidos em plantas que tiveram a espiga protegida contra a fecundação cruzada em 2005, que apresentaram fenótipo macho-fértil em 2006 e com fenótipo macho-estéril em 2007. Já a menor média foi de 29,19%, sendo observada em plantas caracterizadas em 2005 como não protegidas e com fenótipo macho-estéril, que apresentaram fenótipo macho-fértil em 2006 e fenótipo macho-estéril em 2007. Para o índice meiótico o maior valor observado, igual a 71,99%, foi obtido em progênes descendentes de genótipos caracterizados em 2005 como protegidos, com fenótipo macho-fértil em 2006 e 2007; enquanto que o menor índice meiótico foi de 30,10%, observado em

genótipos caracterizados em 2005 como protegidos, com fenótipo macho-estéril em 2006 e fenótipo macho-fértil em 2007. Para as análises da viabilidade dos grãos de pólen, da população macho-estéril, o maior valor foi de 68,59%, verificado em progênies derivadas de plantas com fenótipo macho-estéril em 2005, com fenótipo macho-estéril em 2006 e fenótipo macho-fértil em 2007, enquanto o menor valor foi de 19,75%, observado em para genótipos descendentes de plantas não protegidos da fecundação cruzada e com fenótipo indefinido em 2005, e que apresentaram fenótipo macho-estéril em 2006 e 2007 (Tabela 17).

Considerando as análises realizadas para as populações  $F_2$ , a maior percentagem de células normais nas análises meióticas foi de 52,34%, enquanto que a menor percentagem de células normais na meiose foi igual a 37,58, ambos valores observados em genótipos oriundos de plantas com fenótipo indefinido em 2005 e fenótipo macho-fértil em 2006 e 2007. O maior índice meiótico da geração  $F_2$  foi de 42,61%, enquanto o menor de índice meiótico para a  $F_2$  foi bastante semelhante (40,95%), ambos observados em genótipos  $F_2$  derivados de plantas com fenótipo indefinido para macho-esterilidade em 2005, com fenótipo macho-estéril em 2006 e fenótipo macho-fértil em 2007, contudo, foram avaliados poucos grupos dentro desta geração, o que pode ter comprometido os resultados médios. Para a análise da viabilidade dos grãos de pólen da geração  $F_2$ , a maior viabilidade média do pólen (85,45%) foi observada em genótipos descendentes de plantas não protegidas contra a fecundação cruzada e com fenótipo macho-estéril em 2005, com fenótipo macho-fértil em 2006 e fenótipo macho-estéril em 2007; enquanto que a menor viabilidade média do pólen foi estimada como 74,83%, para genótipo descendentes de plantas não protegidos com fenótipo macho-estéril em 2005 e fenótipo macho-fértil em 2006 e 2007 (Tabela 17).

Os resultados médios obtidos com os retrocruzamentos foram comprometidos devido à análise de apenas alguns grupos de genótipos o que inviabiliza uma avaliação mais precisa dos resultados. Quando são avaliadas as médias das médias obtidas nesta

avaliação de fenótipos pode ser observado que para a análise meiótica os valores não apresentam diferenças significativas entre eles. Porém, é interessante notar, para o índice meiótico, que os genótipos de 2007 que descenderam de plantas com fenótipo macho-fértil em 2006 apresentaram índice meiótico médio igual a 54%, que foi superior ao índice meiótico médio (42%) apresentado pelos genótipos que descenderam de plantas com fenótipo macho-estéril em 2006. Ainda par índice meiótico, podemos analisar as médias obtidas dentro de cada grupo de genótipo da população macho-estéril em 2007, assim é verificado que sempre as plantas com fenótipo macho-fértil em 2007 apresentaram índice meiótico maior que aquelas que tiveram fenótipo macho-estéril em 2007, independente se a planta-mãe de 2006 tinha fenótipo macho-fértil ou macho-estéril (Tabela 17). Resultados semelhantes são observados para viabilidade dos grãos de pólen, ou seja, plantas com fenótipo macho-fértil em 2007 tiveram maior média de viabilidade de pólen do que aquelas com fenótipo macho-estéril em 2007, dentro de cada grupo de fenótipo de macho-fertilidade da planta-mãe em 2006. Por outro lado, a média da viabilidade do pólen foi menor para os genótipos que descenderam de plantas macho-férteis em 2006 (35% de pólen viável), em relação à média da viabilidade do pólen dos genótipos que descenderam de plantas macho-estéreis em 2006 (46% de pólen viável). Esse conjunto de resultado indica que a formação de tétrades, medida através do índice meiótico, é o caráter mais fortemente associado com o fenótipo de macho-esterilidade e a sua herança de geração para geração, enquanto que a viabilidade do pólen está associada com o fenótipo de macho-esterilidade na geração em que está sendo analisado, porém não é um bom indicador de qual foi o comportamento fenotípico para o caráter flor aberta (macho-estéril) na geração anterior.

Análises de correlação foram desenvolvidas para a população macho-estéril e retrocruzamentos, comparando os resultados obtidos pela análise meiótica, índice meiótico e viabilidade dos grãos de pólen com a percentagem de produção de sementes por flor, ou

seja, de fertilidade de espiga. Os resultados desta análise podem ser observados na Tabela 18. De todas as correlações calculadas, apenas duas foram significativas e as demais não significativas, impedindo qualquer análise destas últimas. A reduzida significância das correlações deveu-se ao pequeno número de observações e/ou fraca associação entre caracteres. Porém, as duas correlações significativas fornecem resultados valiosos para o melhor entendimento da expressão do fenótipo de macho-esterilidade. Observou-se uma correlação positiva bastante elevada (0,961) entre o índice meiótico e a fertilidade de espiga em 2006, para plantas da população macho-estéril que apresentaram fenótipo macho-fértil em 2007 e descenderam de plantas com fenótipo macho-estéril em 2006, e que por sua vez descenderam de espigas protegidas contra a fecundação cruzada em 2006. De modo similar, as plantas com fenótipo macho-fértil em 2007, oriundas de plantas com fenótipo macho-estéril em 2006, porém descendentes de planta macho-estéreis em 2005, mostraram correlação de 0,810 entre a viabilidade dos grãos de pólen e a fertilidade da espiga em 2006 (Tabela 18). A correlação positiva, e elevada, entre índice meiótico e fertilidade da espiga indica que esses dois caracteres estão associados para o grupo de plantas que se autofecundaram em 2005, e, portanto tem-se melhor controle da polinização, devendo segregar em menor grau para os caracteres analisados. Já a correlação positiva e elevada entre viabilidade do pólen, em 2007, com a fertilidade de espiga, em 2006, para esse grupo específico de genótipos pode indicar que a maior fertilidade de espiga esteja diretamente relacionada à maior viabilidade de grãos de pólen. As análises dos retrocruzamentos ficaram comprometidas devido aos poucos grupos que foram avaliados, porém tanto os valores de percentagem de células normais na meiose como o índice meiótico, não sendo verificada nenhuma correlação significativa na análise apresentada na Tabela 18.

TABELA 17. Análise da percentagem média de células normais, índice meiótico e viabilidade dos grãos de pólen para a população macho-estéril, populações F<sub>2</sub> e retrocruzamentos analisados no de 2007, em grupos de genótipos de acordo com a classificação dos fenótipos em 2005 e 2006. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

|                           |         | 2006 MF              |           |                      |                         |           |                      | 2006 ME                 |           |                      |                         |           |                      |
|---------------------------|---------|----------------------|-----------|----------------------|-------------------------|-----------|----------------------|-------------------------|-----------|----------------------|-------------------------|-----------|----------------------|
|                           |         | 2007 MF              |           |                      | 2007 ME                 |           |                      | 2007 MF                 |           |                      | 2007 ME                 |           |                      |
| Classif.<br>em 2005       |         | % Células<br>Normais | IM<br>(%) | %<br>Pólen<br>Viável | %<br>Células<br>Normais | IM<br>(%) | %<br>Pólen<br>Viável | %<br>Células<br>Normais | IM<br>(%) | %<br>Pólen<br>Viável | %<br>Células<br>Normais | IM<br>(%) | %<br>Pólen<br>Viável |
| Pop macho-estéril         | Prot.   | 41,46                | 71,99     | -                    | 47,89                   | 42,41     | -                    | 32,74                   | 42,85     | 56,09                | 38,16                   | 30,10     | 48,62                |
|                           | NPMe    | 41,23                | 46,79     | 47,70                | 29,19                   | 37,23     | 22,33                | 33,90                   | 40,76     | 68,59                | -                       | -         | 22,26                |
|                           | NP ind. | 32,81                | -         | -                    | 33,57                   | 67,22     | -                    | 37,84                   | 58,20     | -                    | 39,99                   | 43,21     | 19,75                |
|                           | Média   | 38,5                 | 59,39     | 47,70                | 36,88                   | 48,95     | 22,33                | 34,83                   | 47,27     | 62,34                | 39,07                   | 36,66     | 30,21                |
| Populações F <sub>2</sub> | Prot.   | -                    | -         | -                    | -                       | -         | -                    | -                       | -         | -                    | -                       | -         | -                    |
|                           | NPMe    | -                    | -         | 74,83                | -                       | -         | 85,45                | 44,16                   | 40,95     | 82,77                | -                       | -         | -                    |
|                           | NP ind. | 52,34                | -         | -                    | -                       | -         | -                    | 37,58                   | 42,61     | -                    | -                       | -         | -                    |
|                           | Média   | 52,34                | -         | 74,83                | -                       | -         | 85,45                | 40,87                   | 41,78     | 82,27                | -                       | -         | -                    |
| Retrocruzamentos          | Prot.   | -                    | -         | -                    | -                       | -         | -                    | -                       | -         | -                    | -                       | -         | -                    |
|                           | NPMe    | -                    | -         | -                    | -                       | -         | -                    | 49,32                   | 58,68     | 89,58                | -                       | -         | -                    |
|                           | NP ind. | -                    | -         | -                    | -                       | -         | -                    | 33,67                   | 49,67     | -                    | -                       | -         | -                    |
|                           | Média   | -                    | -         | -                    | -                       | -         | -                    | 41,50                   | 54,17     | 89,58                | -                       | -         | -                    |

P = Protegidos; NPMe = Não protegidos com fenótipo macho-estéril; NP ind = Não protegidos com fenótipo indefinido; IM= Índice meiótico.

TABELA 18. Correlações entre a percentagem de produção de sementes/flores da planta-mãe de 2006 com a percentagem de células normais na meiose, índice meiótico e viabilidade dos grãos de pólen da progênie no ano de 2007. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

|                                |                         | 2006 MF           |        |                |                   |        |                | 2006 ME           |        |                |                   |        |                |        |        |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------|--------|----------------|-------------------|--------|----------------|-------------------|--------|----------------|-------------------|--------|----------------|--------|--------|
|                                |                         | 2007 MF           |        |                | 2007 ME           |        |                | 2007 MF           |        |                | 2007 ME           |        |                |        |        |
| Classif. em 2005               |                         | % Células Normais | IM (%) | % Pólen Viável | % Células Normais | IM (%) | % Pólen Viável | % Células Normais | IM (%) | % Pólen Viável | % Células Normais | IM (%) | % Pólen Viável |        |        |
| Percentagem de sementes/flores | População Macho-Estéril | Prot.             | Corr.  | --             | --                | --     | --             | --                | 0.961  | 0.382          | --                | --     | 0.952          |        |        |
|                                |                         |                   | Prob.  | --             | --                | --     | --             | --                | 0.002  | 0.617          | --                | --     | 0.197          |        |        |
|                                |                         |                   | N°Obs. |                |                   |        |                |                   | 6      | 4              |                   |        | 3              |        |        |
|                                |                         | NPMe              | Corr.  | -0.495         | 0.526             | 0.315  | --             | --                | -0.368 | 0.169          | -0.0017           | 0.810  | --             | --     | -0.720 |
|                                |                         |                   | Prob.  | 0.504          | 0.362             | 0.684  | --             | --                | 0.472  | 0.748          | 0.997             | 0.050  | --             | --     | 0.487  |
|                                |                         |                   | N°Obs. | 6              | 5                 | 4      |                |                   | 6      | 6              | 6                 | 6      |                |        | 3      |
|                                | NP ind.                 | Corr.             | --     | --             | --                | --     | --             | --                | 0.137  | --             | --                | --     | --             | -0.007 |        |
|                                |                         | Prob.             | --     | --             | --                | --     | --             | --                | 0.862  | --             | --                | --     | --             | 0.995  |        |
|                                |                         | N°Obs.            |        |                |                   |        |                |                   | 4      |                |                   |        |                | 3      |        |
|                                | Retrocruzamentos        | Prot.             | Corr.  | --             | --                | --     | --             | --                | --     | --             | --                | --     | --             | --     |        |
|                                |                         |                   | Prob.  | --             | --                | --     | --             | --                | --     | --             | --                | --     | --             | --     |        |
|                                |                         |                   | N°Obs. |                |                   |        |                |                   |        |                |                   |        |                |        |        |
| NPMe                           |                         | Corr.             | --     | --             | --                | --     | --             | --                | -0.136 | -0.117         | --                | --     | --             | --     |        |
|                                |                         | Prob.             | --     | --             | --                | --     | --             | --                | 0.746  | 0.730          | --                | --     | --             | --     |        |
|                                |                         | N°Obs.            |        |                |                   |        |                |                   | 8      | 11             |                   |        |                |        |        |
| NP ind.                        | Corr.                   | --                | --     | --             | --                | --     | --             | --                | --     | --             | --                | --     | --             |        |        |
|                                | Prob.                   | --                | --     | --             | --                | --     | --             | --                | --     | --             | --                | --     | --             |        |        |
|                                | N°Obs.                  | --                | --     | --             | --                | --     | --             | --                | --     | --             | --                | --     | --             |        |        |

Prot = Protegidos; NPMe = Não protegidos com fenótipo macho-estéril; NP ind = Não protegidos com fenótipo indefinido; IM= Índice meiótico; Corr= Valor da correlação; Prob.= Probabilidade; N°Obs.= Número de observações; IM= índice meiótico; MF= Macho-fértil; ME= Macho-estéril.

## 5. DISCUSSÃO

Com o objetivo de investigar a macho-esterilidade, avaliações individuais sobre o fenótipo de macho-esterilidade e de fertilidade da espiga, foram realizadas nos anos de 2006 e 2007 a campo, além de análises citogenéticas no ano de 2007.

A avaliação do fenótipo de macho-esterilidade em 2006 (Tabela 6) permitiu verificar que a maioria dos genótipos da população apresentou fenótipo macho-fértil, ou seja, considerando a proporção de plantas macho-férteis e macho-estéreis dentro das 95 linhagens avaliadas, foi encontrado que, na média das linhagens, 60,10% das plantas eram macho-férteis. Quando as linhagens foram classificadas de acordo com a planta ou espiga de 2005, que lhe deu origem, foi observado que 81,40% das plantas dentro das linhagens que descenderam de indivíduos caracterizados como não protegidos com fenótipo indefinido (NPind) em 2005, foram macho-férteis em 2006, enquanto as demais linhagens, ou seja, descendentes de plantas marcadas, pois apresentavam o fenótipo macho-estéril, em 2005, ou de espigas protegidas em 2005, apresentaram somente cerca de 55% de suas plantas com fenótipo macho-fértil, uma redução considerável. De acordo com as observações realizadas a campo em 2005, supõe-se que, em sua maioria, as plantas caracterizadas como de fenótipo indefinido no ano de 2005 eram macho-férteis e por isso apresentaram maior proporção de progênie fértil em 2006. Esses resultados é um dos primeiros indicativos que o caráter fenótipo macho-estéril deva seja herdável, em algum grau, porém não foi possível avaliar-se neste estudo o modo de herança e a herdabilidade desse caráter.

Pode ser ressaltado que as plantas com fenótipo macho-estéril, e que não foram protegidas contra a fecundação cruzada em 2005, produziram descendência de apenas 45,06% de plantas macho-estéreis, na média das linhagens de 2006. Esse resultado pode estar indicando que a herdabilidade do caráter fenótipo macho-estéril não é elevada e/ou que o fato da polinização não ter sido controlada em 2005 tenha favorecido que a maior parte do pólen, que fecundou as flores das espigas não protegidas em 2005, descenda de plantas macho-férteis, visto que pode-se supor que essas plantas tenham produzido mais pólen viável do que as plantas que apresentavam fenótipo macho-estéril. Esta suposição baseia-se no fato que as plantas com fenótipo macho-fértil apresentaram maior proporção de pólen viável que aquelas com fenótipo macho-estéril (Tabela 17). Em trabalho desenvolvido por Romano e Antunes (2002), os valores obtidos em avaliações da polinização cruzada para a cultura do triticales foram de 3 a 30%, podendo-se supor, que na população conduzida neste estudo, ocorreu polinização cruzada, visto que os genótipos não foram protegidos contra a fecundação cruzada, desta maneira, reduzindo a proporção da progênie com fenótipo macho-estéril em 2006, descendente de plantas que apresentavam fenótipo macho-estéril em 2005. Além de que as análises de fertilidade da espiga em 2006 e da viabilidade do pólen em 2007 apontam para o fato que plantas com fenótipo macho-estéril apresentam algum grau de macho-esterilidade, ficando sujeitas à fecundação cruzada.

Para a avaliação da fertilidade das espigas, todas as plantas que mantiveram a espiga protegida até a maturação, foram debulhadas e avaliadas. Variações com relação à fertilidade das espigas foram observadas nas testemunhas e nos genótipos da população macho-estéril (Tabelas 7 e 8, respectivamente). Nas testemunhas, a produção de sementes/flores, em 2006, variou de 40,86%, para o cultivar BRS 203, a 69,71%, para o cultivar IAPAR 54, sendo classificadas, conforme a Tabela 4, como parcialmente férteis a altamente férteis. A cultivar BRS 203, lançada comercialmente em 2000, foi a testemunha



de menor fertilidade, seguidas por Triticale BR 4 e IPR 111, ambas classificadas como férteis. As demais testemunhas foram classificadas como férteis ou altamente férteis, sendo apenas três delas classificadas dentro do grupo altamente fértil, embora cinco testemunhas do grupo fértil tenham apresentado valores de percentagem de sementes/flores próximos à alta fertilidade. Observou-se uma ampla variação na percentagem de produção de semente/flor nos cultivares testemunhas e esta variação pode estar associada ao processo de seleção que vem sendo desenvolvido dentro dos programas de melhoramento, demonstrando com isso, que a seleção tem provocado resultados significativos, onde, os cultivares mais recentes (Tabela 2), aparentemente, apresentaram maiores valores de fertilidade de espiga.

Para as análises da fertilidade média das espigas da população macho-estéril, conduzida a campo no ano de 2006, foi observado que as maiores percentagens de produção de semente/flor foram obtidas nos genótipos não protegidos com fenótipo indefinido, indicando que esses genótipos eram, em sua maioria, macho-férteis e/ou que ocorreu seleção para pólen de maior viabilidade, devido ao ambiente estressante dentro do pacote de papel-manteiga, e que essa característica seja transmitida para a geração seguinte através do gameta masculino (Tabela 8). Quando a média da fertilidade dos genótipos é dividida conforme o fenótipo de esterilidade apresentado no ano de 2006, variações na produção de semente/flor são observadas, sendo que para indivíduos com fenótipo macho-estéril em 2006, os maiores valores de fertilidade de espiga foram observados nos genótipos caracterizados como protegidos no ano de 2005. Os genótipos descendentes de plantas caracterizadas por possuírem fenótipo indefinido para macho-esterilidade, e avaliados em 2006, apresentaram valores de fertilidade da espiga próximos aos observados nos genótipos protegidos e esta fertilidade de espiga pode estar associada ao fato de que estes genótipos devam ser, em sua grande maioria, macho-férteis, embora, não se possa ter certeza sobre isto. Os genótipos descendentes de plantas caracterizadas como não

protegidas, e com fenótipo macho-estéril em 2005, apresentaram os menores valores de fertilidade de espiga. Não pode ser descartado que plantas com fenótipo macho-estéril, que por sua vez apresentam maior instabilidade na formação de tétrades, também apresentem menor fertilidade feminina, visto que não houve associação evidente entre a produção de pólen viável e o fenótipo de flor aberta, ou seja, macho-estéril (Tabela 14). Pode também ter ocorrido maior esterilidade dos grãos de pólen em 2006, para plantas com fenótipo macho-estéril, e os dados de viabilidade do pólen, coletados em 2007 não representem bem o que ocorreu com a população macho-estéril em 2006.

As plantas com fenótipo macho-fértil em 2006 foram classificadas, conforme a Tabela 4, como férteis (46 a 65% de semente/flor), sendo que na média geral os valores de fertilidade de espiga foram inferiores aos das melhores testemunhas (Tabela 8). Enquanto que, as plantas com fenótipo macho-estéril são classificadas como de esterilidade intermediária (11 a 25% de semente/flor) à fertilidade intermediária (26 a 45% de semente/flor), com valores de fertilidade de espiga inferiores aqueles apresentados pelo cultivar testemunha com menor fertilidade (Tabela 7). Esses resultados evidenciam que o fenótipo de macho-esterilidade na população, está associado, com a redução da fertilidade de espiga observados neste estudo e que compromete a utilização plena desta população em trabalhos de melhoramento que tenham como objetivo direto o rendimento da cultura.

Para as plantas com fenótipo macho-fértil em 2006, independente da classificação da planta-mãe que lhes deram origem, foi observada que a fertilidade da espiga foi acima de 50% de semente/flor, valor similar ao dos cultivares testemunhas com menor fertilidade, porém, com fertilidade reduzida se comparado com as testemunhas de maior fertilidade, inclusive a IAPAR 54 que obteve valores de 69,71%, embora o número de plantas avaliadas para essa testemunha tenha sido pequeno e não permita maior certeza sobre sua real classificação da fertilidade de espiga (Tabela 7). Por outro lado, os indivíduos caracterizados como de fenótipo macho-estéril apresentaram baixa fertilidade da espiga,

em especial, aqueles derivados de plantas que não foram protegidas contra a fecundação cruzada em 2005. O subgrupo de plantas com fenótipo macho-estéril, em 2006, derivadas de espigas protegidas em 2005 obteve a maior fertilidade do grupo de fenótipo macho-estéril, sendo quase o dobro dos outros dois subgrupos de fenótipo macho-estéril, embora só tenha sido significativamente superior ao subgrupo derivado de plantas não protegidas com fenótipo macho-estéril, em 2005 (Tabela 8). Novamente vale ressaltar que o fato destas plantas terem sido originadas de espigas que tiveram a espiga protegida da fecundação cruzada, pode ter ocorrido uma seleção para aumento da macho-fertilidade, enquanto que para os outros dois subgrupos, por apresentarem algum grau de esterilidade, a produção de pólen foi limitada, e por conseqüência, comprometeu a fecundação das flores e a fertilidade da espiga.

As comparações realizadas para fertilidade da espiga, através do Teste *T* de Student, mostraram diferenças significativas entre a maior fertilidade de espiga de plantas com fenótipo macho-fértil em 2006 e a menor fertilidade de espiga das plantas com fenótipo macho-estéril em 2006 (Tabela 8). Isto evidencia que o fenótipo macho-estéril (flor-aberta), apresentado pelas plantas a campo, está realmente associado com a fertilidade da espiga, e então possivelmente associado com a esterilidade do pólen, embora também não possa ser descartada a associação com a esterilidade feminina, como já descrito anteriormente. Ao compararem-se esses genótipos com o cultivar IAPAR 54, que foi o cultivar que deu origem a esta fonte de macho-esterilidade, é possível observar que há diferenças significativas para fertilidade da espiga, sendo que plantas com fenótipo macho-estéril apresentam as maiores reduções da fertilidade da espiga quando comparadas com o IAPAR 54, do que as plantas com fenótipo macho-fértil, em 2006 (Tabela 8). Valores similares a estes foram obtidos pela comparação da média de todas as testemunhas utilizadas neste estudo, com as plantas que apresentam fenótipo macho-estéril. Portanto, a utilização dos genótipos macho-estéreis em programas de melhoramento, que tenham

como um dos objetivos a seleção para maior rendimento de grãos, deve ser realizada com cautela.

Análises de correlação entre a fertilidade das espigas e a percentagem de plantas com fenótipo macho-estéril no ano de 2007 (Tabela 9), revelaram que há uma tendência de que plantas com fenótipo macho-fértil em 2006, e que apresentaram maior fertilidade de espiga, sejam descendentes de plantas com maior fertilidade de espiga em 2005, embora somente uma das correlações tenha sido significativa, para esse grupo de plantas, e duas tenham significância inferior a 10% de probabilidade. A correlação de maior significância estatística, e talvez de maior significado prático, foi à correlação negativa, e forte, entre a fertilidade da espiga de plantas com fenótipo macho-estéril indefinido em 2005 e a fertilidade de espigas de suas progênies em 2006. Para uma possível interpretação dessa correlação negativa deve-se atentar para o fato de que em 2005 foi realizada seleção para espigas que apresentavam elevado número aparente de grãos por espiga, e essas plantas representam boa parte das plantas classificadas como de fenótipo indefinido em 2005. Essa fertilidade aparente de espiga foi confirmada quando realizou-se a contagem de grãos e de espiguetas das plantas selecionadas em 2005. Desta forma, é possível que a fertilidade de espiga das plantas classificadas como de fenótipo indefinido seja uma superestimativa e que apresentava herdabilidade baixa, resultando na forte correlação negativa observada para esse grupo de plantas.

Com relação aos ensaios de rendimento de grãos das linhagens selecionadas a partir da população macho-estéril, pode ser verificado, que a testemunha BRS 148 foi inferior às demais testemunhas e linhagens avaliadas (Tabela 10), indo ao encontro da observação, de que o cultivar BRS 148 tem baixa fertilidade de espiga (Tabela 7). Apenas em 2005 um grupo de linhagens foi superior à testemunha CEP 28 - Guará quanto ao rendimento de grãos. Nos dois anos de avaliação, 2006 e 2007, em que o cultivar IAPAR 54 foi utilizado como testemunha, nenhuma linhagem foi superior a essa testemunha. Esse fato pode estar

indicando que a variabilidade para rendimento de grãos dentro da população macho-estéril seja pequena, apesar da grande variabilidade observada para tipo agrônômico, estatura, data de florescimento e maturação, hábito de crescimento (dados não mostrados), a pequena variabilidade para rendimento de grãos pode estar associada à possível autofecundação parcial da planta IAPAR 54, resultando em menor contribuição de outros genótipos para a fecundação da planta que deu origem a população macho-estéril em 2001, além do fato de não ter havido nova introdução de variabilidade genética depois daquela data. Baseando-se nos dados de fertilidade de espigas autofecundadas de 2006 (Tabela 8), para as plantas que apresentam o fenótipo de macho-esterilidade (flor aberta na antese), pode-se concluir que essas plantas da população macho-estéril apresentam esterilidade intermediária (Tabela 4). Desta forma, pode-se inferir que a planta do cultivar IAPAR 54 com fenótipo macho-estéril em 2001 também apresentou esterilidade apenas parcial e deve ter tido algum grau de autofecundação, contribuindo para a redução da variabilidade genética para rendimento de grãos na sua progênie, caráter esse controlando por um número muito elevado de genes.

Observações realizadas em telado no verão/outono de 2007, e também a campo no inverno de 2007, permitiram observar alterações no fenótipo das plantas, causadas pelas baixas temperaturas, bem como, plantas com variação para o fenótipo de macho-esterilidade entre seus filhos, ou seja, filho(s) com fenótipo macho-fértil e filho(s) com fenótipo macho-estéril, na mesma planta, indicando que o ambiente, tenha elevada influência sobre a expressão do fenótipo de macho-esterilidade. É possível que o ambiente durante o desenvolvimento de um filho, em relação ao outro, tenha sido diferente o suficiente para permitir a variação observada. A influência do ambiente sobre a expressão da macho-esterilidade já foi relatada na literatura por Matsui *et al.* (1999 e 2000) em *Hordeum vulgare* L e *Oryza sativa* L., respectivamente e Goetz, (2001) em *Nicotiana tabacum*.

Avaliações fenotípicas realizadas a campo em 2006, permitiram evidenciar, que plantas caracterizadas em 2005 com fenótipo macho-fértil, e a maioria daquelas caracterizadas com fenótipo macho-estéril, produziram tanto plantas macho-estéreis como macho-férteis em 2006, em diferentes proporções. Embora resultados de linhagens individuais não tenham sido apresentados, é importante descrever que três plantas classificadas como macho-estéreis, e não protegidas contra a fecundação cruzada, em 2005 não apresentam plantas com fenótipo macho-estéril em sua progênie de 2006, sendo que os números de indivíduos avaliados em 2006 foram de 6, 11 e 13 plantas nas diferentes linhagens. Outra linhagem avaliada em 2006, também descendente de planta de fenótipo macho-estéril e não protegida contra a fecundação cruzada em 2005, apresentou apenas três plantas macho-estéreis, num total de 25 plantas, mostrando com isso haver segregação para o fenótipo de macho-esterilidade, mas mesmo assim trata-se de um caráter herdável nesta população, visto que essas linhagens constituíram-se em exceções.

Análises do fenótipo de macho-esterilidade foram realizadas conforme o fenótipo que as plantas apresentaram a campo nos anos de 2006 e 2007, ou seja, flores bem abertas durante a antese foram consideradas como macho-estéreis e plantas com flores fechadas durante a antese foram consideradas macho-férteis (Tabela 11). Foi observada elevada segregação para a característica fenótipo macho-estéril. Plantas caracterizadas como de fenótipo macho-fértil em 2006, apresentaram segregação para o fenótipo, produzindo plantas com fenótipo macho-fértil e fenótipo macho-estéril em 2007, bem como, plantas caracterizadas como macho-estéreis também apresentaram segregação. O conjunto de resultados acerca do fenótipo de macho-esterilidade permite concluir que a característica de macho-esterilidade seja controlada geneticamente e, desta forma, seja herdável. Além de que, fica claro que o ambiente tem papel importante na expressão do fenótipo macho-estéril e no nível de viabilidade do pólen observado na população macho-estéril.

Para as análises meióticas realizadas nos cultivares testemunhas, estes, apresentaram diferentes percentagens de anormalidades quando conduzidas em ambientes distintos (Tabela 13), corroborando com os resultados de Sisodia & McGinnis (1970), que também evidenciaram diferentes percentagens de anormalidades meióticas quando conduziram populações de triticales em ambientes diferentes, além de a instabilidade meiótica influenciar o pareamento dos cromossomos e causar muitos distúrbios citológicos (Lelley, 1992). A meiose das testemunhas foi mais regular na primeira época de semeadura, comparada com os resultados da segunda época de semeadura, evidenciando que as condições ambientais, sob a qual as plantas são conduzidas, têm influência sobre as irregularidades meióticas nos cultivares de triticales. Conforme Bodanese Zanettini, (1982) mudanças climáticas, principalmente na temperatura, tem alta influência na frequência de células-mãe-de-pólen com irregularidades na cultura do trigo, tendo um papel preponderante no surgimento de cromossomos retardatários.

Foi também observada interação entre a estabilidade meiótica e a época de semeadura das testemunhas, onde a maior mudança entre o comportamento da estabilidade meiótica observada entre as épocas de semeadura, foi no cultivar BRS Minotauro, que na primeira época de semeadura apresentou 62,89% de células normais, pertencendo ao grupo de genótipos com meiose mais estável, enquanto que na segunda época, apresentou 43,90% de células normais, pertencendo ao grupo de testemunhas com meiose mais instável.

O fato das testemunhas implantadas na primeira época de semeadura ter apresentado maiores percentagens de células normais na meiose pode estar relacionado com o menor estresse biótico e abiótico que pode ter ocorrido durante o cultivo, uma vez que a primeira semeadura foi realizada em data mais adequada do que a segunda época de semeadura, que foi realizada após a época recomendada à semeadura da cultura de triticales. Em estudo desenvolvido por Jain & Rana (1963) foi observado que plantas de trigo ao

serem submetidas a altas temperaturas apresentaram assinapse parcial em células-mãe-de-pólen, aumentando as anormalidades no processo meiótico da cultura. Enquanto Boyd *et al.*, (1970) não encontraram diferenças na presença de irregularidades meióticas ao submeterem plantas de trigo a dois regimes de temperatura.

No cultivar testemunha Triticale BR 4, foi observada tanto baixa percentagem de células normais na meiose, como baixa percentagem de produção de sementes por flor. Esse resultado pode estar associado com a instabilidade meiótica, que é um fator determinante da fertilidade de espiga. Porém, estes dados não se confirmam quando é avaliada a cultivar BRS 203 que apresentou altas percentagens de células normais, contudo, porém apresentou baixa fertilidade de espiga. Isto indica que não há associação direta entre estabilidade meiótica e fertilidade de espiga, ou que a relação entre essas duas características varia entre genótipos de triticale. Isto é reforçado pelos resultados encontrados para o cultivar IAPAR 23 - Arapoti, que apresentou baixa percentagem de células normais, porém alta fertilidade de espiga, e para o cultivar CEP 28 - Guará que apresentou alta percentagem de células normais e alta fertilidade. Levando-se em consideração que o funcionamento do genoma não possa ser tão variável de genótipo para genótipo, é possível supor que, a hipótese mais provável seja que a estabilidade meiótica não está diretamente relacionada com a fertilidade de espiga, sendo assim, a fertilidade das plantas não é apenas dependente da regularidade meiótica, mas também de outros fatores, como a capacidade de produção de gametas viáveis ao final do processo de gametogênese, mesmo apresentando meiose altamente irregular. Em estudo desenvolvido por Del Duca (1976) em trigo, este autor, não encontrou associação entre as irregularidades cromossômicas e a fertilidade das espigas, salientando que fatores genéticos atuam de forma mais significativa na determinação da fertilidade.

Os resultados obtidos pela avaliação do índice meiótico corroboram com os resultados obtidos através da análise meiótica, sendo que os maiores índices meióticos



foram obtidos pela média dos genótipos implantados na primeira época de semeadura. Considerando-se as médias entre a primeira e a segunda época de semeadura dos cultivares testemunhas, evidencia-se que, de maneira geral, os cultivares mais antigos, Triticale BR4, IAPAR 23 - Arapoti, IAPAR 38 - Araruna e IAPAR 54, apresentaram os menores valores de índice meiótico, já os cultivares não tão antigos, Embrapa 53, CEP 28 - Guará e Fundacep 48 apresentaram valores intermediários e os cultivares mais novos como BRS 148, BRS 203, BRS Minotauro e IPR 111 apresentaram os maiores valores de índice meiótico. Aparentemente existe relação entre a época de melhoramento dos cultivares e o índice meiótico, indicando que a seleção estaria atuando indiretamente sobre este caráter, mas mesmo assim, o índice meiótico das testemunhas ainda está abaixo do valor proposto por Löve (1939) para um índice adequado. Desta forma, é provável que o melhoramento de plantas esteja conseguindo melhorar o índice meiótico através da seleção, porém a estabilidade do processo meiótico no triticale ainda está muito aquém de uma espécie com história evolutiva mais longa.

A viabilidade dos grãos de pólen das testemunhas foi acima de 80%, embora a estabilidade meiótica e o índice meiótico dos genótipos testemunhas tenham sido relativamente baixo. Por exemplo, o cultivar Triticale BR 4 apresentou percentagem de células normais na meiose de 40,80% e índice meiótico de 52,89%, enquanto que a percentagem de pólen viável foi relativamente elevada, sendo igual a 85,32%. Por outro lado, o cultivar CEP 28 – Guará, apresentou ambos, meiose (61,14% de células normais) e índice meiótico (71,83%) mais regulares do que Triticale BR 4, porém a viabilidade de pólen foi inferior (80,92%). Esses resultados reforçam a hipótese de que a formação de gametas viáveis não está diretamente associada ao grau de estabilidade da meiose, embora, em última instância dependa dela.

O rendimento de grãos é o principal objetivo de um programa de melhoramento de triticale e análises da viabilidade do pólen e da fertilidade de espiga podem ser estratégias

efetivas na escolha de genótipos parentais superiores, onde, com a adoção dessas estratégias se poderia evitar a necessidade da análise de irregularidades meióticas, que segundo Bione *et al.* (2003) estão associadas à esterilidade do pólen em plantas macho-estéreis.

As irregularidades meióticas observadas nas testemunhas mostram que mesmo com todo o progresso de seleção já realizado em triticales, muitas irregularidades ainda são observadas e que há a necessidade de mais tempo para a estabilização meiótica desta espécie, pelo fato deste cereal ser um alopoliplóide recente. O que, possivelmente, ainda demandará muitos anos para a sua estabilização meiótica (Leitch & Bennett, 1997). Bem como, por este cereal ser originado da hibridação de duas espécies distintas, o que intensifica as anormalidades no genoma desta nova espécie (Oettler, 2005).

As análises meióticas realizadas na população macho-estéril mostraram diversas anormalidades, com altos índices de células irregulares e presença de univalentes (Tabela 14), e esta instabilidade deve estar associada a muitos fatores que possivelmente estejam interligados (Oettler, 2005). Resultados semelhantes a estes foram observados por Jung *et al.*, (1985) e Hohmann (1993) em triticales. Neste estudo, a percentagem de células normais foi inferior para os grupos macho-férteis e macho-estéreis, quando comparados com os genótipos testemunhas. Por outro lado, a fertilidade de espiga de plantas com fenótipo macho-fértil foi significativamente maior que aquela observada em plantas com fenótipo macho-estéril. Assim como, foram observadas diferenças na média das irregularidades meióticas entre os dois grupos, sendo as irregularidades meióticas mais intensas nas plantas com fenótipo macho-estéril.

Dentro do grupo de plantas com fenótipo macho-fértil, da população macho-estéril, a maior percentagem de células normais na meiose foi observada no subgrupo com maior fertilidade de espiga e para o grupo de plantas com fenótipo macho-estéril isto se repetiu. As menores percentagens de células normais na análise da meiose, dentro do grupo de

plantas com fenótipo macho-fértil, foram observadas em subgrupo com fertilidade intermediária, e para os genótipos com fenótipo macho-estéril foram encontradas no subgrupo classificado como de baixa fertilidade. Desta forma, pode-se levantar a hipótese de não há uma associação direta entre as anormalidades meióticas observadas e a fertilidade das espigas. As irregularidades meióticas na cultura do triticales são elevadas, em trabalho desenvolvido por Shkutina & Khvostova (1971) foram observados valores de 12 a 87% de irregularidades em uma população de triticales hexaplóide. Os resultados observados neste trabalho mostraram valores semelhantes e até superiores aos observados por esses autores, evidenciando que o fenótipo de esterilidade pode intensificar ainda mais estas irregularidades.

As irregularidades meióticas podem estar associadas a problemas de dissimilaridade estrutural entre os cromossomos de trigo e centeio, bem como, pelo ambiente externo onde as plantas foram conduzidas. A instabilidade da meiose da população macho-estéril foi maior do que aquela observada nos cultivares testemunhas de triticales. Não é possível, a partir dos dados obtidos, determinar a causa da maior instabilidade meiótica da população macho-estéril. As associações cromossômicas, atribuídas à presença dos cromossomos do centeio em triticales, podem ser um dos fatores determinantes das irregularidades, concordando com a descrição de Jung *et al.*, (1985); Lelley, (1992) e Varghese *et al.*, (1983). Por outro lado, o fato da população macho-estéril ter sido derivada do cultivar IAPAR 54 não permite supor que tenham ocorrido mudanças muito drásticas nas associações entre os cromossomos de trigo e centeio. É mais plausível supor que a macho-esterilidade parcial, a presença do fenótipo macho-estéril, a maior instabilidade meiótica e menor viabilidade do pólen da população macho-estéril, em relação à testemunha IAPAR 54, possua controle genético mais fino, já que esses problemas são reduzidos, de modo mais ou menos eficiente, nas gerações híbridas F<sub>2</sub> e de retrocruzamentos com testemunhas macho-férteis.

A aderência dos cromossomos e as associações cromossômicas observadas nesta população podem estar associadas a fatores ambientais, bem como, ao pH do solo, não sendo possível identificar de forma precisa qual foi o fator determinante destas alterações. Segundo Pagliarini (2000), as condições ambientais sob a qual os genótipos então sendo conduzidos apresentam alta influenciaram sobre o nível de associações cromossômicas. Já Moraes-Fernades (1982) destaca que o excesso de alumínio presente no solo se relaciona com distúrbios no processo de divisão celular, descrição esta, reforçada por Zanella *et al.*, (1988) para genótipos de trigo.

Com relação ao índice meiótico, foi observada alta presença de micronúcleos nas células avaliadas, onde ocorreram diferenças nas médias, sendo que o índice meiótico dos genótipos do grupo macho-fértil foi maior do que a média dos genótipos macho-estéreis. Estes resultados podem explicar a maior fertilidade observada para os genótipos macho-férteis, já que não apresentaram diferenças na estabilidade da meiose, indicando que a formação de tétrades normais pode ser crucial para a maior fertilidade de espiga. De acordo com Sjodin (1970) a presença de micronúcleos em *Vicia faba* L. é causada, na maioria das vezes, pelas irregularidades observadas na segunda divisão meiótica, especialmente a separação irregular de univalentes, e estes, causam redução do índice meiótico. Del Duca (1980) encontrou coeficientes de correlação significativos, embora baixos, entre fatores ambientais e ocorrência de micronúcleos para um dos locais avaliados em experimento conduzido com a cultura do trigo. Bodanese Zanettini (1982), em estudo com cultivares de trigo, sugere a existência de influência do ambiente, para os diferentes locais de cultivo na ocorrência de micronúcleos nas tétrades. Pode-se novamente especular que a fase de formação de tétrades seja crucial para a formação de gametas viáveis, em especial, na meiose feminina, pois dos quatro megásporos formados três irão degenerar e apenas um seguirá para a fase de mitose e conseqüente formação do saco embrionário (Riley & Kimber, 1961). Os maiores índices meióticos para o grupo com fenótipo macho-

fértil foi obtido dentro do subgrupo com maior percentagem de produção de sementes, repetindo-se também para o grupo com fenótipo macho-estéril, enquanto que os menores índices foram obtidos em subgrupos de fertilidade intermediária, para os genótipos macho-férteis e para os genótipos macho-estéreis. Foram observados altos índices de tétrades com a presença de micronúcleos e estas podem alterar a viabilidade dos grãos de pólen.

Na análise da viabilidade dos grãos de pólen, foi observado que as plantas com fenótipo macho-estéril (flores abertas na antese) apresentaram maior viabilidade de pólen do que as plantas com fenótipo macho-fértil. Vale ressaltar que nesta avaliação um dos genótipos caracterizados como sendo de fenótipo macho-fértil apresentou baixa viabilidade de pólen, o que pode ter comprometido a média do grupo macho-fértil. A maior viabilidade para as plantas com fenótipo macho-fértil foi observada no subgrupo de 11 a 25% e a menor viabilidade para o subgrupo de 66-100%. Para o grupo com fenótipo macho-estéril, a maior viabilidade foi obtida dentro de um dos grupos com menor produção de sementes (26-45%) e a menor viabilidade foi obtida em um grupo com baixa produção (1-10%). É possível que a determinação do fenótipo macho-estéril (flores abertas na antese) esteja associada à regularidade da formação de tétrades, ou seja, do índice meiótico e por consequência na formação de grãos de pólen viáveis.

Para os genótipos da população macho-estéril de forma geral, foram observadas muitas irregularidades na meiose, reduzido índice meiótico e baixa viabilidade dos grãos de pólen, em ambos os grupos, com fenótipo macho-fértil e fenótipo macho-estéril, podendo com isso, ser inferido que, independente do fenótipo apresentado a campo, a macho-esterilidade presente nesta população, causa alterações e danos ao processo meiótico, mesmo que a esterilidade não esteja sendo expressa no fenótipo da planta, onde os resultados em termos de estabilidade genética são negativos e comprometem a estabilidade da população. Conforme Lukaszewski *et al.*, (1987), altos índices de

instabilidade meiótica podem reduzir de forma significativa a fertilidade dos genótipos, principalmente se a instabilidade afetar a viabilidade dos grãos de pólen.

Uma das hipóteses possíveis para explicar a expressão do fenótipo macho-fértil seja a maior instabilidade da formação de tétrades dessas plantas antes da antese, resultando em um gatilho que resultará na expressão do fenótipo macho-estéril, com abertura das flores por ocasião da antese. A abertura das flores de plantas macho-estéreis, parciais ou totais, durante a antese, permite que as plantas macho-estéreis tenham maior chance de fecundação e dessa forma manter-se na população. Também vale lembrar que o estigma fica receptivo antes dos grãos de pólen estarem maduros, e mesmo havendo produção parcial de pólen, plantas com fenótipo macho-estéril sempre apresentarão algum grau de fecundação cruzada. Não é possível distinguir entre causa e efeito, quanto à instabilidade na produção de tétrades e a expressão do fenótipo macho-estéril, ou seja, tanto é possível que a baixa produção de tétrades normais seja o causador da expressão do fenótipo macho-estéril, como é possível, que algum outro evento genético controle tanto a baixa produção de tétrades normais e a expressão do fenótipo de flor aberta durante a antese. Nesse último caso ambos os eventos são resultado de um evento anterior e desconhecido, porém herdável. Pode-se ainda dizer que, plantas com fenótipo macho-estéril não necessariamente não produzem pólen viável, apenas possuem produção de tétrades mais instável, fenômeno que pode resultar em menor produção de pólen viável. O que é demonstrado pelo fato das plantas com fenótipo macho-estéreis quase sempre se autofecundam em algum grau.

Altos índices de tétrades com micronúcleos foram observados na população macho-estéril, o que reduziu o índice meiótico, porém, os índices meióticos obtidos foram inferiores as percentagens de viabilidade dos grãos de pólen. Mesmo em plantas que apresentam elevado nível de tétrades irregulares, estas, podem degenerar-se, não acarretando na redução da estimativa da percentagem de grãos de pólen viáveis, porém reduzindo a quantidade total de pólen viável produzido pela antera, justificando com isso

as diferenças observadas nas médias destes dois caracteres observados neste trabalho. Este processo aparente de degeneração foi citado por Baptista-Giacomelli *et al.* (2000), em *Avena sativa*, L. e por Pozzobon (2005), em *Capsicum* sp.

A fertilidade das espigas, nesta dissertação, foi medida em espigas protegidas contra a fecundação cruzada, e determinada como a proporção de sementes produzidas em relação ao número total de flores. Em espigas protegidas a fertilidade da espiga é dependente da produção de pólen viável, porém quantidades relativamente pequenas de pólen podem ser suficientes para resultar em uma produção elevada de sementes na espiga, caso as condições dentro do saco protetor da espiga não sejam de umidade muito elevada ou muito baixa, principalmente, reduzindo a eficiência da polinização. Porém, a fertilidade da espiga é também dependente da produção de gametas femininos viáveis. É possível que a instabilidade da meiose em triticales, observada na gametogênese masculina, também ocorra na gametogênese feminina, embora esta, não tenha sido avaliada neste estudo, sendo assim, genótipos com meiose mais instável também podem ter fertilidade feminina reduzida, acarretando em menor fertilidade da espiga.

Nas avaliações meióticas realizadas com as plantas das populações F<sub>2</sub>, foi observado que as irregularidades meióticas desta geração foram menores do que as observadas na população macho-estéril (Tabela 15) e com valores semelhantes ao das cultivares testemunhas. Os resultados sugerem que esteja ocorrendo restauração parcial da estabilidade meiótica, embora não completa. Por outro lado, a restauração da viabilidade do pólen, é elevada. Com as análises feitas, pode-se observar que o cruzamento realizado entre plantas macho-estéreis e o cultivar Fundacep 48 mostrou-se mais eficiente na elevação da percentagem de células normais na meiose. O cultivar Fundacep 48 também foi o mais eficiente em melhorar o índice meiótico nas plantas F<sub>2</sub>. Enquanto que, para a viabilidade dos grãos de pólen, os melhores resultados na melhoria deste caráter na geração

F<sub>2</sub> foram observados nos cruzamentos com os cultivares BRS 148 e Embrapa 53. Estes resultados permitem sugerir que cultivares mais recentes apresentam melhor capacidade de restauração do índice meiótico e da viabilidade dos grãos de pólen, mas é importante ressaltar que o número de indivíduos avaliados na população F<sub>2</sub> foi reduzido, limitando conclusões mais precisas sobre a maior eficiência na restauração da fertilidade.

A percentagem de plantas com fenótipo macho-estéril nos retrocruzamentos foi bastante baixa, sendo 2,70% do total observado. Estes resultados vão ao encontro daqueles observados para a geração F<sub>2</sub> e indicam que há restauração da viabilidade do pólen, devendo haver genes restauradores da fertilidade presentes nos genomas dos cultivares testemunha, uma vez que os retrocruzamentos foram realizados entre plantas F<sub>1</sub> e testemunhas macho-férteis.

As gerações dos retrocruzamentos avaliadas apresentaram maior índice meiótico e maior viabilidade de grãos de pólen do que a geração F<sub>2</sub>, enquanto as percentagens de células normais na meiose não foram muito diferentes entre as duas gerações, sendo até mais elevada nas populações F<sub>2</sub> (Tabela 16). Fica evidenciado, portanto, que há maior associação entre a viabilidade do pólen e a estabilidade na formação de tétrades, do que com a estabilidade das fases da meiose, sendo importante lembrar, que as plantas da população macho-estéril derivadas de plantas com fenótipo macho-fértil apresentaram maior índice meiótico, em relação às plantas derivadas de plantas com fenótipo macho-estéril, porém não foram detectadas diferenças para a viabilidade do pólen. É importante ressaltar que os resultados para a população macho-estéril (Tabela 17) indicam que, na média da progênie de uma planta, as plantas que apresentam fenótipo macho-estéril apresentam menor índice meiótico do que as plantas que apresentam fenótipo macho-fértil, independente se a planta mãe foi derivada de uma planta macho-fértil ou macho-estéril, reforçando a hipótese de que a expressão do fenótipo macho-estéril (flores abertas na antese) está fortemente associada com a instabilidade na formação de tétrades.



Para a análise meiótica dos retrocruzamentos, os valores mais elevados, foram obtidos nos genótipos derivados do retrocruzamento com o cultivar IAPAR 54; para o índice meiótico os melhores resultados foram obtidos para os retrocruzamentos com o cultivar Fundacep 48 e para a viabilidade do pólen com o cultivar Embrapa 53. Pode-se observar com isso que as restaurações mais eficientes da estabilidade meiótica e da fertilidade do pólen, tanto para as populações  $F_2$ , quanto para os retrocruzamentos, foram obtidos com cultivares de triticales lançadas mais recentemente.

A análise citogenética dos retrocruzamentos revelou proporções relativamente baixas de células normais na meiose e índice meiótico com valores intermediários, quando comparada com as elevadas proporções de pólen viável. Levanta-se a hipótese de que as fases finais da gametogênese são mais fáceis de serem restauradas do que as fases iniciais, ou seja, mesmo havendo irregularidades no processo meiótico, os micrósporos que conseguem formar-se darão origem a grãos de pólen viáveis. A restauração da capacidade da formação de pólen viável deve depender, entre outros fatores, da formação de tétrades com menor proporção de irregularidades, ou seja, tétrades normais que não são degeneradas.

Os genótipos conduzidos a campo em 2007 foram separados em grupos conforme a caracterização adotada para a planta-mãe no ano de 2005 e conforme o fenótipo apresentado a campo no ano de 2006 e suas médias foram avaliadas com relação à estabilidade meiótica (Tabela 17). Quando as plantas são avaliadas conforme a caracterização da planta-mãe de 2005 os resultados apresentam variações dentro de cada subgrupo, porém quando os genótipos são avaliados, pela média das médias obtidas dos subgrupos, pode-se inferir pelos resultados, que para as análises meióticas não ocorrem diferenças significativas entre os genótipos, contudo, para a avaliação do índice meiótico e da viabilidade dos grãos de pólen, pode-se observar, que os genótipos caracterizados em 2006 e em 2007 por apresentarem fenótipo de macho-fertilidade apresentaram os melhores

valores, seguidos pelos genótipos que apresentaram fenótipo macho-fértil em 2006 e fenótipo macho-estéril em 2007. As plantas caracterizadas em 2006, como de fenótipo macho-estéril, apresentaram os menores valores, com exceção, para a viabilidade dos grãos de pólen para genótipos macho-estéreis em 2006 e macho-férteis em 2007, que apresentaram valores significativamente maiores, demonstrando com isso que o fenótipo de esterilidade pode estar associado com a viabilidade dos grãos de pólen a campo. Comparações entre a média das médias obtidas para a população macho-estéril e as médias das populações  $F_2$  permitem observar que a geração  $F_2$  apresenta resultados superiores para as características avaliadas, contudo, apresentam resultados inferiores quando comparada com os resultados obtidos para os retrocruzamentos, demonstrando estar havendo a restauração da fertilidade de forma mais eficiente para o índice meiótico e para a viabilidade do pólen e em menor escala para a estabilidade meiótica. Embora, a análise tenha sido comprometida pela avaliação restrita de indivíduos das populações  $F_2$  e dos retrocruzamentos.

A alta instabilidade meiótica e influência do ambiente, tanto no nível de esterilidade do pólen como sobre a expressão do fenótipo macho-estéril (flores abertas na antese), apresentadas por esta população são fatores determinantes para a utilização com cautela desta fonte de macho-esterilidade em programas de melhoramento.

## 6. CONCLUSÕES

1. O fenótipo de macho-esterilidade apresentado pela população macho-estéril de triticales é associado com irregularidades na meiose, especialmente na formação de tétrades, e é herdável.
2. A expressão do fenótipo macho-estéril é fortemente influenciada pelas condições ambientais.
3. A macho-esterilidade, avaliada a partir da fertilidade de espiga, é do tipo parcial, ou seja, há produção de pólen viável, mesmo em proporções reduzidas, pelas plantas de fenótipo macho-estéril.
4. Plantas caracterizadas como de fenótipo macho-estéril apresentam menor fertilidade de espiga do que as plantas com fenótipo macho-fértil, porém a fertilidade de espiga não está diretamente associada com a viabilidade do pólen.
5. É possível que a determinação da expressão do fenótipo de macho-esterilidade esteja associada à regularidade da fase de formação de tétrades na meiose, sendo que plantas com formação de tétrades mais irregulares terão fenótipo macho-estéril, enquanto plantas com formação de tétrades menos irregulares terão fenótipo macho-fértil.
6. A população macho-estéril apresentou comportamento meiótico irregular em todas as fases da meiose, com índice meiótico e viabilidade do pólen reduzidos, indicando serem meioticamente instáveis.

7. A população macho-estéril apresentou baixos valores de estabilidade meiótica, índice meiótico e viabilidade dos grãos de pólen quando comparados com os cultivares testemunhas, genótipos das populações  $F_2$  e retrocruzamentos independente do fenótipo de esterilidade apresentado a campo.
8. Os cultivares testemunhas também apresentaram níveis elevados de irregularidade em todas as fases da meiose e índice meiótico abaixo daquele considerado ideal. Porém, a meiose dos cultivares testemunha foi bem mais estável do que a meiose da população macho-estéril.
9. A viabilidade do pólen dos cultivares testemunhas foi elevada e superior à da população macho-estéril.
10. A restauração da fertilidade, a partir do cruzamento entre indivíduos com fenótipo macho-estéril e genótipos macho-férteis testemunhas foi efetiva e rápida, tanto na redução da expressão do fenótipo macho-estéril, quanto no aumento da viabilidade do pólen. Porém, o aumento na estabilidade da meiose nas populações híbridas foi pequeno, se comparada com o aumento da viabilidade do pólen, indicando que a seleção para melhorar a estabilidade da meiose seja mais difícil do que para melhorar a viabilidade do pólen.
11. Programas de melhoramento de triticale deveriam usar a fertilidade da espiga como um dos critérios de seleção de genitores que compõem o bloco de cruzamentos, pois parece que maior fertilidade de espiga está associada à maior estabilidade da formação de tétrades, embora não esteja associada com a estabilidade das fases anteriores da meiose.
12. A utilização desta fonte de macho-esterilidade em programas de melhoramento deve ser utilizada com cautela, devido às diversas irregularidades meióticas observadas nas análises, bem como, pela alta instabilidade apresentada pelos genótipos em diferentes condições ambientais.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCOCHETE, A. A. N. **Diversidade genética e mapeamento de Q'tls do sistema gênico de macho-esterilidade termosensível (TGMS) do genoma de arroz (*Oryza sativa* L.)**. 157f. Brasília : UnB, 2005. Dissertação (Biologia Celular) - Instituto de Biologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.
- BAIER, A.C.; NEDEL, J.L.; REIS, E.M.; WIETHÖLTER, S. **Triticale: cultivo e aproveitamento**. Passo Fundo : Embrapa.-CNPT, 1985. 72p.
- BAO, W.K.; YAN, Y. Octoploid triticale in China. **Advances in Science of China Biology**, Pequim, v.3, p.55-76, 1993.
- BAPTISTA-GIACOMELLI, F.R.; PAGLIARINI, M.S.; ALMEIDA, J.L. de. Elimination of micronuclei from microspores in a Brazilian oat (*Avena sativa* L.) variety. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v.23, n.3, p.681-684, 2000.
- BAUM, B. R. The taxonomic and cytogenetic implications of the problem of naming amphiploids of triticum and secale. **Euphytica**, Wageningen, v.20, n.2, p.302-306, 1971.
- BENNETT, M.D. Heterochromatin, aberrant endosperm nuclei and grain shrivelling in wheat-rye genotypes. **Heredity**, London, v.39, p.411-419, 1977.
- BIONE, N.C.P; PAGLIARINI, M.S.; ALVES L.A. Further cytological characteristics of a male-sterile mutant in soybean affecting cytokinesis and microspore development. **Plant Breeding**, Westport, v.122, n.3, p.244-247, 2003.
- BOAVIDA, L.C.; MCCORMICK, S. Temperature as a determinant factor for increased and reproducible *in vitro* pollen germination in *Arabidopsis thaliana*. **The Plant Journal**, Glen Ellyn, v.52, n.3, p.570-582, 2007.
- BODANESE-ZANETTINI, M.H. **Comportamento meiótico em cultivares de trigo submetidas a diferentes condições ambientais**. 213f. Porto Alegre : UFRGS, 1982. Tese (Genética) – Faculdade de Biologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1982.
- BODANESE-ZANETTINI, M. H.; ZANELLA, C. C.; SILVA ZARY, A. M.; MORAES FERNANDES, M. I. B.; CALLEGARI-JACQUES, S. M. Aneuploidy and chromosome mosaics in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L. Thell.) cultivars. **Cereal Research Communications**, Szeged, v. 21, n. 4, p. 269-275, 1993.

BOFF, T. **Comportamento meiótico e fertilidade do pólen em espécies de *Leucaena Bentham* (Leguminosae/Mimosoideae)**. 159f. Porto Alegre : UFRGS, 2002. Dissertação (Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

BOYD, W.J.R.; SISODIA, N.S.; LARTER, E.N. A comparative study of the cytological and reproductive behaviour of wheat and triticale subjected to two temperature regimes. **Euphytica**, Wageningen, n.19, p.490-497. 1970.

CHASE, D.C. Genetically engineered cytoplasmic male sterility. **Trends in Plant Science**, Oxford, v.11, n.1, p.7-9, 2006.

CHEN, Q. F. Improving male fertility restoration of common wheat for *Triticum timopheevii* cytoplasm. **Plant Breeding**, Westport, v.122, n.5, p.401-404, 2003.

COFFEY, M. T.; GERRITS, W. J. Digestibility and feeding value of b858 triticale for swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.66, n.11, p.2728-2735, 1988.

COIMBRA, S.; TORRÃO, L.; ABREU, I. Programmed cell death induces male sterility in *Actinidia deliciosa* female flowers. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v.42, n.6, p.537-541, 2004.

COMAI, L. Genetic and epigenetic interactions in allopolyploid plants. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v.43, n.2, p.387-399, 2000.

COMAI, L.; TYAGI, N.P.; WINTER, K.; DAVIS, R.H.; REYNOLDS, S.H.; STEVENS, I.; BYERS, B. Phenotypic instability and rapid gene silencing in newly formed *arabidopsis* allotetraploids. **The Plant Cell**, Rockville, v.12, n.9, p.1551-1567, 2000.

CONTERATO, I. F. **Estudos citogenéticos em espécies Americanas de *Lupinus L.*: Número cromossômico e comportamento meiótico**. 122f. Porto Alegre : UFRGS, 2004. Dissertação (Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

DEMBINSKA, O.; LALONDE, S.; SAINI, H.S. Evidence against the regulation of grain set by spikelet abscisic acid levels in waterstressed wheat. **Plant Physiology**, Washington, v.146, n.2, p.1599-1602, 1992.

DEL DUCA, L.; MORAES- FERNANDES, M. I. B. de. Meiotic instability in some brazilian common wheat cultivars. **Cereal Research Communications**, Szeged, v.8, n.4, p.619-625, 1980.

ELLNESKOG-STAAM, P.; MERKER, S. Genome composition, stability and fertility of hexaploid allopolyploids between *Triticum turgidum* var. *carthlicum* and *Leymus racemosus*. **Hereditas**, Lund, v.134, n.1, p.79-84, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília : EMBRAPA-SPI, 1999. 412p.

ENGELKE, T.; HULSMANN, S.; TATLIOGLU, T. A comparative study of microsporogenesis and anther wall development in different types of genic and

cytoplasmic male sterilities in chives. **Plant Breeding**, Westport v.121, n.3, p.254-258, 2002.

FALCÃO, T. M. M. DE A. **Influência genotípica no comportamento meiótico e relação entre aberrações cromossômicas e fertilidade em triticale hexaplóide (Triticosecale Wittmack)**. 145f. Porto Alegre : UFRGS, 1978. Dissertação (Genética) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1978.

FALCÃO, T. M. M. A.; MORAES-FERNANDES, M.I. B DE; BODANESE-ZANETTINI, M.H. Genotypic and environmental effect on meiotic behavior and the influence of chromosomal abnormalities on fertility of hexaploid triticale (X Triticosecale Wittmack). **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.4, n.4, p. 611-624, 1981.

GLOVER, J.; GRELON, M.; CRAIG, S.; CHAUDURY, A.; DENNIS, L. Cloning and characterisation of MS5 from *Arabidopsis*: a gene critical in male meiosis. **Plant Journal**, Oxford, v.15, n.3, p.345-356, 1998.

GOETZ, M.; GODT, D.E.; GUIVARC'H, A.; KAHMANN, U.; CHRIQUI, D.; ROITSCH, T. Induction of male sterility in plants by metabolic engineering of the carbohydrate supply. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v.98, n.11, p.6522-6527, 2001.

GUPTA, P.K.; BAUM, B.R. Nomenclature and Related Taxonomic Issues in Wheats, Triticales and Some of Their Wild Relatives. **Taxon**, Utrecht, v.35, n.1, p.144-149, 1986.

HARLAN, J.R.; de WET, J.M.J. On Ö Winge and a prayer: the origins of polyploidy. **Botanical Review**, Nova York, v.41, n.4, p.311-390, 1975.

HE, P.; FRIEBE, B.R.; GILL, B.S.; ZHOU, J. Allopolyploidy alters gene expression in the highly stable hexaploid wheat. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v.52, n.2, p.401-414, 2003.

HERNOULD, M.S.; ZABALETA, E.; CARDE, J.P.; LITVAK, S.; ARAYA, A.; MOURAS, A. Impairment of *tapetum* and mitochondria in engineered male-sterile tobacco plants. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v.36, n.4, p.499-508, 1998.

HILL, G.M. **Quality**: triticale in animal nutrition. In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 2., 1990, Passo Fundo, RS, Brazil. **Proceedings**, Passo Fundo, RS, Brazil, 1990. p.422-427.

HOHMANN, U. Stabilization of tetraploid triticale with chromosomes from *Triticum aestivum* (ABD)(ABD)RR (2n = 28). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 86. n. 2, p.356-364, 1993.

JAIN, H.K.; RANA, R.S. Temperature sensitive of chromosomes in diploid and polyploidy species of wheat. **Nature**, London, n.200, p.499-500. 1963.

JUNG, C.; LELLEY, T.; BELEN, G. Genetic interactions between wheat and rye genomes in triticale. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.70, n.4, p.422-426, 1985.

- KAUL, M.L.H. **Genic male sterility**. In: Male sterility in higher plants. Berlin, p.15-96, 1988.
- KE, L.P.; SUN, Y.Q.; HONG, D.F.; LIU, P.W.; YANG, G.S. Identification of AFLP markers linked to one recessive genic male sterility gene in oilseed rape, *Brassica napus*. **Plant Breeding**, Westport, v.124, n.4, p.367-370, 2005.
- KERSTIN, S.; KEMPKEN, F. Biotechnology: Engineered male sterility in plant hybrid breeding. **Progress in Botany**, Berlin, v.67, p.178-187, 2006.
- KLASSEN, A. J.; HILL, R. D.; LARTER, E. N. Alpha amilase activity and carbohydrate content as related to kernel development in Triticale. **Crop Science**, Madison, v.11, n.2, p.265-267, 1971.
- KRISHNA, M.R.; UMA DEVI, K. Variation in expression of genic male sterility in pearl millet. **Journal of Heredity**, London, v.74, n.1, p.34-38, 1983.
- KU, S.; YOON, H.; SUH, H.S.; CHUNG, Y.Y. Male-sterility of thermosensitive genic male-sterile rice is associated with premature programmed cell death of the tapetum. **Planta**, Berlin, v.217, n.4, p.559-565, 2003.
- LEITCH, I.J.; BENNETT, M.D. Polyploidy in angiosperms. **Trends in Plant Science**, Oxford, v.2, n.12, p.470-476, 1997.
- LELLEY, T. Triticale, still a promise? **Plant Breeding**, Westport, v.109, n.1, p.1-17, 1992.
- LINDSCHAU, M.; OEHLER, E. Untersuchungen am Konstant Intermediären Additiven Rimpau'schen Weizen-Roggen-Bastard. **Züchter**, n.7, p.228-233, 1935.
- LIU, F.; CUI, X.; HORNER, H.; WEINER, H.; SCHABLE, P.S. Mitochondrial aldehyde dehydrogenase activity is required for male fertility in maize. **Plant Cell**, Dordrecht, v.13, n.5, p.1063-1078, 2001.
- LIU, B.; WENDEL, J.F. Epigenetic phenomena and the evolution of plant allopolyploids. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, Orlando, v.29, n.3, p.365-379, 2003.
- LÖVE, R.M. **Estudos citológicos preliminares de trigos rio-grandenses**. Porto Alegre: Secretaria do Estado dos Negócios da Agricultura, Indústria e Comércio, 1949. 23p. (Circular, 74).
- LUKASZEWSKI, A.J.; APOLINARSKA, B.; GUSTAFSON, J.P. Introduction of the D-genome chromosomes from bread wheat into hexaploid Triticale with a complete rye genome. **Genome**, Ottawa, v.29, n.3, p.425-430, 1987.
- LUN, A. K.; SMULDERS, J. A. H. M.; ADEOLA, O. Digestibility and acceptability of oac wintri triticale by growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign v.68, n.2, p.503-510, 1988.
- LUO, X.D.; DAI, L.F.; WANG, S.B.; WOLUKAU, J.N; JAHN, M.; CHEN, J.F. Male gamete development and early tapetal degeneration in cytoplasmic male-sterile pepper



investigated by meiotic, anatomical and ultrastructural analyses. **Plant Breeding**, Westport, v.125, n.4, p.395-399, 2006.

MATSUI, T.; OMASA, K.; HORIE, T. Mechanism of anther dehiscence in rice (*Oryza sativa* L.). **Annals of Botany**, London, v.84, n.54, p.501-506, 1999.

MATSUI, T.; OMASA, K.; HORIE, T. Mechanism of septum opening in anthers of two-rowed barley (*Hordeum vulgare* L.). **Annals of Botany**, London, v.86, n.1, p.47-51, 2000.

McCLINTOCK, B. The significance of responses of the genome to challenge. **Science**, Washington, v.226, n.46, p.792-801, 1984.

MORAES-FERNANDES, M.I.B. **Herança do comportamento meiótico em células mães de pólen de trigo**. In: Reunião anual conjunta de pesquisa do trigo, 10. Melhoramento de trigo, sementes, triticales e cevada. Passo Fundo: Centro Nacional de Pesquisa de Trigo – EMBRAPA - CNPT, p.76-82, Porto Alegre, 1978.

MORAES-FERNANDES, M. I. B. **Citogenética**. In: OSÓRIO, E. A. Trigo no Brasil. Campinas: Fundação Cargill, 1982. p. 620.

MORGAN, J.M. Possible role of abscisic acid in reducing seed set in water-stressed wheat plants. **Nature**, London, v. 285, p.655-657, 1980.

MURAI, K.; TSUNEWAKI, K. Photoperiod-sensitive cytoplasmic male sterility in wheat with *Aegilops crassa* cytoplasm. **Euphytica**, Wageningen, v.67, n.1, p.41-48, 1993.

NAMUCO.; O'TOOLE, J.C. Reproductive stage water stress and sterility. I. Effect of stress during meiosis. **Crop Science**, Madison, v.26, n.2, p.317-321, 1986.

NARANJO, T.; LACADENA, J.R. Interaction between wheat chromosomes and rye telomeric heterochromatin on meiotic pairing of chromosome pair 1 R of rye in wheat-rye derivatives. **Chromosoma**, Berlin, v.81, n.2, p.249-261, 1980.

OETTLER, G. The effect of wheat cytoplasm on the synthesis of wheat x rye hybrids. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.71, n.3, p.467-471, 1985.

OETTLER, G. The fortune of a botanical curiosity – triticales: past, present and future. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.143, n.5, p.329-346, 2005.

OETTLER, G.; WEHMANN, F.; UTZ, H.F. Influence of wheat and rye parents on agronomic characters in primary hexaploid and octoploid triticales. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.81, n.3, p.401-405, 1991.

OTTO, S.P.; WHITTON, J. Polyploid incidence and evolution. **Annual Review of Genetic**, Palo Alto, n.34, p.401-437, 2000.

PAGLIARINI, M.S. Meiotic behavior of economically important plant species: the relationship between fertility and male sterility. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v.23, n.4, p.997-1002, 2000.

PATRICK, S. S.; WISE. R. P. The molecular basis of cytoplasmic male sterility and fertility restoration. **Trends in Plant Science**, Oxford, v.3, n.5, p.175-180, 1998.

- POZZOBON, M.T. **Caracterização citogenética de acessos de germoplasmas de espécies silvestres e semidomesticadas do gênero Capsicum (Solanaceae)**. 152f. 2005. Tese (Doutorado - Melhoramento vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- RAMSEY, J.; SCHEMSKE, D.W. Neopolyploid in flowering plants. **Annual Review Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.33, p.589-639, 2002.
- RAMSEY, J.; SCHEMSKE, D.W. Pathways, mechanisms, and rates of polyploidy formation in flowering plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.29, p.467-501, 1998.
- RAO, M.K.; UMA DEVI, K.; ARUNDHATI, A. Applications of Genie Male Sterility in Plant Breeding. **Plant Breeding**, Westport, v.105, n.2, p.1-25, 1990.
- RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. 6. edição. Rio de Janeiro : Guanabara., 2001. 906p.
- RILEY, R.; CHAPMAN, Y. Genetic control of the cytological diploid behavior of hexaplóide wheat. **Nature**, London, v.182, p.713-715, 1958.
- RILEY, R. The meiotic behaviour fertility and stability of wheat-rye chromosome addition lines. **Heredity**, London, v.14, n.1, p.89-100, 1960.
- RILEY, R.; KIMBER, G. Aneuploids and the cytogenetic structure of wheat varietal populations. **Heredity**, Edinburgh, v.3, n.16, p.275-290. 1961.
- ROCHA, J. A. G; NEDEL, J. L.; BAIER, A.C. Teste de envelhecimento precoce para sementes de Triticale (Triticosecale Wittmack). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.4, n.3, p.206-210, 1998.
- ROMANO, M. da C.S.; ANTUNES, M.P.S. Pesquisa da tendência para a alogamia em triticale. **Melhoramento**, Elvas, n.38, p. 128-135, 2002.
- SANTOS-GUERRA, M.; MORAES-FERNANDES, M. I. B. Somatic instability in the Brazilian semi-dwarf wheat variety IAS 54. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, Ottawa, v. 19, n. 2, p. 225-230, 1977.
- SAS Institute, Inc. 2000. SAS OnlineDoc, Version 8.02. <http://v8doc.sas.com/sashtml/>
- SEAL, A.G. C-banded wheat chromosomes in wheat and triticale. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.63, n.1, p.39-47, 1982.
- SHI, M.S. Discovery and preliminary study on recessive male sterile rice sensitive to light duration. **China Agricultural Sciences**, Beijing, v.2, n.1, p.44-48, 1985.
- SHKUTINA, F.M.; KHVOSTOVA, V.V. Cytological investigation of triticale. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.41, n.3, p.109-119, 1971.
- SINGH, R.J. **Plant cytogenetics**. Florida: CRC Press, 1993. 391p.

SINGH, D. Inheritance of novel partial genetic male sterility in hexaploid wheat. **Annual Wheat Newsletter**, Manhattan, v. 47, p.74-76, 2001.

SISODIA, N.S.; MCGINNIS, R.C. Importance of hexaploid wheat germoplasm in hexaploid triticales breeding. **Crop Science**, Madison, v.10, n.2, p.161-162, 1970.

SJODIN, J. Induced asynaptic mutants in *Vicia faba* L. **Hereditas**, Lund, n.66, p.221-232, 1970.

STEBBINS, G.L. **Variation and Evolution in Plants**. Columbia University Press. New York, 1951. 643p.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. 1997. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3. edição. Boston : McGraw-Hill, 1997. 666 p.

VARGHESE, J.P.; LELLEY, T. Origin of nuclear aberrations and seed shrivelling in triticales: a re-evaluation of the role of C-heterochromatin. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.66, n.2, p.159-167, 1983.

ZANELLA, C. C.; ZANETTINI, M H B; MORAES- FERNANDES, M.I.B de; ZINN, D. M. Genotypic differences in chromosomal behaviour of wheat cultivars to soil acidity. **Annual Wheat Newsletter**, Estados Unidos, v.34, p.36-37, 1988.

WEIMARCK, A. Cytogenetic behaviour in octoploid Triticales. II. Meiosis with special reference to chiasma frequency and fertility in F<sub>1</sub> and parents. **Hereditas**, Lund, v.80, n.2, p.121-130, 1975.

WOLSKI, T. **Winter triticales breeding**. In In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 2., 1990, Passo Fundo, RS, Brazil. **Proceedings**, Passo Fundo, RS, Brazil, 1990. p.41-48.

WORRALL, D.; HIRD, D.L.; HODGE, R.; WYATT, P.; DRAPER, J.; SCOTT, R. Premature dissolution of the microsporocyte callose wall causes male sterility in transgenic tobacco. **Plant Cell**, Dordrecht, v.4, n.7, p.759-771, 1992.

YOUNG, L.W.; WILEN, R.W.; BONHAM-SMITH, P.C. High temperature stress of *Brassica napus* during flowering reduces micro- and megagametophyte fertility, induces fruit abortion, and disrupts seed production. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.55, n.396, p.485-495, 2004.

## **8. APÊNDICES**

APÊNDICE 1. Análise meiótica das testemunhas do primeiro plantio em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Testemunhas    | Meiose  |                           |                         |                          |                         |                          | Número total de células |
|----------------|---|---------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                | Diacinese/<br>Metáfase I <sup>1</sup>                                   | Anáfase I <sup>2</sup>    | Telófase I <sup>2</sup> | Metáfase II <sup>2</sup> | Anáfase II <sup>2</sup> | Telófase II <sup>2</sup> |                         |
| Triticale BR 4 | 2*2Ir <sup>d</sup><br>10 (N) <sup>m</sup><br>15 (I No + A) <sup>m</sup> | 58 (N)<br>60(Ir)<br>2 (P) | 54 (N)<br>116 (Ir)      | 1 (N)<br>4 (Ir)          | 2 (N)<br>8 (Ir)         | 18 (N)<br>36 (Ir)        | 388                     |
| Embrapa 53     | 0 <sup>d</sup><br>1 (N) <sup>m</sup><br>3 (I No) <sup>m</sup>           | 2(N)<br>7(Ir)             | 14(N)<br>16(Ir)         | 19 (N)<br>15(Ir)         | 17(N)<br>22 (Ir)        | 36(N)<br>40 (Ir)         | 192                     |
| BRS 148        | 0 <sup>d</sup><br>-<br>6 (I No + A) <sup>m</sup>                        | 4 (N)<br>9 (Ir)           | 7 (N)<br>23 (Ir)        | 8 (N)<br>16 (Ir)         | 23 (N)<br>49 (Ir)       | 36 (N)<br>68 (Ir)        | 249                     |
| BRS 203        | 1*2Ir <sup>d</sup><br>2 (N) <sup>m</sup><br>6 (I No) <sup>m</sup>       | 54 (N)<br>10 (Ir)         | 14 (N)<br>11 (Ir)       | 12 (N)<br>7 (Ir)         | 30 (N)<br>16 (Ir)       | 10 (N)<br>14 (Ir)        | 189                     |
| BRS Minotauro  | 3Ir <sup>d</sup><br>1 (N) <sup>m</sup><br>6 (I No) <sup>m</sup>         | 20 (N)<br>8 (Ir)<br>1 (P) | 20 (N)<br>6 (Ir)        | 2 (N)<br>1 (Ir)          | 8 (N)<br>4 (Ir)         | 10 (N)<br>7 (Ir)         | 97                      |
| CEP 28 - Guará | 1* <sup>d</sup><br>1 (N) <sup>m</sup><br>2 (I No + A) <sup>m</sup>      | 14 (N)<br>8 (Ir)          | 23 (N)<br>15 (Ir)       | 9 (N)<br>5 (Ir)          | 17 (N)<br>21 (Ir)       | 12 (N)<br>7 (Ir)         | 135                     |

...continuação.

APÊNDICE 1. Análise meiótica das testemunhas do primeiro plantio em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Testemunhas        | Meiose  |                            |                            |                             |                            |                             | Número total de células |
|--------------------|---|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|                    | Diacinese/<br>Metáfase I <sup>1</sup>                                 | Anáfase<br>I <sup>2</sup>  | Telófase<br>I <sup>2</sup> | Metáfase<br>II <sup>2</sup> | Anáfase<br>II <sup>2</sup> | Telófase<br>II <sup>2</sup> |                         |
| Fundacep 48        | 0 <sup>d</sup><br>1 (N) <sup>m</sup><br>2 (I No) <sup>m</sup>         | 4 (N)<br>2 (Ir)            | 22 (N)<br>8 (Ir)           | 12 (N)<br>10 (Ir)           | 47 (N)<br>32 (Ir)          | 60 (N)<br>26 (Ir)           | 226                     |
| IAPAR 23 - Arapoti | 1* <sup>d</sup><br>3 (N) <sup>m</sup><br>1 (I No) <sup>m</sup>        | 12 (N)<br>10 (Ir)          | 6 (N)<br>7 (Ir)            | 3 (N)<br>5 (Ir)             | 4 (N)<br>6 (Ir)            | 10 (N)<br>12 (Ir)           | 80                      |
| IAPAR 38 - Araruna | 0 <sup>d</sup><br>1 (N) <sup>m</sup><br>-                             | 14 (N)<br>9 (Ir)           | 20 (N)<br>8 (Ir)           | 4 (N)<br>6 (Ir)             | 12 (N)<br>8 (Ir)           | 10 (N)<br>5 (Ir)            | 97                      |
| IAPAR 54           | 2*3Ir <sup>d</sup><br>11(N) <sup>m</sup><br>17(I No + A) <sup>m</sup> | 76 (N)<br>70 (Ir)<br>1 (P) | 64 (N)<br>48 (Ir)          | 10 (N)<br>8 (Ir)            | 12 (N)<br>6 (Ir)           | 3 (N)<br>3 (Ir)             | 334                     |
| IPR 111            | 2*2Ir <sup>d</sup><br>7 (N) <sup>m</sup><br>5 (I No + A) <sup>m</sup> | 8 (N)<br>6 (Ir)            | 16 (N)<br>4 (Ir)           | 1 (N)<br>4 (Ir)             | 12 (N)<br>18 (Ir)          | 40 (N)<br>48 (Ir)           | 173                     |

<sup>1</sup> Diacinese (d) e Metáfase I (m): \*= Normal; Ir= Irregular; N= normal; No= número de células com cromossomos não orientados; A= Associações não identificadas; I = Univalentes.

<sup>2</sup> Anáfase I e II, telófase I e II, metáfase II: N= normal; Ir =irregular, retardatários e/ou fragmentos; P= ponte.

APÊNDICE 2. Análise meiótica das testemunhas do segundo plantio em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Testemunhas    | Meiose   |                            |                            |                             |                            |                             | Número total de células |
|----------------|--|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|                | Diacinese/<br>Metáfase I <sup>1</sup>                                  | Anáfase<br>I <sup>2</sup>  | Telófase<br>I <sup>2</sup> | Metáfase<br>II <sup>2</sup> | Anáfase<br>II <sup>2</sup> | Telófase<br>II <sup>2</sup> |                         |
| Triticale BR 4 | 0 <sup>d</sup><br>3 (N) <sup>m</sup><br>5 (A) <sup>m</sup>             | 14 (N)<br>12 (Ir)<br>1 (P) | 42 (N)<br>54 (Ir)          | 3 (N)<br>2 (Ir)             | 4 (N)<br>10 (Ir)           | 8 (N)<br>10 (Ir)            | 168                     |
| Embrapa 53     | 0 <sup>d</sup><br>-<br>-   | 6 (N)<br>8 (Ir)            | 12 (N)<br>12 (Ir)          | 14 (N)<br>14 (Ir)           | 14 (N)<br>26 (Ir)          | 104 (N)<br>91 (Ir)          | 301                     |
| BRS 148        | 0 <sup>d</sup><br>16 (N) <sup>m</sup><br>14 (I No + A) <sup>m</sup>    | 48 (N)<br>46 (Ir)<br>1 (P) | 88 (N)<br>24 (Ir)          | 6 (N)<br>18 (Ir)            | 6 (N)<br>8 (Ir)            | 55 (N)<br>23 (Ir)           | 353                     |
| BRS 203        | 2* <sup>d</sup><br>8 (N) <sup>m</sup><br>7 (I No) <sup>m</sup>         | 30 (N)<br>14 (Ir)          | 17 (N)<br>20 (Ir)          | 9 (N)<br>7 (Ir)             | 30 (N)<br>21 (Ir)          | 23 (N)<br>28 (Ir)           | 216                     |
| BRS Minotauro  | 0 <sup>d</sup><br>2 (N) <sup>m</sup><br>-                              | 4 (N)<br>8 (Ir)            | 16 (N)<br>20 (Ir)          | 12 (N)<br>14 (Ir)           | 22 (N)<br>26 (Ir)          | 52 (N)<br>70 (Ir)           | 246                     |
| CEP 28 - Guará | 1*2Ir <sup>d</sup><br>1 (N) <sup>m</sup><br>10 (I No + A) <sup>m</sup> | 58 (N)<br>30 (Ir)          | 16 (N)<br>8 (Ir)           | 6 (N)<br>4 (Ir)             | 8 (N)<br>3 (Ir)            | 4 (N)<br>-                  | 151                     |

... continuação.

APÊNDICE 2. Análise meiótica das testemunhas do segundo plantio em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Testemunhas        | Meiose  |                           |                            |                             |                            |                             | Número total de células |
|--------------------|---|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|                    | Diacinese/<br>Metáfase I <sup>1</sup>                               | Anáfase<br>I <sup>2</sup> | Telófase<br>I <sup>2</sup> | Metáfase<br>II <sup>2</sup> | Anáfase<br>II <sup>2</sup> | Telófase<br>II <sup>2</sup> |                         |
| Fundacep 48        | 3*1Ir <sup>d</sup><br>1 (N) <sup>m</sup><br>8 (I No) <sup>m</sup>   | 6 (N)<br>5 (Ir)           | 19 (N)<br>13 (Ir)          | 20 (N)<br>16 (Ir)           | 36 (N)<br>29 (Ir)          | 40 (N)<br>34 (Ir)           | 231                     |
| IAPAR 23 - Arapoti | 2Ir <sup>d</sup><br>6 (N) <sup>m</sup><br>9 (I No + A) <sup>m</sup> | 8 (N)<br>14 (Ir)          | 17 (N)<br>21 (Ir)          | 13 (N)<br>16 (Ir)           | 28 (N)<br>32 (Ir)          | 25 (N)<br>31 (Ir)           | 222                     |
| IAPAR 38 - Araruna | 0 <sup>d</sup><br>1 (N) <sup>m</sup><br>3 (I No) <sup>m</sup>       | 4 (N)<br>6 (Ir)           | 15 (N)<br>11 (Ir)          | 9 (N)<br>10 (Ir)            | 14 (N)<br>17 (Ir)          | 35 (N)<br>28 (Ir)           | 153                     |
| IAPAR 54           | 0 <sup>d</sup><br>2 (N) <sup>m</sup><br>5 (I No) <sup>m</sup>       | 23 (N)<br>18 (Ir)         | 38 (N)<br>35 (Ir)          | 17 (N)<br>12 (Ir)           | 20 (N)<br>16 (Ir)          | 9 (N)<br>10 (Ir)            | 205                     |
| IPR 111            | 0 <sup>d</sup><br>3 (N) <sup>m</sup><br>6 (I No + A) <sup>m</sup>   | 16 (N)<br>52 (Ir)         | 94 (N)<br>96 (Ir)          | 5 (N)<br>12 (Ir)            | 16 (N)<br>20 (Ir)          | 10 (N)<br>4 (Ir)            | 334                     |

<sup>1</sup> Diacinese (d) e Metáfase I (m): \*= Normal; Ir= Irregular; N= normal; No= número de células com cromossomos não orientados; A= Associações não identificadas; I = Univalentes.

<sup>2</sup> Anáfase I e II, telófase I e II, metáfase II: N= normal; Ir =irregular, retardatários e/ou fragmentos; P= ponte.



APÊNDICE 3. Análise meiótica da população macho-estéril em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Grupo | % | Planta          | Fenótipo<br>Esterilidade | Meiose   |                             |                            |                             |                            |                             | Número total<br>de células |
|-------|---|-----------------|--------------------------|--|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|       |   |                 |                          | Diacinese/<br>Metáfase I <sup>1</sup>                                  | Anáfase<br>I <sup>2</sup>   | Telófase<br>I <sup>2</sup> | Metáfase<br>II <sup>2</sup> | Anáfase<br>II <sup>2</sup> | Telófase<br>II <sup>2</sup> |                            |
| 1     | 0 | 05-23-6(1)(2)   | NPMe/F/F                 | 0 <sup>d</sup><br>6 (N) <sup>m</sup><br>2 (I No) <sup>m</sup>          | 42 (N)<br>30 (Ir)<br>1 (P*) | 8 (N)<br>16 (Ir)           | 6 (N)<br>12 (Ir)            | 2 (N)<br>5 (Ir)            | 2 (N)<br>1 (Ir)             | 133                        |
| 1     | 0 | 05-23-6(1) (3)  | NPMe/F/F                 | 1* 2Ir <sup>d</sup><br>8 (N) <sup>m</sup><br>18 (I No +A) <sup>m</sup> | 14 (N)<br>24 (Ir)           | 14 (N)<br>16 (Ir)          | 5 (N)<br>10 (Ir)            | 2 (N)<br>10 (Ir)           | 10 (N)<br>22 (Ir)           | 156                        |
| 1     | 0 | 05-23-6(2)(4)   | NPMe/E/F                 | 1Ir <sup>d</sup><br>2 (N) <sup>m</sup><br>7 (I No) <sup>m</sup>        | 2 (N)<br>44 (Ir)            | 3 (N)<br>26 (Ir)           | 4 (N)<br>4 (Ir)             | -                          | -                           | 93                         |
| 1     | 0 | 05-38-9 (14)(1) | P/E/F                    | 2* 4Ir <sup>d</sup><br>6 (N) <sup>m</sup><br>22 (I No +A) <sup>m</sup> | 22 (N)<br>56 (Ir)           | 16 (N)<br>28 (Ir)          | 2 (N)<br>10 (Ir)            | -<br>2 (Ir)                | -<br>-                      | 170                        |
| 1     | 0 | 05-38-9(14)(1)  | P/E/F                    | 0 <sup>d</sup><br>-<br>-   | 6 (N)<br>58 (Ir)            | 2 (N)<br>14 (Ir)           | -<br>2 (Ir)                 | -<br>2 (Ir)                | 8 (N)<br>18 (Ir)            | 110                        |

... continuação.

APÊNDICE 3. Análise meiótica da população macho-estéril em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Grupo | % | Planta          | Fenótipo<br>Esterilidade | Meiose  |                             |                            |                             |                            |                             | Número total<br>de células |
|-------|---|-----------------|--------------------------|---|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|       |   |                 |                          | Diacinese/<br>Metáfase I <sup>1</sup>                                 | Anáfase<br>I <sup>2</sup>   | Telófase<br>I <sup>2</sup> | Metáfase<br>II <sup>2</sup> | Anáfase<br>II <sup>2</sup> | Telófase<br>II <sup>2</sup> |                            |
| 1     | 0 | 05-38-9(14)(5)  | P/E/F                    | 0 <sup>d</sup><br>2 (N) <sup>m</sup><br>-                             | 10 (N)<br>40 (Ir)<br>1 (P*) | 12 (N)<br>26 (Ir)          | 57 (N)<br>23 (Ir)           | 29 (N)<br>32 (Ir)          | 79 (N)<br>30 (Ir)           | 341                        |
| 1     | 0 | 05-59-33(5)(7)  | NPMe/F/F                 | 0 <sup>d</sup><br>4 (N) <sup>m</sup><br>2 (I No) <sup>m</sup>         | 6 (N)<br>12 (Ir)            | 10 (N)<br>2 (Ir)           | 2 (N)<br>6 (Ir)             | 4 (N)<br>9 (Ir)            | 24 (N)<br>40 (Ir)           | 121                        |
| 1     | 0 | 05-60-44(12)(1) | NPMe/E/F                 | 1*2Ir <sup>d</sup><br>7 (N) <sup>m</sup><br>12 (I No +A) <sup>m</sup> | 3 (N)<br>6 (Ir)             | 14 (N)<br>18 (Ir)          | 4 (N)<br>9 (Ir)             | 11 (N)<br>18 (Ir)          | 20 (N)<br>36 (Ir)           | 161                        |
| 1     | 0 | 05-60-44(12)(4) | NPMe/E/F                 | 0 <sup>d</sup><br>-<br>4(I No) <sup>m</sup>                           | 22 (N)<br>67 (Ir)           | 70 (N)<br>106 (Ir)         | 11 (N)<br>18 (Ir)           | 23 (N)<br>41 (Ir)          | 13 (N)<br>18 (Ir)           | 393                        |
| 1     | 0 | 05-60-54(2)(8)  | NPMe/E/F                 | 0 <sup>d</sup><br>-<br>-  | 3 (N)<br>11 (Ir)            | 34 (N)<br>30 (Ir)          | 10 (N)<br>8 (Ir)            | 32 (N)<br>36 (Ir)          | 12 (N)<br>8 (Ir)            | 184                        |

... continuação.

APÊNDICE 3. Análise meiótica da população macho-estéril em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Grupo | %     | Planta         | Fenótipo<br>Esterilidade | Meiose   |                           |                            |                             |                            |                             | Número total<br>de células |
|-------|-------|----------------|--------------------------|--|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|       |       |                |                          | Diacinese/<br>Metáfase I <sup>1</sup>  | Anáfase<br>I <sup>2</sup> | Telófase<br>I <sup>2</sup> | Metáfase<br>II <sup>2</sup> | Anáfase<br>II <sup>2</sup> | Telófase<br>II <sup>2</sup> |                            |
| 2     | 1-10  | 05-38-8(2)(5)  | P/E/E                    | 2*5Ir <sup>d</sup><br>13 (N) <sup>m</sup><br>26 (I No + A) <sup>m</sup>      | 4 (N)<br>12 (Ir)          | 6 (N)<br>6 (Ir)            | 1 (N)<br>12 (Ir)            | 1 (N)<br>5 (Ir)            | -<br>-                      | 93                         |
| 2     | 1-10  | 05-59-42(3)(7) | NP ind/E/E               | 0 <sup>d</sup><br>3 (N) <sup>m</sup><br>4 (I No) <sup>m</sup>                | 13 (N)<br>28 (Ir)         | 4 (N)<br>6 (Ir)            | 13 (N)<br>16 (Ir)           | 24 (N)<br>64 (Ir)          | 12 (N)<br>16 (Ir)           | 203                        |
| 3     | 11-25 | 05-59-34(3)(4) | NPMe/E/F                 | -<br>-   | 8 (N)<br>22 (Ir)          | 9 (N)<br>14 (Ir)           | 4 (N)<br>11 (Ir)            | 18 (N)<br>26 (Ir)          | 10 (N)<br>42 (Ir)           | 164                        |
| 3     | 11-25 | 05-59-36(1)(1) | NPMe/F/E                 | 3*3Ir <sup>d</sup><br>14 (N) <sup>m</sup><br>34 (I No + IV + A) <sup>m</sup> | 9 (N)<br>15 (Ir)          | 3 (N)<br>7 (Ir)            | 1 (N)<br>13 (Ir)            | 2 (N)<br>8 (Ir)            | 9 (N)<br>8 (Ir)             | 129                        |
| 3     | 11-25 | 05-59-36(1)(4) | NPMe/F/F                 | 2Ir <sup>d</sup><br>7 (N) <sup>m</sup><br>26 (No) <sup>m</sup>               | 19 (N)<br>33 (Ir)         | 22 (N)<br>14 (Ir)          | 13 (N)<br>11 (Ir)           | 6 (N)<br>12 (Ir)           | 15 (N)<br>22 (Ir)           | 202                        |

... continuação.

APÊNDICE 3. Análise meiótica da população macho-estéril em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Grupo | %     | Planta          | Fenótipo<br>Esterilidade | Meiose  |                              |                            |                             |                            |                             | Número total<br>de células |
|-------|-------|-----------------|--------------------------|---|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|       |       |                 |                          | Diacinese/<br>Metáfase I <sup>1</sup>                             | Anáfase<br>I <sup>2</sup>    | Telófase<br>I <sup>2</sup> | Metáfase<br>II <sup>2</sup> | Anáfase<br>II <sup>2</sup> | Telófase<br>II <sup>2</sup> |                            |
| 4     | 1-25  | 05-39-18(5)(3)  | NPMe/F/E                 | 3Ir <sup>d</sup><br>5 (N) <sup>m</sup><br>6 (I No) <sup>m</sup>   | 6 (N)<br>38 (Ir)<br>4 (P*)   | 26 (N)<br>47 (Ir)          | 5 (N)<br>21 (Ir)            | 2 (N)<br>8 (Ir)            | 14 (N)<br>33 (Ir)           | 218                        |
| 4     | 26-45 | 05-39-18(7)(1)  | NPMe/E/F                 | 0 <sup>d</sup><br>2 (N) <sup>m</sup><br>4 (I No) <sup>m</sup>     | 11 (N)<br>27 (Ir)<br>6 (P*)  | 11 (N)<br>20 (Ir)          | 14 (N)<br>16 (Ir)           | 12 (N)<br>7 (Ir)           | 7 (N)<br>7 (Ir)             | 144                        |
| 4     | 26-45 | 05-39-19(1)(4)  | NP ind/F/F               | 0 <sup>d</sup><br>6 (N) <sup>m</sup><br>4 (I No + A) <sup>m</sup> | 7(N)<br>16(Ir)               | 20 (N)<br>41 (Ir)          | 4 (N)<br>9 (Ir)             | -<br>4 (Ir)                | 5 (N)<br>12 (Ir)            | 128                        |
| 5     | 46-65 | 05-59-39(14)(5) | NP ind/F/E               | 1Ir <sup>d</sup><br>2 (N) <sup>m</sup><br>6 (I No) <sup>m</sup>   | 20 (N)<br>26 (Ir)<br>12 (P*) | 4 (N)<br>9 (Ir)            | 1 (N)<br>4 (Ir)             | 54 (N)<br>58 (Ir)          | 48 (N)<br>52 (Ir)           | 297                        |
| 5     | 46-65 | 05-59-39(14)(9) | NP ind/F/E               | 0 <sup>d</sup><br>1 (N) <sup>m</sup><br>6 (I No +A) <sup>m</sup>  | 8 (N)<br>56 (Ir)             | 29 (N)<br>74 (Ir)          | 2 (N)<br>5 (Ir)             | 9 (N)<br>14 (Ir)           | 6 (N)<br>22 (Ir)            | 232                        |

... continuação.

APÊNDICE 3. Análise meiótica da população macho-estéril em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Grupo | %      | Planta          | Fenótipo<br>Esterilidade | Meiose  |                            |                            |                             |                            |                             | Número total<br>de células |
|-------|--------|-----------------|--------------------------|---|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|       |        |                 |                          | Diacinese/<br>Metáfase I <sup>1</sup>                                 | Anáfase<br>I <sup>2</sup>  | Telófase<br>I <sup>2</sup> | Metáfase<br>II <sup>2</sup> | Anáfase<br>II <sup>2</sup> | Telófase<br>II <sup>2</sup> |                            |
| 5     | 46-50  | 05-60-46(13)(3) | NPMe/F/F                 | 2Ir <sup>d</sup><br>3 (N) <sup>m</sup><br>9 (INo + A) <sup>m</sup>    | 14 (N)<br>16 (Ir)          | 34 (N)<br>56 (Ir)          | 11 (N)<br>9 (Ir)            | 29 (N)<br>32 (Ir)          | 7 (N)<br>13 (Ir)            | 235                        |
| 5     | 46-50  | 05-60-46(13)(5) | NPMe/F/F                 | 1*3Ir <sup>d</sup><br>2 (N) <sup>m</sup><br>7 (INo +A) <sup>m</sup>   | 4 (N)<br>18 (Ir)<br>1 (P*) | 6 (N)<br>9 (Ir)            | 2 (N)<br>12(Ir)             | 5 (N)<br>16 (Ir)           | 34 (N)<br>40 (Ir)           | 160                        |
| 6     | 66-100 | 05-38-8(16)(6)  | NP ind/E/F               | 0 <sup>d</sup><br>1 (N) <sup>m</sup><br>4 (INo) <sup>m</sup>          | 4 (N)<br>24 (Ir)           | 16 (N)<br>24 (Ir)          | 32 (N)<br>50 (Ir)           | 3 (N)<br>10 (Ir)           | 51 (N)<br>14 (Ir)           | 233                        |
| 6     | 66-100 | 05-38-8(16)(11) | NP ind/E/F               | 1Ir <sup>d</sup><br>2 (N) <sup>m</sup><br>26 (INo +A) <sup>m</sup>    | 4 (N)<br>20 (Ir)           | 4 (N)<br>8 (Ir)            | 1 (N)<br>4 (Ir)             | 7 (N)<br>3 (Ir)            | 11 (N)<br>13 (Ir)           | 104                        |
| 6     | 66-100 | 05-39-19(11)(2) | NP ind/E/F               | 4*1Ir <sup>d</sup><br>3 (N) <sup>m</sup><br>12 (INo + A) <sup>m</sup> | 18 (N)<br>43 (Ir)          | 32 (N)<br>41(Ir)           | 8 (N)<br>18 (Ir)            | 9 (N)<br>12 (Ir)           | 5 (N)<br>16 (Ir)            | 222                        |

... continuação.

APÊNDICE 3. Análise meiótica da população macho-estéril em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Grupo | %      | Planta          | Fenótipo Esterilidade | Meiose  |                        |                         |                          |                         |                          | Número total de células |
|-------|--------|-----------------|-----------------------|---|------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
|       |        |                 |                       | Diacinese/<br>Metáfase I <sup>1</sup>                                       | Anáfase I <sup>2</sup> | Telófase I <sup>2</sup> | Metáfase II <sup>2</sup> | Anáfase II <sup>2</sup> | Telófase II <sup>2</sup> |                         |
| 6     | 66-100 | 05-39-19(11)(4) | NP ind/E/F            | 2*5Ir <sup>d</sup><br>8 (N) <sup>m</sup><br>38 (I No + IV + A) <sup>m</sup> | 36 (N)<br>50 (Ir)      | 66 (N)<br>45 (Ir)       | 7 (N)<br>13 (Ir)         | 3 (N)<br>9 (Ir)         | 11 (N)<br>24 (Ir)        | 317                     |
| 6     | 66-100 | 05-39-21(6)(1)  | P/F/E                 | 2*1Ir <sup>d</sup><br>8 (N) <sup>m</sup><br>3 (I No) <sup>m</sup>           | 24 (N)<br>30 (Ir)      | 48 (N)<br>56 (Ir)       | 14 (N)<br>9 (Ir)         | 17 (N)<br>22 (Ir)       | 12 (N)<br>15 (Ir)        | 261                     |
| 6     | 66-100 | 05-39-21(6)(9)  | P/F/F                 | 0 <sup>d</sup><br>2 (N) <sup>m</sup><br>1 (I No) <sup>m</sup>               | 1 (N)<br>7 (Ir)        | 10 (N)<br>3 (Ir)        | 7 (N)<br>12 (Ir)         | 1 (N)<br>14 (Ir)        | 81 (N)<br>107 (Ir)       | 246                     |
| 6     | 66-100 | 05-47-31(11)(7) | P/E/E                 | 6*2Ir <sup>d</sup><br>5 (N) <sup>m</sup><br>16 (I No + A) <sup>m</sup>      | 6 (N)<br>14 (Ir)       | 59 (N)<br>32 (Ir)       | 2 (N)<br>7 (Ir)          | 8 (N)<br>12 (Ir)        | 36 (N)<br>53 (Ir)        | 258                     |

<sup>1</sup> Diacinese (d) e Metáfase I (m): \*= Normal; Ir= Irregular; N= normal; No= número de células com cromossomos não orientados; A= Associações não identificadas; I = Univalentes; IV= Quadivalente.

<sup>2</sup> Anáfase I e II, telófase I e II, metáfase II: N= normal; Ir =irregular, retardatários e/ou fragmentos; P\*= ponte.

NPMe = Não protegido com fenótipo macho-estéril; P = Protegido; NP ind. = Não protegido com fenótipo indefinido; F = Fértil; E = Estéril.

APÊNDICE 4. Índice meiótico da população macho-estéril em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Grupo | %    | Planta Analisada | Fenótipo Esterilidade | Tétrades Normais | Tétrades Micronúcleo | Outras Anormalidade | Total de células | Índice Meiótico (IM%) |
|-------|------|------------------|-----------------------|------------------|----------------------|---------------------|------------------|-----------------------|
| 1     | 0    | 05-23-6(1) (2)   | NPM <sub>e</sub> /F/F | 108              | 264                  | 14                  | 386              | 27,98                 |
| 1     | 0    | 05-23-6(1) (3)   | NPM <sub>e</sub> /F/F | 24               | 50                   | 6                   | 80               | 30,00                 |
| 1     | 0    | 05-23-6(2) (4)   | NPM <sub>e</sub> /E/F | 56               | 154                  | -                   | 210              | 26,67                 |
| 1     | 0    | 05-38-9(14) (1)  | P/E/F                 | 95               | 223                  | -                   | 318              | 29,87                 |
| 1     | 0    | 05-38-9(14) (1)  | P/E/F                 | 78               | 346                  | -                   | 424              | 18,40                 |
| 1     | 0    | 05-38-9(14) (5)  | P/E/F                 | 152              | 330                  | -                   | 482              | 31,54                 |
| 1     | 0    | 05-59-33(5) (7)  | NPM <sub>e</sub> /F/F | 240              | 202                  | 22                  | 464              | 51,72                 |
| 1     | 0    | 05-60-44(12) (1) | NPM <sub>e</sub> /E/F | 244              | 182                  | -                   | 426              | 57,28                 |
| 1     | 0    | 05-60-44(12) (4) | NPM <sub>e</sub> /E/F | 16               | 60                   | -                   | 76               | 21,05                 |
| 1     | 0    | 05-60-54 (2) (8) | NPM <sub>e</sub> /E/F | 340              | 130                  | 8                   | 478              | 71,13                 |
| 2     | 1-10 | 05-38-8(2) (5)   | P/E/E                 | 124              | 288                  | -                   | 412              | 30,10                 |

... continuação.

APÊNDICE 4. Índice meiótico da população macho-estéril em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Grupo | %     | Planta Analisada | Fenótipo Esterilidade | Tétrades Normais | Tétrades Micronúcleo | Outras Anormalidades | Total de células | Índice Meiótico (IM%) |
|-------|-------|------------------|-----------------------|------------------|----------------------|----------------------|------------------|-----------------------|
| 2     | 1-10  | 05-59-42(3) (7)  | NP ind/E/E            | 140              | 184                  | -                    | 324              | 43,21                 |
| 3     | 11-25 | 05-59-34(3) (4)  | NPM <sub>e</sub> /E/F | 44               | 166                  | -                    | 210              | 20,95                 |
| 3     | 11-25 | 05-59-36(1) (1)  | NPM <sub>e</sub> /F/E | 112              | 150                  | -                    | 262              | 42,75                 |
| 3     | 11-25 | 05-59-36(1) (4)  | NPM <sub>e</sub> /F/F | 220              | 86                   | -                    | 306              | 71,90                 |
| 4     | 26-45 | 05-39-18(5) (3)  | NPM <sub>e</sub> /F/E | 104              | 220                  | 4                    | 328              | 31,70                 |
| 4     | 26-45 | 05-39-18(7) (1)  | NPM <sub>e</sub> /E/F | 186              | 180                  | 26                   | 392              | 47,45                 |
| 5     | 46-65 | 05-59-39(14) (5) | NP ind/F/E            | 270              | 30                   | -                    | 300              | 90,00                 |
| 5     | 46-65 | 05-59-39(14) (9) | NP ind/F/E            | 80               | 100                  | -                    | 180              | 44,44                 |
| 5     | 46-65 | 05-60-46(13) (3) | NPM <sub>e</sub> /F/F | 92               | 138                  | -                    | 230              | 40,00                 |
| 5     | 46-65 | 05-60-46(13) (5) | NPM <sub>e</sub> /F/F | 194              | 134                  | -                    | 328              | 59,15                 |



... continuação.

APÊNDICE 4. Índice meiótico da população macho-estéril em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Grupo | %      | Planta Analisada | Fenótipo Esterilidade | Tétrades Normais | Tétrades Micronúcleo | Outras Anormalidades | Total de células | Índice Meiótico (IM%) |
|-------|--------|------------------|-----------------------|------------------|----------------------|----------------------|------------------|-----------------------|
| 6     | 66-100 | 05-38-8(16) (6)  | P/E/F                 | 320              | 256                  | 14                   | 590              | 54,24                 |
| 6     | 66-100 | 05-38-8(16) (7)  | P/E/F                 | 90               | 58                   | 4                    | 152              | 59,21                 |
| 6     | 66-100 | 05-39-19(11) (2) | NP ind/E/F            | 253              | 170                  | 5                    | 428              | 59,11                 |
| 6     | 66-100 | 05-39-19(11) (4) | NP ind/E/F            | 236              | 176                  | -                    | 412              | 57,28                 |
| 6     | 66-100 | 05-39-21(6) (1)  | P/F/E                 | 134              | 182                  | -                    | 316              | 42,41                 |
| 6     | 66-100 | 05-39-21(6) (9)  | P/F/F                 | 550              | 204                  | 10                   | 764              | 71,99                 |
| 6     | 66-100 | 05-47-31(11) (7) | P/E/F                 | 212              | 120                  | -                    | 332              | 63,86                 |

( ) = Representa a planta trabalhada a campo.

NPMe = Não protegido com fenótipo macho-estéril; P = Protegido; NP ind. = Não protegido com fenótipo indefinido; F = Fértil; E = Estéril.

APÊNDICE 5. Estimativa da viabilidade e da fertilidade dos grãos de pólen da população macho-estéril em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Grupo | %     | Planta<br>Analisada | Fenótipo<br>Esterilidade | Grãos<br>Viáveis | (%)   | Grãos<br>Inviáveis | (%)   | Total |
|-------|-------|---------------------|--------------------------|------------------|-------|--------------------|-------|-------|
| 1     | 0     | 05-23-06(1)(5)      | NPMe/F/F                 | 558              | 89,42 | 66                 | 10,58 | 624   |
| 1     | 0     | 05-23-06(1)(6)      | NPMe/F/E                 | 174              | 26,32 | 487                | 73,68 | 661   |
| 1     | 0     | 05-23-06(2)(2)      | NPMe/E/F                 | 232              | 32,40 | 484                | 67,60 | 716   |
| 1     | 0     | 05-23-06(2)(6)      | NPMe/E/F                 | 437              | 72,59 | 165                | 27,41 | 602   |
| 1     | 0     | 05-26-06(2)(3)      | NPMe/E/F                 | 270              | 38,14 | 438                | 61,86 | 708   |
| 1     | 0     | 05-38-09(14)(2)     | P/E/E                    | 330              | 52,30 | 301                | 47,70 | 631   |
| 1     | 0     | 05-38-09(14)(3)     | P/E/F                    | 67               | 11,13 | 535                | 88,87 | 602   |
| 1     | 0     | 05-38-09(14)(3)     | P/E/F                    | 404              | 56,66 | 309                | 43,34 | 713   |
| 1     | 0     | 05-38-09(14)(4)     | P/E/F                    | 503              | 82,19 | 109                | 17,81 | 612   |
| 1     | 0     | 05-59-33(5)(1)      | NPMe/F/E                 | 84               | 14,00 | 516                | 86,00 | 600   |
| 1     | 0     | 05-59-33(5)(7)      | NPMe/F/F                 | 73               | 11,99 | 536                | 88,01 | 609   |
| 2     | 1-10  | 05-38-08(2)(3)      | P/E/E                    | 0                | 0     | 600                | 100   | 600   |
| 3     | 11-25 | 05-59-34(11)(2)     | NPMe/E/E                 | 236              | 38,94 | 370                | 61,06 | 606   |
| 3     | 11-25 | 05-59-42(3)(6)      | NP ind/E/E               | 183              | 30,50 | 417                | 69,50 | 600   |
| 3     | 11-25 | 05-59-42(3)(7)      | NP ind/E/E               | 56               | 9,09  | 560                | 90,91 | 616   |
| 3     | 11-25 | 05-59-33(15)(3)     | NPMe/E/E                 | 51               | 8,44  | 553                | 91,56 | 604   |
| 3     | 11-25 | 05-59-33(15)(5)     | NPMe/E/F                 | 584              | 96,21 | 23                 | 3,79  | 607   |
| 3     | 11-25 | 05-59-34(3)(2)      | NPMe/E/F                 | 470              | 77,30 | 138                | 22,70 | 608   |
| 3     | 11-25 | 05-59-42(2)(4)      | NP ind/E/E               | 128              | 19,66 | 523                | 80,34 | 651   |
| 3     | 11-25 | 05-59-34(6)(2)      | NPMe/F/F                 | 520              | 84,14 | 98                 | 15,86 | 618   |
| 4     | 26-45 | 05-39-18(5)(1)      | NPMe/F/F                 | 32               | 5,24  | 579                | 94,76 | 611   |
| 4     | 26-45 | 05-39-18(5)(2)      | NPMe/F/E                 | 496              | 81,58 | 112                | 18,42 | 608   |

...continuação.

APÊNDICE 5. Estimativa da viabilidade e da fertilidade dos grãos de pólen da população macho-estéril em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Grupo | %      | Planta<br>Analisada | Fenótipo<br>Esterilidade | Grãos<br>Viáveis | (%)   | Grãos<br>Inviáveis | (%)   | Total |
|-------|--------|---------------------|--------------------------|------------------|-------|--------------------|-------|-------|
| 4     | 26-45  | 05-39-18(5)(7)      | NPMe/F/E                 | 61               | 9,93  | 553                | 90,06 | 614   |
| 4     | 26-45  | 05-39-18(7)(1)      | NPMe/E/F                 | 482              | 94,88 | 26                 | 5,12  | 508   |
| 4     | 26-45  | 05-39-18(7)(2)      | NPMe/E/E                 | 118              | 19,40 | 490                | 80,59 | 608   |
| 6     | 66-100 | 05-38-12(12)(3)     | NPMe/F/E                 | 9                | 1,50  | 593                | 98,50 | 602   |
| 6     | 66-100 | 05-38-12(12)(4)     | NPMe/F/E                 | 4                | 0,66  | 598                | 99,34 | 602   |
| 6     | 66-100 | 05-39-21(6)(3)      | P/E/E                    | 424              | 67,62 | 203                | 32,38 | 627   |
| 6     | 66-100 | 05-39-21(6)(3)      | P/E/E                    | 481              | 74,57 | 164                | 25,43 | 645   |
| 6     | 66-100 | 05-39-21(6)(9)      | P/E/F                    | 464              | 74,36 | 160                | 25,64 | 624   |

( ) = Representa a planta trabalhada a campo.

NPMe = Não protegido com fenótipo macho-estéril; P = Protegido; NP ind. = Não protegido com fenótipo indefinido; F = Fértil; E = Estéril.

APÊNDICE 6. Análise meiótica das populações F<sub>2</sub> em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Planta Analisada                        | Fenótipo<br>Esterilidade | Meiose   |                            |                            |                             |                            |                             | Número total<br>de células |
|---|--------------------------|--|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|   |                          | Diacinese/<br>Metáfase I <sup>1</sup>                                | Anáfase<br>I <sup>2</sup>  | Telófase<br>I <sup>2</sup> | Metáfase<br>II <sup>2</sup> | Anáfase<br>II <sup>2</sup> | Telófase<br>II <sup>2</sup> |                            |
| 05-61-61(12) (10) x BR 4-01(01) (7) (2) | NPM <sub>e</sub> /E/F    | 0 <sup>d</sup><br>2 (N) <sup>m</sup><br>3 (I No) <sup>m</sup>        | 12 (N)<br>18 (Ir)          | 24 (N)<br>36 (Ir)          | 9 (N)<br>15 (Ir)            | 17 (N)<br>19 (Ir)          | 20 (N)<br>-                 | 175                        |
| 05-61-61(12) (10) x BR 4-01(01) (7) (3) | NPM <sub>e</sub> /E/F    | 6*4Ir <sup>d</sup><br>7 (N) <sup>m</sup><br>5 (I No +A) <sup>m</sup> | 8 (N)<br>10 (Ir)           | 16 (N)<br>27 (Ir)          | 10 (N)<br>3 (Ir)            | 4 (N)<br>12 (Ir)           | 6 (N)<br>8 (Ir)             | 126                        |
| 05-61-61(12) (10) x BR 4-01(01) (7) (3) | NPM <sub>e</sub> /E/F    | 1*3Ir <sup>d</sup><br>7 (N) <sup>m</sup><br>3 (I No) <sup>m</sup>    | 7 (N)<br>12 (Ir)<br>1 (P*) | 23 (N)<br>34 (Ir)          | 6 (N)<br>11 (Ir)            | 14 (N)<br>8 (Ir)           | 9 (N)<br>5 (Ir)             | 144                        |
| 05-61-61(12) (10) x BR 4-01(01) (7) (4) | NPM <sub>e</sub> /E/F    | 4*4Ir <sup>d</sup><br>5 (N) <sup>m</sup><br>4 (I No) <sup>m</sup>    | 3 (N)<br>6 (Ir)<br>2 (P*)  | 14 (N)<br>8 (Ir)           | 6 (N)<br>36 (Ir)            | 8 (N)<br>24 (Ir)           | 88 (N)<br>108 (Ir)          | 320                        |
| 05-61-61(12) (10) x BR 4-01(01) (8) (2) | NPM <sub>e</sub> /E/F    | 1*8Ir <sup>d</sup><br>8 (N) <sup>m</sup><br>6 (I No +A) <sup>m</sup> | 42 (N)<br>52 (Ir)          | 34 (N)<br>48 (Ir)          | 11 (N)<br>17 (Ir)           | 24 (N)<br>36 (Ir)          | 24 (N)<br>40 (Ir)           | 351                        |

... continuação.

APÊNDICE 6. Análise meiótica das populações F<sub>2</sub> em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Planta Analisada                              | Fenótipo<br>Esterilidade | Meiose   |                            |                            |                             |                            |                             | Número total<br>de células |
|---|--------------------------|--|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|   |                          | Diacinese/<br>Metáfase I <sup>1</sup>                                  | Anáfase<br>I <sup>2</sup>  | Telófase<br>I <sup>2</sup> | Metáfase<br>II <sup>2</sup> | Anáfase<br>II <sup>2</sup> | Telófase<br>II <sup>2</sup> |                            |
| 05-66-67(1) (3) x Fundacep 48-70(15) (2) (4)  | NP ind/E/F               | 0 <sup>d</sup><br>1 (N) <sup>m</sup><br>4 (I No) <sup>m</sup>          | 6 (N)<br>35 (Ir)           | 18 (N)<br>41 (Ir)          | 4 (N)<br>8 (Ir)             | 3 (N)<br>12 (Ir)           | 10 (N)<br>5 (Ir)            | 147                        |
| 05-66-67(2) (3) x Fundacep 48-70(15) (2) (2)  | NP ind/E/F               | 1*2Ir <sup>d</sup><br>2 (N) <sup>m</sup><br>4 (I No) <sup>m</sup>      | 8 (N)<br>14 (Ir)           | 7 (N)<br>10 (Ir)           | 6 (N)<br>4 (Ir)             | 6 (N)<br>8 (Ir)            | 17 (N)<br>34 (Ir)           | 123                        |
| 05-66-67(2) (3) x Fundacep 48-70(15) (2) (6)  | NP ind/E/F               | 4*1Ir <sup>d</sup><br>10 (N) <sup>m</sup><br>4 (I No + A) <sup>m</sup> | 6 (N)<br>43 (Ir)<br>1 (P*) | 32 (N)<br>22 (Ir)          | 4 (N)<br>6 (Ir)             | 12 (N)<br>8 (Ir)           | 6 (N)<br>2 (Ir)             | 161                        |
| 05-66-72(3) (7) x Fundacep 48-115(17) (1) (1) | NP ind/F/F               | 0 <sup>d</sup><br>3 (N) <sup>m</sup><br>1 (I No) <sup>m</sup>          | 4 (N)<br>10 (Ir)<br>2 (P*) | 14 (N)<br>8 (Ir)           | 2 (N)<br>5 (Ir)             | 10 (N)<br>24 (Ir)          | 34 (N)<br>68 (Ir)           | 185                        |
| 05-66-72(3) (7) x Fundacep 48-115(17) (1) (1) | NP ind/F/F               | 2 Ir <sup>d</sup><br>-<br>3 (I No + A) <sup>m</sup>                    | 14 (N)<br>11 (Ir)          | 23(N)<br>34 (Ir)           | 12 (N)<br>7 (Ir)            | 18 (N)<br>22 (Ir)          | 30 (N)<br>49 (Ir)           | 225                        |

... continuação.

APÊNDICE 6. Análise meiótica das populações F<sub>2</sub> em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Planta Analisada                              | Fenótipo<br>Esterilidade | Meiose                                |                           |                            |                             |                            |                             | Número total<br>de células |
|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|   |                          | Diacinese/<br>Metáfase I <sup>1</sup> | Anáfase<br>I <sup>2</sup> | Telófase<br>I <sup>2</sup> | Metáfase<br>II <sup>2</sup> | Anáfase<br>II <sup>2</sup> | Telófase<br>II <sup>2</sup> |                            |
| 05-66-72(3) (7) x Fundacep 48-115(17) (1) (9) | NP ind/F/F               | 3*1Ir <sup>d</sup>                    | 23 (N)                    | 32 (N)                     | 2 (N)                       | 9 (N)                      | 18 (N)                      | 157                        |
|   |                          | 5 (N) <sup>m</sup>                    | 12 (Ir)                   | 10 (Ir)                    | 6 (Ir)                      | 11 (Ir)                    | 23 (Ir)                     |                            |
|   |                          | 1 (I No) <sup>m</sup>                 | 1 (P*)                    |                            |                             |                            |                             |                            |

<sup>1</sup> Diacinese (d) e Metáfase I (m): \*= Normal; Ir= Irregular; N= normal; No= número de células com cromossomos não orientados; A= Associações não identificadas; I = Univalentes.

<sup>2</sup> Anáfase I e II, telófase I e II, metáfase II: N= normal; Ir =irregular, retardatários e/ou fragmentos; P\*= ponte.

NPMe = Não protegido com fenótipo macho-estéril; P = Protegido; NP ind. = Não protegido com fenótipo indefinido; F = Fértil; E = Estéril.

APÊNDICE 7. Índice meiótico das populações F<sub>2</sub> em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Planta Analisada                              | Fenótipo Esterilidade | Tétrades Normais | Tétrades Micronúcleo | Outras Anormalidades | Total De Células | Índice Meiótico (IM %) |
|---|-----------------------|------------------|----------------------|----------------------|------------------|------------------------|
| 05-61-61(12) (10) x BR 4- 01(01) (8) (2)      | NPMe/E/F              | 18               | 12                   | 4                    | 34               | 52,94                  |
| 05-61-61(12) (10) x BR 4- 01(01) (8) (2)      | NPMe/E/F              | 88               | 228                  | 12                   | 328              | 26,83                  |
| 05-61-61(12) (10) x BR 4- 01(01) (8) (3)      | NPMe/E/F              | 168              | 338                  | -                    | 506              | 33,20                  |
| 05-61-61(12) (10) x BR 4- 01(01) (8) (3)      | NPMe/E/F              | 64               | 72                   | -                    | 136              | 47,06                  |
| 05-61-61(12) (10) x BR 4- 01(01) (8) (4)      | NPMe/E/F              | 170              | 210                  | -                    | 380              | 44,74                  |
| 05-66-67(2) (1) x Fundacep 48-70(15) (2) (4)  | NP ind/E/F            | 80               | 300                  | -                    | 380              | 21,05                  |
| 05-66-67(2) (3) x Fundacep 48-70(15) (2) (2)  | NP ind/E/F            | 394              | 206                  | 6                    | 606              | 65,02                  |
| 05-66-67(2) (3) x Fundacep 48-70(15) (2) (6)  | NP ind/E/F            | 238              | 266                  | 10                   | 514              | 46,30                  |
| 05-66-72(3) (7) x Fundacep 48-115(17) (1) (1) | NP ind/E/F            | 100              | 176                  | -                    | 276              | 36,23                  |
| 05-66-72(3) (7) x Fundacep 48-115(17) (1) (1) | NP ind/E/F            | 46               | 128                  | -                    | 174              | 26,44                  |
| 05-66-72(3) (7) x Fundacep 48-115(17) (1) (9) | NP ind/E/F            | 318              | 496                  | -                    | 814              | 39,07                  |

( ) = Representa a planta trabalhada a campo.

NPMe = Não protegido com fenótipo macho-estéril; P = Protegido; NP ind. = Não protegido com fenótipo indefinido; F = Fértil; E = Estéril.

APÊNDICE 8. Estimativa da viabilidade e da fertilidade dos grãos de pólen das populações F<sub>2</sub> em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Planta Analisada                           | Fenótipo Estéril      | Grãos Viáveis | (%)   | Grãos Inviáv. | (%)   | Total |
|--|-----------------------|---------------|-------|---------------|-------|-------|
| 05-23-04(4) (1) X Embrapa 53-5(15) (11)(1) | NPM <sub>e</sub> /E/F | 550           | 91,36 | 52            | 8,64  | 602   |
| 05-61-61(12)(10) X BR4 -01(01)(7) (1)      | NPM <sub>e</sub> /E/F | 571           | 95,17 | 29            | 4,83  | 600   |
| 05-61-61(12)(10) X BR4-01(01)(7)(2)        | NPM <sub>e</sub> /E/F | 471           | 69,37 | 208           | 30,63 | 679   |
| 05-66-67(2)(1) X Fundacep 48-70(15)(1) (1) | NPM <sub>e</sub> /E/F | 539           | 89,68 | 62            | 10,32 | 601   |
| 05-66-67(2)(3) X Fundacep 48-70(15)(2) (2) | NPM <sub>e</sub> /E/F | 462           | 71,74 | 182           | 28,26 | 644   |
| 05-66-67(2)(3) X Fundacep 48-70(15)(2) (2) | NPM <sub>e</sub> /E/F | 560           | 79,32 | 146           | 20,68 | 706   |
| 05-66-72(1)(3) X Fundacep48-115(17)(1) (1) | NPM <sub>e</sub> /F/F | 565           | 92,78 | 44            | 7,22  | 609   |
| 05-66-72(1)(3) X Fundacep48-115(17)(1) (2) | NPM <sub>e</sub> /F/F | 64            | 10,53 | 544           | 89,47 | 608   |
| 05-66-72(3)(3) X Fundacep48-115(17)(2)(2)  | NPM <sub>e</sub> /F/F | 504           | 82,22 | 109           | 17,78 | 613   |
| 05-66-72(3)(7) X Fundacep48-115(17)(1)(1)  | NPM <sub>e</sub> /F/F | 533           | 84,07 | 101           | 15,93 | 634   |
| 05-66-72(3)(7) X Fundacep48-115(17)(1)(1)  | NPM <sub>e</sub> /F/F | 550           | 91,51 | 51            | 8,49  | 601   |
| 05-66-72(3)(7) X Fundacep48-115(17)(1)(4)  | NPM <sub>e</sub> /F/F | 528           | 87,85 | 73            | 12,15 | 601   |
| 05-91-88(4)(3) X BRS 148-130(4)(1)(6)      | NPM <sub>e</sub> /F/E | 505           | 82,92 | 104           | 17,08 | 609   |
| 05-91-88(4)(7) X BRS 148-130(4)(2)(1)      | NPM <sub>e</sub> /F/E | 561           | 92,27 | 47            | 7,73  | 608   |
| 05-102-98(5)(1) X IAPAR 54-55(3)(2)(4)     | NPM <sub>e</sub> /F/E | 560           | 81,16 | 130           | 18,44 | 690   |

( ) = Representa a planta trabalhada a campo.

NPM<sub>e</sub> = Não protegido com fenótipo macho-estéril; P = Protegido; NP ind. = Não protegido com fenótipo indefinido; F = Fértil; E = Estéril.



APÊNDICE 9. Análise meiótica dos retrocruzamentos em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Planta Analisada  | Fenótipo Esterilidade | Meiose                                |                        |                         |                          |                         |                          | Número total de células |
|---|-----------------------|---------------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
|   |                       | Diacinese/<br>Metáfase I <sup>1</sup> | Anáfase I <sup>2</sup> | Telófase I <sup>2</sup> | Metáfase II <sup>2</sup> | Anáfase II <sup>2</sup> | Telófase II <sup>2</sup> |                         |
| [ (05-23-04(4) (1)) X (Embrapa 53-05(15))<br>X<br>(Embrapa 53-05(15) (11) (2)) ]  | NPM <sub>e</sub> /E/F | 0 <sup>d</sup>                        | 4 (N)                  | 6 (N)                   | 2 (N)                    | 15 (N)                  | 26 (N)                   | 134                     |
|   |                       | 1 (N) <sup>m</sup>                    | 10 (Ir)                | 6 (Ir)                  | 4 (Ir)                   | 24 (Ir)                 | 36 (Ir)                  |                         |
|   |                       | -                                     |                        |                         |                          |                         |                          |                         |
| [ (05-23-04(4) (1)) X (Embrapa 53-05(15))<br>X<br>(Embrapa 53-05(15) (11) (5)) ]  | NPM <sub>e</sub> /E/F | 0 <sup>d</sup>                        | 3 (N)                  | 6 (N)                   | 3 (N)                    | 8 (N)                   | 24 (N)                   | 106                     |
|   |                       | -                                     | 7 (Ir)                 | 6 (Ir)                  | 5 (Ir)                   | 16 (Ir)                 | 28 (Ir)                  |                         |
|   |                       | -                                     |                        |                         |                          |                         |                          |                         |
| [ (05-66-67(2) (1)) X (Fundacep 48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15) (2) (1)) ] | NPM <sub>e</sub> /E/F | 7*3Ir <sup>d</sup>                    | 34 (N)                 | 28 (N)                  | 4 (N)                    | 8 (N)                   | 4 (N)                    | 211                     |
|   |                       | 8 (N) <sup>m</sup>                    | 20 (Ir)                | 48 (Ir)                 | 2 (Ir)                   | 17 (Ir)                 | 6 (Ir)                   |                         |
|   |                       | 22 (I No +A) <sup>m</sup>             |                        |                         |                          |                         |                          |                         |
| [ (05-66-67(2) (1)) X (Fundacep 48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15) (2)(4)) ]  | NPM <sub>e</sub> /E/F | 0 <sup>d</sup>                        | 4 (N)                  | 12 (N)                  | 4 (N)                    | 18 (N)                  | 24 (N)                   | 143                     |
|   |                       | 1 (N) <sup>m</sup>                    | 9 (Ir)                 | 20 (Ir)                 | 10 (Ir)                  | 19 (Ir)                 | 20 (Ir)                  |                         |
|   |                       | 2 (I No) <sup>m</sup>                 |                        |                         |                          |                         |                          |                         |
| [ (05-66-67(2) (1)) X (Fundacep 48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15)(4) (2)) ]  | NPM <sub>e</sub> /E/F | 0 <sup>d</sup>                        | 4 (N)                  | 24 (N)                  | 8 (N)                    | 4 (N)                   | 194 (N)                  | 532                     |
|   |                       | 1 (N) <sup>m</sup>                    | 14 (Ir)                | 42 (Ir)                 | 32 (Ir)                  | 28 (Ir)                 | 178 (Ir)                 |                         |
|   |                       | 3 (I No +A) <sup>m</sup>              |                        |                         |                          |                         |                          |                         |

... continuação.

APÊNDICE 9. Análise meiótica dos retrocruzamentos em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Planta Analisada  | Fenótipo Esterilidade | Meiose   |                            |                         |                          |                         |                          | Número total de células |
|---|-----------------------|--|----------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
|   |                       | Diacinese/<br>Metáfase I <sup>1</sup>                                | Anáfase I <sup>2</sup>     | Telófase I <sup>2</sup> | Metáfase II <sup>2</sup> | Anáfase II <sup>2</sup> | Telófase II <sup>2</sup> |                         |
| [ (05-66-67(2) (1)) X (Fundacep 48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15)(4) (3)) ]    | NP ind/E/F            | 3*2Ir <sup>d</sup><br>6 (N) <sup>m</sup><br>4 (I No +A) <sup>m</sup> | 24 (N)<br>30 (Ir)          | 26 (N)<br>20 (Ir)       | 9 (N)<br>6 (Ir)          | 36 (N)<br>20 (Ir)       | 8 (N)<br>2 (Ir)          | 196                     |
| [ (05-66-67(2) (2)) X (Fundacep 48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15)(6) (4)) ]    | NP ind/E/F            | 1*4 Ir <sup>d</sup><br>4 (N) <sup>m</sup><br>4 (I No) <sup>m</sup>   | 36 (N)<br>98 (Ir)          | 30 (N)<br>105 (Ir)      | 8 (N)<br>16 (Ir)         | 2 (N)<br>6 (Ir)         | 4 (N)<br>10 (Ir)         | 328                     |
| [ (05-66-67(2) (2)) X (Fundacep 48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15) (6) (6)) ]   | NP ind/E/F            | 0 <sup>d</sup><br>2 (N) <sup>m</sup><br>-                            | 6 (N)<br>8 (Ir)            | 18 (N)<br>38 (Ir)       | 4 (N)<br>24 (Ir)         | 8 (N)<br>24 (Ir)        | 16 (N)<br>84 (Ir)        | 232                     |
| [ (05-66-67(2) (3)) X (Fundacep 48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15)) (2) (3)) ]  | NP ind/E/F            | 2 Ir <sup>d</sup><br>3 (N) <sup>m</sup><br>8 (I No +A) <sup>m</sup>  | 8 (N)<br>24 (Ir)<br>2 (P*) | 12 (N)<br>24 (Ir)       | 2 (N)<br>8 (Ir)          | 6 (N)<br>12 (Ir)        | 5 (N)<br>9 (Ir)          | 125                     |
| [ (05-66-72(3) (1)) X (Fundacep 48-115(17))<br>X<br>(Fundacep 48-115(17) (2) (1)) ] | NP ind/E/F            | 0 <sup>d</sup><br>-<br>2 (I No +A) <sup>m</sup>                      | 8 (N)<br>32 (Ir)           | 50 (N)<br>57 (Ir)       | 8 (N)<br>14 (Ir)         | 4 (N)<br>14 (Ir)        | 10 (N)<br>42 (Ir)        | 241                     |

... continuação.

APÊNDICE 9. Análise meiótica dos retrocruzamentos em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Planta Analisada   | Fenótipo<br>Esterilidade | Meiose   |                            |                            |                             |                            |                             | Número total<br>de células |
|--|--------------------------|--|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|  |                          | Diacinese/<br>Metáfase I <sup>1</sup>                                | Anáfase<br>I <sup>2</sup>  | Telófase<br>I <sup>2</sup> | Metáfase<br>II <sup>2</sup> | Anáfase<br>II <sup>2</sup> | Telófase<br>II <sup>2</sup> |                            |
| [ (05-66-72(3) (1)) X (Fundacep 48-115(17))<br>X<br>(Fundacep 48-115(17)) (2) (7)) ] | NPMe/E/F                 | 3*1Ir <sup>d</sup><br>2 (N) <sup>m</sup><br>6 (I No +A) <sup>m</sup> | 14 (N)<br>8 (Ir)<br>1 (P*) | 8 (N)<br>12 (Ir)           | 2 (N)<br>3 (Ir)             | 12 (N)<br>16 (Ir)          | -<br>-                      | 88                         |
| [ (05-66-72(3) (7)) x (Fundacep 48-115(17))<br>X<br>(Fundacep 48-115(17))(1) (2)) ]  | NPMe/E/F                 | 3 Ir <sup>d</sup><br>4 (N) <sup>m</sup><br>-                         | 8 (N)<br>8 (Ir)<br>1 (P*)  | 6 (N)<br>4 (Ir)            | 3 (N)<br>6 (Ir)             | 24 (N)<br>33 (Ir)          | 15 (N)<br>9 (Ir)            | 124                        |
| [ (05-66-72(3) (7)) X (Fundacep 48-115(17))<br>X<br>(Fundacep 48-115(17) (1) (6)) ]  | NPMe/E/F                 | 1Ir <sup>d</sup><br>-<br>3 (I No) <sup>m</sup>                       | 32 (N)<br>34 (Ir)          | 44 (N)<br>38 (Ir)          | 5 (N)<br>9 (Ir)             | 23 (N)<br>29 (Ir)          | 24 (N)<br>9 (Ir)            | 251                        |
| [ (05-66-72(3) (9)) X (Fundacep 48-115(17))<br>X<br>(Fundacep 48-115(17)) (2) (3)) ] | NPMe/E/F                 | 4*1Ir <sup>d</sup><br>8 (N) <sup>m</sup><br>6 (I No +A) <sup>m</sup> | 30 (N)<br>8 (Ir)<br>1 (P*) | 24 (N)<br>36 (Ir)          | 8 (N)<br>9 (Ir)             | 12 (N)<br>21 (Ir)          | 8 (N)<br>12 (Ir)            | 188                        |
| [ (05-66-72(3) (9)) X (Fundacep 48-115(17))<br>X<br>(Fundacep 48-115(17) (2) (8)) ]  | NPMe/E/F                 | 2*1Ir <sup>d</sup><br>4 (N) <sup>m</sup><br>1 (I No) <sup>m</sup>    | 18 (N)<br>42 (Ir)          | 16 (N)<br>32 (Ir)          | 1 (N)<br>5 (Ir)             | 2 (N)<br>24 (Ir)           | 28 (N)<br>32 (Ir)           | 208                        |

... continuação.

APÊNDICE 9. Análise meiótica dos retrocruzamentos em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Planta Analisada   | Fenótipo Esterilidade | Meiose   |                        |                         |                          |                         |                          | Número total de células |
|--|-----------------------|--|------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
|  |                       | Diacinese/<br>Metáfase I <sup>1</sup>          | Anáfase I <sup>2</sup> | Telófase I <sup>2</sup> | Metáfase II <sup>2</sup> | Anáfase II <sup>2</sup> | Telófase II <sup>2</sup> |                         |
| [ (05-102-98(5) (1)) X (IAPAR 54-55(3))<br>X<br>(IAPAR 54-55(3)(2) (1)) ]  | NPM <sub>e</sub> /E/F | 0 <sup>d</sup>                                 | 3 (N)                  | 12 (N)                  | 2 (N)                    | 4 (N)                   | 8 (N)                    | 65                      |
|  |                       | -<br>3 (I No +A) <sup>m</sup>                  | 7 (Ir)                 | 10 (Ir)                 | 2 (Ir)                   | 8 (Ir)                  | 6 (Ir)                   |                         |
| [ (05-102-98(5) (1)) X (IAPAR 54-55(3))<br>X<br>(IAPAR 54-55(3) (2) (6)) ] | NPM <sub>e</sub> /E/F | 0 <sup>d</sup>                                 | 16 (N)                 | 32 (N)                  | 3 (N)                    | 6 (N)                   | 3 (N)                    | 104                     |
|  |                       | 1 (N) <sup>m</sup><br>4 (I No +A) <sup>m</sup> | 4 (Ir)                 | 12 (Ir)                 | 2 (Ir)                   | 9 (Ir)                  | 12 (Ir)                  |                         |
| [ (05-102-98(5) (1)) X (IAPAR 54-55(3))<br>X<br>(IAPAR 54-55(3)(6) (1)) ]  | NPM <sub>e</sub> E/F  | 5*4 Ir <sup>d</sup>                            | 14 (N)                 | 16 (N)                  | 4 (N)                    | 8 (N)                   | -                        | 112                     |
|  |                       | 7 (N) <sup>m</sup><br>5 (I No +A) <sup>m</sup> | 22 (Ir)                | 20 (Ir)                 | 1 (Ir)                   | 6 (Ir)                  | -                        |                         |

<sup>1</sup> Diacinese (d) e Metáfase I (m): \*= Normal; Ir= Irregular; N= normal; No= número de células com cromossomos não orientados; A= Associações não identificadas; I = Univalentes.

<sup>2</sup> Anáfase I e II, telófase I e II, metáfase II: N= normal; Ir =irregular, retardatários e/ou fragmentos; P\*= ponte.

NPM<sub>e</sub> = Não protegido com fenótipo macho-estéril; P = Protegido; NP ind. = Não protegido com fenótipo indefinido; F = Fértil; E = Estéril.

APÊNDICE 10. Índice meiótico dos retrocruzamentos em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Planta Analisada  | Fenótipo Esterilidade | Tétrades Normais | Tétrades Micronúcleo | Outras Anormalidades | Total De Células | Índice Meiótico (IM %) |
|---|-----------------------|------------------|----------------------|----------------------|------------------|------------------------|
| [ (05-23-04(4) (1)) X (Embrapa 53-05(15))<br>X<br>(Embrapa 53-05(15) (11) (5))]   | NPMe/E/F              | 178              | 90                   | 6                    | 274              | 64,96                  |
| [ (05-23-04(4) (1)) X (Embrapa 53-05(15))<br>X<br>(Embrapa 53-05(15) (11) (5))]   | NPMe/E/F              | 58               | 44                   | -                    | 102              | 56,86                  |
| [ (05-66-67(2) (1)) X (Fundacep 48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15) (2) (1))]  | NP ind/E/F            | 180              | 242                  | 12                   | 434              | 41,47                  |
| [ (05-66-67(2) (3)) X (Fundacep 48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15) (2) (3))]  | NP ind/E/F            | 78               | 56                   | -                    | 134              | 58,21                  |
| [ (05-66-67(2) (1)) X (Fundacep 48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15) (2) (4))]  | NP ind/E/F            | 394              | 240                  | -                    | 634              | 62,15                  |
| [ (05-66-67(2) (1)) X (Fundacep 48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15) (2) (4))]  | NP ind/E/F            | 354              | 318                  | 4                    | 676              | 52,37                  |
| [ (05-66-67(2) (1)) X (Fundacep 48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15) (2) (6) )] | NP ind/E/F            | 36               | 160                  | 26                   | 222              | 16,22                  |

... continuação.

APÊNDICE 10. Índice meiótico dos retrocruzamentos em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Planta Analisada   | Fenótipo Esterilidade | Tétrades Normais | Tétrades Micronúcleo | Outras Anormalidades | Total De Células | Índice Meiótico (IM %) |
|--|-----------------------|------------------|----------------------|----------------------|------------------|------------------------|
| [ (05-66-67(2) (1) X (Fundacep 48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15) (4) (2) ) ]    | NP ind/E/F            | 358              | 254                  | 2                    | 614              | 58,31                  |
| [ (05-66-67(2) (1)) X (Fundacep 48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15) (4) (3) ) ]   | NP ind/E/F            | 230              | 156                  | 4                    | 390              | 58,97                  |
| [ (05-66-72(3) (7)) X (Fundacep 48-115(17))<br>X<br>(Fundacep 48-115(17) (1) (2))] ] | NPMe/E/F              | 510              | 210                  | 2                    | 722              | 70,64                  |
| [ (05-66-72(3) (7)) X (Fundacep 48-115(17))<br>X<br>(Fundacep 48-115(17) (1) (6)) ]  | NPMe/E/F              | 350              | 160                  | -                    | 510              | 68,63                  |
| [ (05-66-72(3) (1)) X (Fundacep 48-115(17))<br>X<br>(Fundacep 48-115(17) (2) (1))] ] | NPMe/E/F              | 162              | 202                  | -                    | 364              | 44,51                  |
| [ (05-66-72(3) (9)) X (Fundacep 48-115(17))<br>X<br>(Fundacep 48-115(17) (2)(3))] ]  | NPMe/E/F              | 234              | 84                   | -                    | 318              | 73,58                  |
| [ (05-66-72(3) (1)) X (Fundacep 48-115(17))<br>X<br>(Fundacep 48-115(17) (2) (7))] ] | NPMe/E/F              | 122              | 62                   | -                    | 184              | 63,30                  |

... continuação.

APÊNDICE 10. Índice meiótico dos retrocruzamentos em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Planta Analisada   | Fenótipo Esterilidade | Tétrades Normais | Tétrades Micronúcleo | Outras Anormalidades | Total De Células | Índice Meiótico (IM %) |
|--|-----------------------|------------------|----------------------|----------------------|------------------|------------------------|
| [ (05-66-72(3) (9)) X (Fundacep 48-115(17))<br>X<br>(Fundacep 48-115(17) (2) (8))] | NPMe/E/F              | 42               | 80                   | -                    | 122              | 34,43                  |
| [ (05-102-98 (5)(1)) X (IAPAR 54-55-(3))<br>X<br>(IAPAR 54-55-(3) (2) (1))]        | NPMe/E/F              | 94               | 142                  | -                    | 236              | 39,83                  |
| [ (05-102-98 (5)(1)) X (IAPAR 54-55-(3))<br>X<br>(IAPAR 54-55-(3) (2) (7))]        | NPMeF/E/F             | 160              | 100                  | 3                    | 263              | 60,84                  |
| [ (05-102-98 (5)(1)) X (IAPAR 54-55-(3))<br>X<br>(IAPAR 54-55-(3) (2) (6))]        | NPMe/E/F              | 266              | 104                  | 4                    | 374              | 71,12                  |
| [ (05-102-98 (5)(1)) X (IAPAR 54-55-(3))<br>X<br>(IAPAR 54-55-(3) (6) (1))]        | NPMe/E/F              | 252              | 202                  | -                    | 454              | 55,51                  |

( ) = Representa a planta trabalhada a campo.

NPMe = Não protegido com fenótipo macho-estéril; P = Protegido; NP ind. = Não protegido com fenótipo indefinido; F = Fértil; E = Estéril.

APÊNDICE 11. Viabilidade e estimativa da fertilidade dos grãos de pólen dos retrocruzamentos em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Planta Analisada   | Fenótipo Estéril      | Grãos Viáveis | (%)   | Grãos Inviáv. | (%)   | Total |
|--|-----------------------|---------------|-------|---------------|-------|-------|
| [ (05-23-04(4)(1)) X (Embrapa 53-5(15))<br>X<br>(Embrapa 53-5(15) (11)(2))]    | NPM <sub>e</sub> /E/F | 562           | 92,89 | 43            | 7,11  | 605   |
| [ (05-61-61(12)(10)) X (BR4-01(01))<br>X<br>(BR4-01(01) (8)(4))]               | NPM <sub>e</sub> /E/F | 560           | 92,56 | 45            | 7,44  | 605   |
| [(05-66-67(2)(1)) X (Fundacep 48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15) (2)(3))]  | NPM <sub>e</sub> E/F  | 555           | 92,35 | 46            | 7,65  | 601   |
| [(05-66-67(2)(1)) X (Fundacep 48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15) (2)(7))]  | NPM <sub>e</sub> /E/F | 553           | 89,77 | 63            | 10,23 | 616   |
| [(05-66-67(2)(1)) X (Fundacep 48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15) (4)(1))]  | NPM <sub>e</sub> /E/F | 571           | 93,45 | 40            | 6,55  | 611   |
| [(05-66-67(2)(1)) X (Fundacep 48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15) (4)(1))]  | NPM <sub>e</sub> /E/F | 562           | 93,67 | 38            | 6,33  | 600   |
| [(05-66-67(2)(1)) X (Fundacep 48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15) (6)(1))]  | NPM <sub>e</sub> /E/F | 549           | 91,35 | 52            | 8,65  | 602   |
| [(05-66-67(2)(1)) X (Fundacep 48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15) (6)(2))]  | NPM <sub>e</sub> /E/F | 554           | 92,33 | 46            | 7,67  | 600   |
| [(05-66-67(2)(3)) X (Fundacep 48-70(15))<br>X<br>(Fundacep 48-70(15) (2)(4))]  | NPM <sub>e</sub> /E/F | 557           | 91,31 | 53            | 8,69  | 610   |
| [(05-66-72(3)(1)) X (Fundacep48-115(17))<br>X<br>(Fundacep 48-115(17) (2)(2))] | NPM <sub>e</sub> /E/F | 543           | 87,58 | 77            | 12,42 | 620   |



... Continuação.

APÊNDICE 11. Viabilidade e estimativa da fertilidade dos grãos de pólen dos retrocruzamentos em Triticale. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2007.

| Planta Analisada   | Fenótipo Estéril | Grãos Viáveis | (%)   | Grãos Inviáveis | (%)   | Total |
|--|------------------|---------------|-------|-----------------|-------|-------|
| [(05-66-72(3)(9) X (Fundacep 48-115(17) X (Fundacep 48-115(17) (2)(1)))] | NPMe/E/F         | 541           | 89,72 | 62              | 10,23 | 603   |
| [ (05-102-98(5)(1)) X (IAPAR 54-55(3)) X (IAPAR 54-55(3) (2)(1))]        | NPMe/E/F         | 540           | 88,09 | 73              | 11,91 | 613   |
| [ (05-102-98(5)(1)) X (IAPAR 54-55(3)) X (IAPAR 54-55(3) (2)(2))]        | NPMe/E/F         | 565           | 89,40 | 67              | 10,60 | 632   |
| [ (05-102-98(5)(1)) X (IAPAR 54-55(3)) X (IAPAR 54-55(3) (6)(3))]        | NPMe/E/F         | 402           | 67,00 | 198             | 33,00 | 600   |
| [ (05-102-98(5)(1)) X (IAPAR 54-55(3)) X (IAPAR 54-55(3) (6)(5))]        | NPMe/E/F         | 554           | 92,18 | 47              | 7,82  | 601   |

( ) = Representa a planta trabalhada a campo.

NPMe = Não protegido com fenótipo macho-estéril; P = Protegido; NP ind. = Não protegido com fenótipo indefinido; F = Fértil; E = Estéril.

## 9. VITA

Divanilde Guerra, filha de Celso Guerra e Santina Guerra, nasceu no dia 11 de junho de 1980 no Município de Descanso, Santa Catarina. Estudou de primeira a quarta série na Escola Isolada Municipal Castro Alves da Linha Cantina Alta, quinta e sexta série no Projeto de Educação Rural – PERADE em Linha Cantina. Da sétima série a primeira série do segundo grau no Colégio Estadual Santa Helena e segundo e terceiro ano do segundo grau no Colégio Cenecista Anita Garibaldi de Tunápolis, concluindo em 1997.

Em 2000 ingressou no curso de Agronomia da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), onde, no ano de 2005 graduou-se Engenheira Agrônoma. Durante o curso de graduação desenvolveu atividades como estudante de iniciação científica sendo bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), junto ao Departamento de Plantas Forrageiras sob orientação da Professora Doutora Maria Teresa Schifino-Wittmann. Essas atividades foram desenvolvidas durante o período de julho de 2001 a fevereiro de 2003. Durante os anos de 2004 e 2005 atuou como bolsista do Departamento de Plantas de Lavoura sob a orientação da Professora Doutora Sandra Cristina Kothe Milach.

Em março de 2006 iniciou seu mestrado no curso de Fitotecnia, Área de Concentração Plantas de Lavoura no programa de pós-graduação da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como bolsista do CNPq. As atividades foram desenvolvidas sob orientação do Professor Doutor Marcelo Teixeira Pacheco.